Аналогічні розрахунки були проведені для динамограм, знятих на інших свердловинах НГВУ "Надвірнанафтогаз" та "Бориславнафтогаз". В усіх випадках характер результатів був таким же, як для розглянутої динамограми. Слід лише зазначити, що для деяких свердловин внаслідок наявності незначних витоків у приймальній або нагнітальній частині, непомітних на наземній динамограмі, форма плунжерної динамограми була дещо спотвореною на ділянках, що прилягають до інтервалів сприйняття і зняття навантаження (як у розглянутому випадку в кінці ділянки $t3 - T$), в зв'язку з чим для практичних застосувань доцільно дещо звузити інтервал, на якому обраховується середнє значення відхилення розрахованої плунжерної динамограми від теоретичної.

Таким чином, описана методика дозволяє визначити коефіцієнт тертя для свердловини при наявності динамограми нормальної роботи ШГНУ. Така динамограма може бути знята, наприклад, після установки нового глибинного насоса. В подальшому розраховане значення може використовуватись для розрахунку плунжерних динамограм для даної свердловини, а також уточнюватись на основі інших динамограм при умові, що режим роботи не характеризується наявністю явно виражених дефектів насосного обладнання.

1. Чарный И.А. Динамический расчет штанг глубоких нефтяных насосов. //Изв. АН СССР, ОТН.– 1949, Т.6. – с.98-103. 2. Вирновский А.С. Теория и практика глубиннонасосной добычи нефти. – ВНИИ избр. труды. – Вып. 57. – 1971. – 192 с. 3. Кадиров Н.Б. К вопросу исследования вынужденного колебательного движения колонны штанг станка-качалки глубиннонасосной установки (Определение сил трения, действующих на колонну штанг станка-качалки) //Изв.вузов. Нефть и газ. – 1981. – N12.- С.23-25. 4. Пирвердян А.М. Гидромеханика глубиннонасосной эксплуатации. – М.: "Недра", 1968. – 306с. 5. Адонин А.Н. Добыча нефти штанговыми насосами. М.: "Недра",1979. – 213 с. 6. Касьянов В.М. Аналитический метод контроля работы глубинных штанговых насосов /ТНТО: сер. "Машины и оборудование нефтегаз.пром." - ВНИИОЭНГ, М., 1973. – 95с.

УДК 681.5.015.23

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

© *Маслов І. В., 2003*

*Івано-Франківський національних тех*нічний університет нафти і газу

Розглянуті принципи завадозахищеного приймання сигналів при апріорній невизначеності завад. Показано, що простими методами на основі критерія Неймана-Пірсона можна забезпечити безперебійне оптимальне приймання сигналів в дискретно-неперервних каналах передачі інформації.

Методичною основою теорії завадостійкості є теорія імовірності і математична статистика. Вони широко використовується при синтезі та аналізі оптимальних пристроїв і дозволяють порівняти їх між собою по тих чи інших критеріях, врахувати вплив реальних характеристик завадозахищеності та дати практичні рекомендації по вибору найкращого варіанту їх побудови.

Під дією завад сигнали, що передаються від джерел інформації, спотворюються. Тому реальні сигнали при їх прийманні завжди відрізняються від вихідних. Внаслідок цього визначення їх параметрів стає статистичною задачею. В результаті обробки повідомлень, що спотворені завадою, з тою чи іншою імовірністю мають місце події, що утворюють наступну повну групу ситуацій:

– прийнято вірне рішення, що сигнал є корисним при умові, що в дійсності був переданий цей сигнал. Це подія розпізнання сигналу з імовірністю P_p;

– прийнято невірне рішення, що сигнал є сигналом завади, тоді як в дійсності переданий корисний сигнал. Це подія подавлення корисного сигналу сигналом завади з імовірністю P_n;

– прийнято вірне рішення, що ніякого сигналу немає при умові, що в дійсності він відсутній. Це є вірне несприймання завади з імовірністю $P_{нр.з}$;

– прийнято невірне рішення, що прийнятий сигнал є корисним, тоді як в дійсності він відсутній.

Це помилковий прийом сигналу з імовірністю $P_{пом}$;

– прийнято невірне рішення, що прийнятий один з сигналів, тоді як в дійсності він є іншим. Ця подія справедлива тільки по відношенню до приймання символів (бітів) цифрового сигналу і називається трансформацією з імовірністю $P_{тр}$. Разом з другою подією вона утворює ситуацію нерозпізнання сигналу з імовірністю $P_{нр} = P_n + P_{тр}$.

Очевидно, що для неперервних сигналів

$$P_P = 1 - P_n .$$

Основна проблема прийняття вірного рішення для неперервних сигналів полягає в тому, що при зменшенні імовірності подавлення сигналу збільшується імовірність його помилкового приймання. Якщо ввести функцію залежності між P_n і $P_{пом}$

$$P_n = f\left(P_{пом}; \gamma\right), \qquad (1)$$

де $\gamma = P_C / P_З$ – перевищення потужності корисного сигналу над завадою, то при $\gamma = const$ ця функція є спадаючою від $P_{пом}$.

Отже, задачі мінімізації імовірності подавлення і помилкового приймання сигналу невіддільні одна від одної і є суперечливими. Тому питання про вибір оптимальних критеріїв завадостійкості при розпізнаванні корисного сигналу може бути вирішено тільки шляхом вибору компромісу між P_n і $P_{пом}$.

Найбільш сприйнятним є критерій Неймана – Пірсона, який оцінює в цілому задану помилку приймання повідомлення. Правда, цей критерій $P_n \to \min$ або $P_{пом} = P_{пом\ доп} = const$ також припускає елемент вольового рішення, але тим не менше він має перед двома першими критеріями три наступні переваги [1,2]:

1) вольовим рішенням призначається тільки одна величина – $P_{пом\ доп}$, а не декілька;

2) допустиме значення $P_{пом}$ можна встановити на основі практичних імовірностей подій приблизно з тими ж наслідками в інших галузях техніки;

3) розпізнавання сигналу може бути практично реалізовано. Справа в тому, що функція (1) індивідуальна для кожної завади і ніякого зв'язку з іншими критеріями завадостійкості немає.

Представимо цю функцію в більш зручній формі:

$$\gamma = \Psi(P_n; P_{пом}) .$$

Очевидно, що ця функція дає значення γ, яке достатнє для забезпечення заданих значень імовірності подавлення сигналу P_n при заданому значенні $P_{пом}$. Тоді вимога мінімізації P_n

$P_n = f\left(P_{пом}; \gamma\right) \Rightarrow \min$ еквівалентна вимозі

$$\gamma = \Psi(P_n; P_{пом}) \Rightarrow \min .$$

Об'єднуючи ці рівняння, отримуємо, що

$$P_{пом} = P_{пом\,доп} = const ,$$
$$\gamma = \Psi(P_n; P_{пом}) \Rightarrow \min .$$

Таким чином, виділення неперервного корисного сигналу при всій множині можливих завад можливо, коли:

– існує така імовірність помилкового приймання сигналу, яка дорівнює зазаделегідь вибраному допустимому значенню;

– мінімізація відношення потужностей сигнал-завада достатня для забезпечення допустимого значення імовірності подавлення сигналу завадою.

Викладене формулювання має дві принципові різниці з традиційним формулюванням критерію Неймана – Пірсона:

– замість вимоги мінімізації імовірності P_n при фіксованих значеннях імовірності $P_{пом}$ і відношення γ тут ставиться вимога мінімізації величини γ при фіксованих значеннях імовірностей P_n і $P_{пом}$;

– вимоги критерія сформульовані стосовно будь-якої завади, а не будь-якої конкретної.

Зрозуміло, що при множині завад встановити єдину для всіх завад область прийняття рішення неможливо. Але це можна зробити, встановивши поріг, при перевищенні відношення правдоподібності якого приймається рішення про приймання сигналу. Що стосується імпульсних сигналів, то їх адаптацію до завади встановити набагато легше.

Наприклад,

$$\upsilon_З \equiv 0; \upsilon_1 = "1"; \upsilon_0 = "0" ,$$

де сигнали дискретних символів υ_1 і υ_0 мають однакову вагу і рівноімовірні.

Для цього випадку, який можна трактувати як розпізнавання часткових сигналів (символів), припустимі однакові допустимі значення імовірностей помилкового приймання $P_{пом,1}$ і $P_{пом,0}$ символів υ_1 і υ_0, тобто

$$P_{пом,1\,доп} = P_{пом,0\,доп} = P_{пом,с\,доп} = const .$$

Тоді допустиме значення $\widetilde{P}_{пом,с\,доп}$ імовірності $\widetilde{P}_{пом,с}$ помилкового приймання одного часткового

символу буде таким:

$$\widetilde{P}_{пом,\,с\ доп} = P_{пом,\,1\ доп} + P_{пом,\,0\ доп} = \\ = 2P_{пом,\,с\ доп} = const.$$

При однаковій мінімізації імовірностей нерозпізнання $P_{нр,1}$ і $P_{нр,0}$ символів υ_1 і υ_0

$$P_{нр,\,1} = P_{нр,\,0} = P_{нр,\,с} \Rightarrow \min .$$

Об'єднуючи два останніх рівняння, отримуємо таку вимогу для узагальненого критерія Неймана – Пірсона стосовно часткової системи розпізнавання символів (бітів "0" і "1") цифрового сигналу:

$$\begin{aligned} &P_{пом,\,с\ доп} = const, \\ &P_{нр,с} \Rightarrow \min . \end{aligned} \qquad (2)$$

Можна ввести функцію

$$P_{нр,с} = f(\gamma_с ; P_{пом,с}) ,$$

яка також є спадаючою від $P_{пом,\,с}$. Звідси отримуємо функцію

$$\gamma_с = \Psi_с(P_{нр,с}; P_{пом,с}) ,$$

що дає порогове значення $\gamma_с$, достатнє для забезепечення даного значення $P_{нр,с}$ при значенні $P_{нр,\,с\ доп}$. При вимозі мінімізації $\gamma_с = \Psi_с$, що еквівалентно вимозі (2), отримуємо:

$$P_{пом,\,с\ доп} = const ,$$
$$\gamma_с = \Psi_с(P_{нр,с}; P_{пом,с}) \to \min .$$

Отже, приймання символів цифрового сигналу згідно критерія Неймана – Пірсона по всій множині можливих завад забезпечується, коли:

– імовірність помилкового приймання кожного з символів заздалегідь дорівнює вибраному допустимому значенню, однаковому для обох символів;

– можлива така мінімізація відношення потужностей сигналу і завади, яка забезпечує допустиме значення імовірностей нерозпізнання символу цифрового сигналу.

Нерозпізнання символів цифрового сигналу можливо в двох випадках:

– переданий символ не виявлений, оскільки внаслідок дії завади він є нижче порогу виявлення. Його імовірність складає $P_{п,\,с}$;

– переданий символ є вище порогу виявлення, але під дією завади трансформувався в інший символ причому такого рівня, що рішення приймається на користь помилково сформованого символу. Позначимо імовірність такої трансформації символлів $P_{тр,\,с}$.

Через те, що ці випадки несумісні, то

$$P_{нр,с} = P_{п,с} + P_{тр,с} .$$

Якщо приймається цифровий сигнал з m символами, тобто кодований сигнал, то

$$P_{пом,ц\,i}(i = 1,2,..., m) = \widetilde{P}_{пом,ц} = const ,$$
$$\widetilde{P}_{пом,ц} = \widetilde{P}^{m}_{пом,с\ доп} .$$

При прийманні μ фрагментів кодової послідовності з m символами кожної отримуємо:

$$P_{пом\,\Sigma} = \sum_{i=1}^{\mu} P_{\text{пом, с i}} = \mu\widetilde{P}_{пом} ,$$

$$P_{\text{пом}\,\Sigma\,\text{доп}} = \mu\widetilde{P}_{пом,ц} = \mu P^{m}_{пом,\,\text{с доп}} = const .$$

Звідси імовірність нерозпізнання кодованого сигналу складає:

$$P_{\text{нр i}}(i = 1,2,..., m) = 1 - (1 - P_{\text{нр, с i}})^{m} .$$

Якщо поставити вимогу мінімізації імовірності нерозпізнання сигналу в цілому і звести її до вимоги

$$P_{\text{нр, с i}} = P_{нс,с} ,$$

то тоді вимога мінімізації імовірності нерозпізнання запишеться так:

$$\begin{aligned} &P_{\text{нр i}}(i = 1,2,..., m) = P_{нр} = \\ &= 1 - (1 - P_{\text{нр, с}})^{m} \Rightarrow \min \end{aligned} . \qquad (3)$$

Очевидно, що нерозпізнання кодової послідовності буде мати місце при будь-якій з наступних подій:

– не виявлений хоча б один символ переданого сигналу, внаслідок чого сигнал в цілому не виявлений. Імовірність такої події $P_{п,ц}$;

– хоча б один з символів переданого сигналу трансформувався в протилежний. Імовірність цієї події $P_{п,тр,\,ц}$;

– частина символів окремих фрагментів кодової послідовності трансформувалась таким чином, що сигнал в цілому трансформувався в вірний. Імовірність такої події $P_{тр}$.

Тоді $P_{нр} = P_{п,ц} + P_{п,тр,ц} + P_{тр} = P_{п} + P_{тр}$.

По аналогії з вище викладеним

$$P_{нр} = f(P_{пом\,\Sigma}; \gamma_ц),$$

звідки отримуємо, що порогове значення $\gamma_ц$ буде таким

$$\gamma_ц = \Psi_ц(P_{нр}; P_{пом\,\Sigma}),$$

і буде забезпечувати дане значення $P_{нр}$ при значенні $P_{пом\,\Sigma}$.

Отже, замість (3) отримуємо таку вимогу мінімізації

$$\gamma_ц = \Psi_ц(P_{нр}; P_{пом\,\Sigma}) \Rightarrow \min$$

при $P_{пом\,\Sigma\,доп} = \mu\widetilde{P}_{пом\,доп} = const$.

Це означає, що розпізнавання кодового сигналу по критерію Неймана – Пірсона по всій множині можливих завад забезпечується коли:

– імовірність помилкового приймання цифрового сигналу дорівнює заздалегідь вибраному допустимому значенню;

– мінімізація відношення потужностей сигналу до завади достатня для забезпечення допустимого значення імовірності нерозпізнання сигналу.

Таким чином, модифікований критерій Неймана – Пірсона для розпізнання цифрових сигналів реалізується, якщо він реалізується для часткових символів. Останнє, як було показано вище, виконується.

Отже, критерій завадостійкості Неймана – Пірсона на відміну від критеріїв Котельникова і середнього ризику може бути легко практично реалізований для неперервних і дискретних сигналів по зазадалегідь вибраному допустимому значенню їх помилкового приймання.

1. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. – М.: Сов. радио, 1970 – 728 с. 2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Сов. радио, 1986 – 889 с.

УДК 621.397

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ ПЕРЕДАЧІ МОДУЛЯЦІЇ ТЕЛЕВІЗІЙНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ПЗЗ-МАТРИЦІ

© Сергєєв О.О., Бойко І.В., Приміський В.Ф., 2003
Національний технічний університет України "КПІ"

Розглянуто питання експериментальних досліджень коефіцієнтів передачі модуляції передавальної телевізійної камери на ПЗЗ-матриці в різних спектральних інтервалах. Отримані результати дозволили визначити спектральний інтервал, в якому досягається максимальне значення контрасту зображення.

В останні роки телевізійні засоби контролю набули широкого вжитку, особливо у мікроскопії, медичній техніці, контролю якості продуктів харчування [1, 2]. Але побудова вимірювальної чи контрольної телевізійної системи неможлива без належного розрахунку усіх її ланцюгів, і в першу чергу джерела сигналу – передавальної телевізійної камери (ПТК).

На практиці найчастіше використовуються готові ПТК з жорстко закріпленими виробником параметрами, але при цьому не всі вони вказуються у технічний документації. В першу чергу це стосується характеристики відносної спектральної чутливості ПТК та її ФПМ. Тому виникає завдання аналізу та визначення невідомих параметрів ПТК, які впливають на характеристики системи в цілому.

Загальною моделлю при аналізі проходження сигналів через лінійну систему є трансформація спектра сигналів [3]. Цей процес можна розділити на три частини. Першою є знаходження спектрального розподілу вхідної функції. Потім здійснюється перенос спектру через систему з оптичною передаточною функцією (ОПФ) та синтез вихідного сигналу по спектральній функції.

У загальному випадку ОПФ є комплексною функцією просторової частоти $\upsilon_Г$, а її модуль визначає функцію передачі модуляції (ФПМ).

ФПМ визначається як сукупність коефіцієнтів передачі модуляції (КПМ) для різних просторових частот. В останній час вирішенню це питання висвітлено у достатній кількості публікацій. Одна частина присвячена теоретичному підходу у визначенні ФПМ [4, 5] і базується на аналізі математичної моделі ПТК. Інша [6] базується на експериментальному визначенню характеристик ПТК.