

ЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ

УДК681.5.08

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУМІВ РОЗТІКАННЯ НА РЕЗУЛЬТАТ ВИМІРЮВАННЯ ПЛОЩІ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ ПОТОКУ РІДИНИ КОНДУКТИВНИМ СЕНСОРОМ

В. Войтюк, Д. Трушаков

*Кіровоградський національний технічний університет,
пр. Університетський, 8, Кіровоград, 25030 Україна
Dmitriy-kntu@yandex.ru*

Наведено результати теоретичних досліджень впливу струмів розтікання на вихідний струм кондуктивного сенсора, який використовують як вимірник площі поперечного перерізу потоку молока. Отримано коефіцієнт впливу струмів розтікання на результат вимірювання порівняно з величиною струму такого ж сенсора без впливу струмів розтікання. Визначено відстань від електрода сенсора, на якій струми розтікання чинять відчутний вплив, на вихідну величину струму сенсора.

Ключові слова: кондуктивний сенсор, струм розтікання, площа поперечного перерізу потоку.

У ході визначення витрати рідини в потоках та вимірювання швидкості потоку використовують різні сенсори.

Для визначення поперечного перерізу потоку рідини можна використати кондуктивні сенсори, в основі роботи яких є залежність електричного опору між електродами перетворювача, які розташовані на стінках каналу.

Цій проблемі присвячено низку праць [1–3]. Зокрема, у працях [1, 2] обґрунтовано спосіб вимірювання витрати за допомогою електрохімічного перетворювача швидкості та кондуктивного перетворювача перерізу потоку. У праці [3] з'ясовано особливості побудови сенсора для реалізації зазначеного вище способу.

Метою цих досліджень є визначення впливу струмів розтікання на вихідну величину струму кондуктивного сенсора.

Конструкція перетворювача поперечного перерізу потоку рідини має вигляд, показаний на рис. 1.

Перетворювач поперечного перерізу потоку рідини складається з труби 1, виготовленої з діелектричного матеріалу, електродів 2, 3 та блока перетворення інформації (БПІ), який забезпечує роботу сенсора та перерахунок його вихідного сигналу в величину поперечного перерізу потоку. Внутрішній переріз сенсора – 121 мм². Довжина електродів у напрямі руху потоку становить 5 мм.

Крім струмів, безпосередньо в зоні розташування електродів є також струми між електродами за межами цієї зони – струми розтікання. Для визначення конструктивних параметрів перетворювача необхідно знайти вплив струмів розтікання на загальну вели-

чину струму та визначити зону концентрації густини струму. Для розв'язування цієї задачі необхідно змодельовати процес протікання струму в перетворювачі поперечного перерізу потоку рідини за умови протікання струму тільки в зоні розташування електродів та за умови вільного їх протікання у разі розміщення електродів у трубах різної довжини.

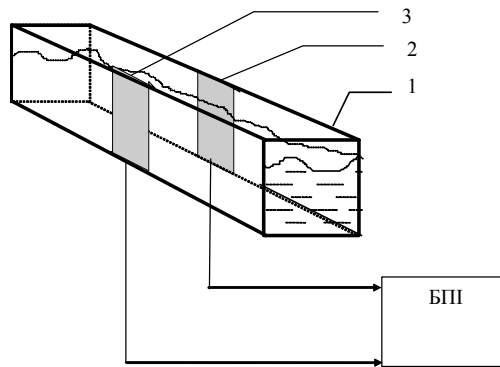


Рис. 1. Спрощена конструкція перетворювача поперечного перерізу потоку рідини

Моделювання такого процесу можливе за допомогою розрахунку розподілу електричного струму в системі провідників. У цьому випадку виконано моделювання двовимірних полів за методом скінченних елементів за допомогою програми ELCUT [4]. Подібну задачу можна описати рівнянням Пуассона для скалярного електричного потенціалу U за умовою, що вектор густини струму лежить у площині моделі:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\rho_x} \cdot \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\rho_y} \cdot \frac{\partial U}{\partial y} \right) = 0, \quad (1)$$

де ρ_x, ρ_y – складові тензора питомого електричного опору моделі.

Вектор густини струму

$$\vec{j} = -\rho^{-1} \cdot \text{grad}U \quad (2)$$

Граничними умовами задачі є умови Діріхле, які визначають відомі значення потенціалу на ребрах моделі. Модель розподілу густини струму в кондуктивному перетворювачі поперечного перерізу потоку рідини з урахуванням та без урахування струмів розтікання зображена на рис. 2.

Моделювання проводили для рідини з електропровідністю 0,6 См/м, що відповідає середньому значенню діапазону зміни електропровідності молока.

Графік залежності величини загального струму від урахування струмів розтікання на відстані від країв електрода показаний на рис. 3.

Струм через визначену поверхню визначають за допомогою виразу

$$I_1 = \int j_n ds_1 \quad (3)$$

де j_n – густина струму, отримана внаслідок моделювання; s – площа поверхні.

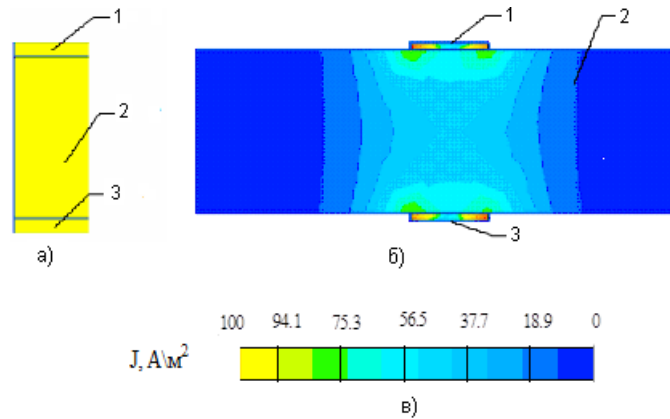


Рис. 2. Графічне зображення розподілу густини струму в кондуктивному перетворювачі поперечного перерізу потоку рідини:

1 – анод; 2 – рідини; 3 – катод; а – без розтікання; б – з розтіканням; в – шкала густини струму.

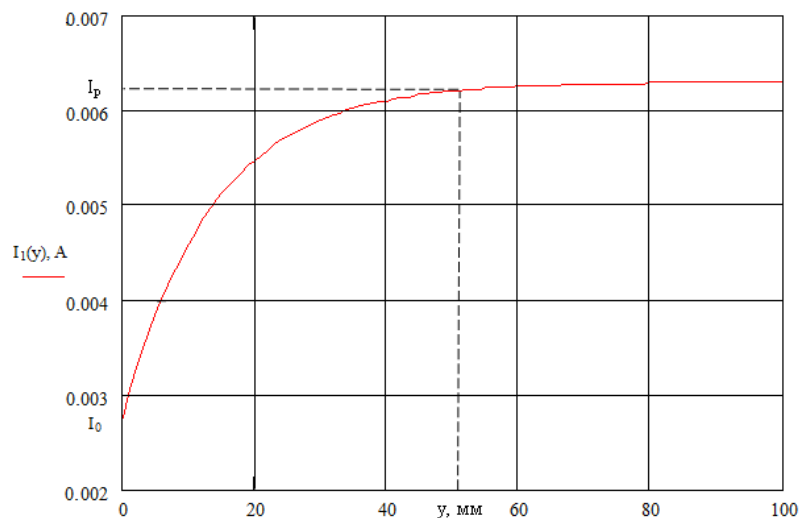


Рис. 3. Залежність величини загального струму кондуктивного перетворювача поперечного перерізу потоку від дії струмів розтікання за межами електрода.

Як бачимо з рис. 3, струм, зумовлений тільки рідиною між електродами в кондуктивному перетворювачі поперечного перерізу потоку, I_0 дорівнює $2,76 \cdot 10^{-3} A$, залежність струму розтікання I_p від відстані має експоненціальний характер. Максимально струм змінюється в межах відстані 50 мм від країв електрода. За межами цієї відстані струми розтікання мають незначний вплив на значення струму. Максимальне значення струму з урахуванням струмів розтікання дорівнює $6,3 \cdot 10^{-3} A$, що в 2,3 раза більше від I_0 .

На підставі отриманих результатів можна зробити такі висновки. На загальний струм впливають струми розтікання в зоні 50 мм від країв електрода. Струм між електродами перетворювача поперечного перерізу потоку рідини з урахуванням струмів розтікання в зоні, обмеженій електродами та відстанню ≥ 50 мм від країв електрода, відрізняється від струму без урахування струмів розтікання на коефіцієнт, який дорівнює 2,3.

Отримані результати цього дослідження можна використати для розрахунку вихідного сигналу кондуктивного сенсора заданої геометрії, що застосовують як вимірювач площі поперечного перерізу потоку рідини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Деклараційний патент України №39818. Спосіб вимірювання молока в молокопроводі / Б. І. Ващенко, В. О. Версаль, В. В. Войтюк. – - и 99073983; Заявл 13.07.99; Опубл. 15.11.2001. Бюл. №10.
2. Версаль В. О. Обґрунтування способу вимірювання витрат молока / В. О. Версаль, В. В. Войтюк // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2000. – Вип.6. – С. 123–125.
3. Войтюк В. В. Особенности построения датчика измерения расхода молока на основе электрохимического метода измерения скорости и кондуктометрического метода измерения объема жидкости / В. В. Войтюк, В. А. Версаль // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления “Датчик 2003” : Сборник материалов XV науч.-техн. конф. с участием зарубежных специалистов. – М.: МГИЭМ, 2003. – С. 111–112.
4. ELCUT моделирование двумерных полей методом конечных элементов: версия 5.8, руководство пользователя. – СПб. : Производственный кооператив ТОР, 2010 – 345 с.

Стаття: надійшла до редакції 23.01.2015
доопрацьована 30.01.2015,
прийнята до друку 04.02.2015.

INVESTIGATION INFLUENCE SPREAD CURRENT ON RESULT OF MEASURING CROSS-SECTION AREA LIQUID STREAM WITH THE HELP OF CONDUCTIVE SENSOR

V. Voytuk, D. Trushakov

*Kirovograd National Technical University,
University Str. 8, Kirovograd 25030, Ukraine
Dmitriy-kntu@yandex.ru*

The work contains the results of theoretical research influence spread current on result current of conductive sensor which used as measuring cross-section area milk stream with the help of conductive sensor. There has been represented a coefficient influence spread current on result of measuring in compare with current value the same sensor without taking spread current. Research influence distance of sensor electrode on which spread current appreciably influence on output current of conductive sensor. Obtained influence of the distance from the sensor electrode, in which current spreading is carried substantial influence on the output value of the current sensor.

Key words: conductive sensor, spread current, cross-section area of stream.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОКОВ РАСТЕКАНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ КОНДУКТИВНЫМ СЕНСОРОМ

В. Войтюк, Д. Трушаков

*Кировоградский национальный технический университет
пр. Университетский, 8, Кировоград, 25030, Украина
Dmitriy-kntu@yandex.ru*

Приведено результаты теоретических исследований влияния токов растекания на выходной ток кондуктивного сенсора, который используют в качестве измерителя площади поперечного сечения потока молока. Получено коэффициент влияния токов растекания на результат измерения в сравнении с величиной тока такого же сенсора без учета токов растекания. Исследовано влияние расстояния электрода сенсора, на котором токи растекания существенно влияют на выходной ток кондуктивного сенсора. Определено влияние расстояния от электрода сенсора, на котором токи растекания осуществляют существенное влияние на выходную величину тока сенсора.

Ключевые слова: кондуктивный сенсор, ток растекания, площадь поперечного сечения потока.