

швидким забрудненням поверхні електродів компонентами розчину. Більш досконалим є чотириелектродний метод (метод Кельвіна), який нівелює вплив контактного опору та забруднення електродів. Принцип цього методу полягає у пропусканні стабілізованого змінного струму через два зовнішні електроди, тоді як падіння напруги вимірюється на двох внутрішніх електродах за допомогою вольтметра з дуже високим вхідним опором. Це дозволяє отримати точні та стабільні результати вимірювань навіть у забруднених та агресивних середовищах [1, с. 162].

Таким чином, розробка та впровадження автоматизованого приладу для експрес-аналізу питомого електричного опору на основі чотириелектродного методу дозволить перейти від епізодичного лабораторного контролю до безперервного моніторингу стану промивальної рідини в реальному часі. Це забезпечить можливість проактивного управління процесом буріння, що сприятиме підвищенню його безпеки, ефективності та економічності.

Список використаних джерел

1. Орловський В. М., Білецький В. С., Сіренко В. І. Буріння нафтових і газових свердловин : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2024. 408 с.

УДК 621.34

Євдоченко Олександр Іванович

аспірант

Шефер Олександр Віталійович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматичної електроніки та телекомунікацій

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ ОПТИМАЛЬНОГО НАДЛИШКОВОГО КОДУ

Методика побудови оптимального надлишкового коду ґрунтується на принципах теорії кодування з корекцією помилок (Forward Error Correction, FEC), де оптимальність визначається як максимізація корегувальної здатності t при мінімальній надлишковості r , з урахуванням характеристик каналу зв'язку, таких як бінарний симетричний канал (BSC) або канал з адитивним білим гауссовим шумом (AWGN) [1]. Процес включає систематичний аналіз параметрів коду (n – довжина кодового слова, k – кількість інформаційних символів, d_{min} – мінімальна кодова відстань, t – максимальна кратність помилок, що виправляються), з опорою на теоретичні границі, такі як границя Хемінга для високошвидкісних кодів [3]:

$$A(n, d) \leq \frac{q^n}{\sum_{i=0}^t \binom{n}{i} (q-1)^i} \quad (1),$$

де q — основа коду ($q=2$ для двійкових кодів), а $A(n, d)$ — максимальна кількість дозволених кодових комбінацій при заданій кодовій відстані $d = d_{min}$.

Оптимальний надлишковий код повинен забезпечувати максимальну корегувальну здатність при мінімальній надлишковості, враховуючи характеристики каналу (тип завад, ймовірність помилок, SNR). Методика побудови оптимального надлишкового коду включає наступні етапи:

1. Визначення параметрів каналу. Оцінка ймовірності помилки p , коефіцієнта групування помилок γ та SNR. Наприклад, для каналів з незалежними помилками ($\gamma \approx 1$) застосовується оцінка ймовірності не виправленої помилки [4] за формулою:

$$Q(q_c + 1, n) = \sum_{q=q_c+1}^n C_q^n p_n^q (1 - p_n)^{n-q}, \quad (2)$$

2. Вибір базового класу коду. Для каналів з низькою $p < 10^{-4}$ та одиничними помилками – застосовуються коди Хемінга з низькою надлишковістю $r \approx \log_2(n+1)$ та $d_{min}=3$ [2]. Для бурстових завад (паketні помилки довжиною b) – застосовуються коди Файра з породжувальним поліномом $g(x) = (x^b + 1) \cdot p(x)$, що забезпечує виправлення пакетів до $b=20$. Для комбінованих завад – компаундні коди (наприклад, ФХБЧХ) з параметрами $n = n_1 \cdot n_2$, $k = k_1 \cdot k_2$, $d_{min} = d_1 \cdot d_2$, що успадковують властивості від БЧХ (виправлення множинних помилок) та Ріда-Соломона (паketні помилки) [1].

3. Оптимізація надлишковості та корегувальної здатності. Надлишковість r обчислюється як $r = \frac{n-k}{n}$, з мінімізацією за границею Плоткіна для низько швидкісних кодів. Використовується багатокритеріальна оптимізація, де функція цілі мінімізує r при фіксованому t , з урахуванням границі Варшавова - Гільберта для гарантії існування коду.

4. Гібридна конструкція та оцінка.

Побудова гібридних кодів шляхом конкатенації (зовнішній код Ріда-Соломона з внутрішнім БЧХ), що підвищує загальну d_{min} та знижує BER_{res} на порядки. Для прикладу, в каналі з $p=10^{-3}$ та бурстовими завадами, оптимальний код Файра ($b=4$, $n=15$, $k=10$) комбінується з кодом Плоткіна для $d_{min}=3-5$, забезпечуючи $P_{correct} > 99\%$.

Ефективність методики підтверджується аналітичними розрахунками: при зростанні t надлишковість r збільшується лінійно, але гібридизація дозволяє досягти компромісу, наближаючись до теоретичної межі Шеннона [4]. Це забезпечує адаптивність до реальних телекомунікаційних сценаріїв,

таких як 5G NR, де динамічні умови вимагають швидкої реконфігурації кодів.

Список використаних джерел

1. Р. А. Бурачок, М. М. Климаш, Б. В. Коваль, *Телекомунікаційні системи передавання інформації. Методи кодування*. Львів: Видавництво Львів-ської політехніки, 2015.
2. О. Ю. Гусев, Г. Ф. Конахович, В. І. Корнієнко, Г. В. Кузнецов, О. Ю. Пузиренко, *Теорія електричного зв'язку*, 2016
3. М. Ю. Ільченко, *Основи теорії телекомунікацій*. К.: ІСЗЗІ НТУУ «КПІ», 2010.
4. С. Е. Shannon, “A mathematical theory of communication,” *Bell System Technical Journal*, vol. 27, no. 3, pp. 379–423, Jul. 1948.

УДК 628.98

Кислиця Дмитро Вадимович

здобувач освіти третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

Кожушко Григорій Мефодійович

професор кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій

Кислиця Світлана Григорівна

доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

**ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА
РІВЕНЬ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ
ІНТЕГРОВАНОГО ОСВІТЛЕННЯ**

На біологічну силу світлового подразника впливають наступні фактори: рівень освітленості, спектральний склад світла, просторовий розподіл світла в тривимірному світловому полі, а також тривалість впливу та час доби [1]. Тому характеристики джерел світла з точки зору ефективності споживання електроенергії та корисності для інтегрованого освітлення з точки зору позитивного впливу на здоров'я людей можна узагальнити за допомогою наступних ключових елементів: висока світлова ефективність; широкий діапазон колірності світла; можливість регулювати світловий потік; можливість регулювати спектр випромінювання; можливість застосування електричних систем керування освітленням.

Слід також відзначити, що для правильного зорового сприйняття та зорового комфорту електричні джерела світла мають забезпечувати високу якість кольоропередачі та не створювати таких негативних явищ як відблиски, миготіння яскравості, фотобіологічну небезпеку для очей.