

**МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ВХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ТОЧНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ В ЕІТ**

*Гаманенко О. І., аспірант; Гусєва О. В., к.т.н., доцент  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

В електроімпедансній томографії (ЕІТ) реконструюється розподіл комплексного опору усередині об'єкту дослідження (ОД) за розподілами зовнішніх напруг. При вимірюванні напруг за обводом ОД на точність процесу впливає велика кількість як зовнішніх, так і внутрішніх чинників. Очевидно, що від точності вимірювання напруг в значній мірі залежить якість зображення.

У [1] встановлено, що, в разі рівномірного розташування електродів в одній площині поперечного перетину ОД в рівновіддалених від його центру точках, до результатів вимірювань вноситься найменша похибка. Тут має місце симетрія відносно ліній, що проходять через діаметрально протилежні електроди, на які подається зондуєчий струм.

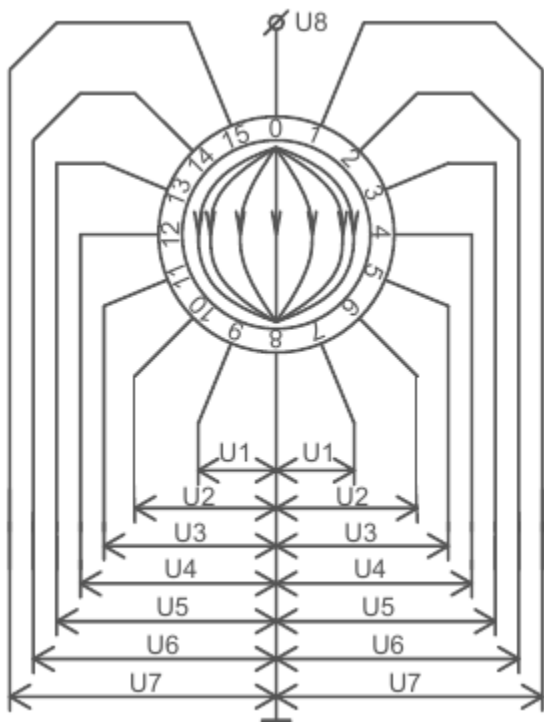


Рисунок 1. Розподіл струмів у фантомі з подачею зондуєчого струму на пару електродів 0-8

В даному дослідженні використано фантом, що моделює ОД, зображений на Рис.1. Оскільки фізичний фантом заповнений однорідним розчином електроліту NaCl, то в ідеальному випадку має місце наступне твердження: в силу симетрії фантому, при подачі зондуєчого струму на електроди 8-0 напруга між електродами 1 та «заземленим» (8) та між електродом 15 та «заземленим» (8) має бути однаковою (позначимо її  $U_i$ , де  $i=1$  і показує порядковий номер пари симетрично розташованих електродів). Теж саме має відбуватися і для будь-яких інших пар електродів зі спільним «заземленим» електродом, що розташовані симетрично та рівновіддалено від «заземленого» електроду (відповідно для них позначено напруги  $U_2, U_3, \dots, U_7$  зі зростанням порядкового номера по мірі віддалення від «заземленого» електроду). В свою чергу напруга між електродом 0 та «заземленим» матиме найбільше значення.

Для будь-якої з можливих 16-ти проєкцій буде справедливим розподіл напруг, що показаний на рис.2.

Для будь-якої з можливих 16-ти проєкцій буде справедливим розподіл напруг, що показаний на рис.2.

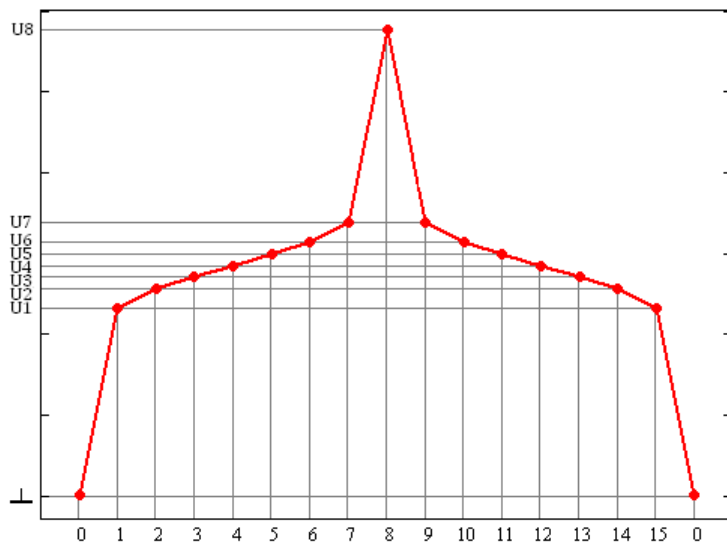


Рисунок 2. Графік розподілу напруг проєкцій в однорідному фантомі

Результатом проведення одного дослідження є таблиця розподілу напруг в середині фантома (однорідного, з неоднорідністю по центру та з неоднорідністю у випадковому місці фантому) [2].

На рис. 2 приведено розподіл напруг в однорідному фантомі для ідеального випадку. Очевидно, що реальний графік не буде симетричним в силу різноманітних факторів.

Для оцінювання точності вхідних даних використовуються виміряні значення напруг та розраховано математичне сподівання, дисперсію та середньоквадратичне відхилення. Відносна похибка вимірювання для кожного відповідного значення напруги приведена в табл. 1.

Таблиця 1

$\delta_i, \%$	Д.1	Д.2	Д.3	Д.4	Д.5
$\delta_1$	5.3738	3.5769	2.7703	2.8673	2.9480
$\delta_2$	5.2653	3.1025	2.3923	2.4628	2.7015
$\delta_3$	5.0635	2.8149	2.1009	2.1699	2.3485
$\delta_4$	4.8010	3.1222	2.0651	2.1329	2.4411
$\delta_5$	4.9779	2.8462	1.9403	1.9771	2.1959
$\delta_6$	4.7179	2.6463	1.7987	1.8112	2.1139
$\delta_7$	5.0346	2.5596	1.6681	1.7948	1.8767
$\delta_8$	3.2669	1.1851	0.7547	0.8935	0.9999

В даній серії з 5 дослідів дослід 1 – фантом однорідний, дослід 2–5 – фантом з неоднорідністю по центру циліндричної форми різних діаметрів.

З метою «ідеалізувати» опорні дані пропонується використовувати поправочні коефіцієнти. Таблиця поправочних коефіцієнтів формується за формулою:

$$K_{k,N} = 1 + \frac{\mu_k - U_{k,N}}{\mu_k}$$

де  $U_{k,N}$  – відповідне значення попередньо сортованої матриці напруг для однорідного фантому;  $\mu_k$  – математичне сподівання для значень напруг на передаточних опорах виміряних певним каналом вимірювання (для симетричних каналів вимірювання  $\mu_k$  матиме однакове значення).

Поправочні коефіцієнти відповідно множаться на значення напруг. Для задачі реконструкції зображень використовується таблиця різницевих значень напруг. Така таблиця отримується шляхом віднімання таблиці значень розподілу напруг, що виміряні в умовах присутності неодноріднос-

тей, від таблиці значень розподілу напруг в однорідному фантомі (фону).

В результаті застосування поправочних коефіцієнтів до таблиці з «фоном» значно зменшилася відносна похибка (табл. 2). Фактично, цей спосіб підвищення точності вимірювання усуває похибки, які виникають в результаті неідеальності системи електродів та, частково, в процесі оцифрування аналогового сигналу.

Таблиця 2

$\delta_i, \%$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\delta_7$	$\delta_8$
Д.1 реальний	5.3738	5.2653	5.0635	4.8010	4.9779	4.7179	5.0346	3.2669
Д.1 ідеалізований	0.5620	0.4615	0.4337	0.4490	0.3510	0.4806	0.4565	0.0479

При збільшенні кількості електродів системи ЕІТ зростає точність вимірювання (в ідеальному випадку). В реальності, збільшення кількості електродів вимагає використання ідентичних електродів та їх прецизійного розташування. На практиці ця задача є нелінійною та не завжди доцільна. Значення таблиці 2 показують, що обробка вхідних даних з використанням поправочних коефіцієнтів дає позитивний результат та її можна застосовувати до систем ЕІТ з будь-якою кількістю електродів.

#### **Перелік посилань**

1. Y. Mamatjan, D. Gursoy, A. Adler. Electrode positions and current patterns for 3D EIT // International Conference on Biomedical Applications of Electrical Impedance Tomography (EIT), Bath, UK, 2011
2. Рибін О. І. Чутливість в електроімпедансній томографії / О. І. Рибін, Є. В. Гайдаєнко, І. О. Сушко, О. І. Гаманенко // Вісник НТУУ «КПІ» Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2013. — № 55. — С. 107—117.

#### **Анотація**

Представлено спосіб попередньої обробки опорних даних для задачі реконструкції зображень в ЕІТ математичним шляхом. Розглянуто оцінку точності вхідних даних та особливості застосування поправочних коефіцієнтів.

**Ключові слова:** електроімпедансна томографія, розподіл напруг, точність.

#### **Аннотация**

Представлен способ предварительной обработки опорных данных для задачи реконструкции изображений в ЭИТ математическим путем. Рассмотрено оценку точности входных данных и особенности применения поправочных коэффициентов.

**Ключевые слова:** электроимпедансная томография, распределение напряжений, точность.

#### **Abstract**

Method for pre-processing of the reference data for the task of image reconstruction is presented. Evaluation of the input data accuracy and particularly the use of the correction coefficients are considered.

**Keywords:** electrical impedance tomography, allocation of voltages, accuracy.