

УДК 681.586

ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЮ МОЛОКА ДЛЯ ПЕРЕНОСНОГО ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ СТІЙЛОВОЇ УСТАНОВКИ

В. Ю. Кучерук

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: kucheruk@mail.ru

Є. А. Паламарчук

Кандидат технічних наук, професор

Кафедра економічної кібернетики

Вінницький національний аграрний університет

вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008

E-mail: evgen.pal@gmail.com

П. І. Кулаков

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: kulakovpi@gmail.com

*Кафедра метрології та промислової автоматики**

Т. В. Гнесь

Аспірант

E-mail: tata-1990@mail.ru

Кафедра метрології та промислової автоматики**

**Вінницький національний технічний університет

вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021

Проведено теоретичне дослідження фотоелектричного перетворювача світлового потоку в напругу на основі пари фотодіод-операційний підсилювач. На його основі запропоновано вимірювальний перетворювач та засіб вимірювання рівню молока і зоотехнічних параметрів для переносного доїльного апарату. Визначено абсолютну методичну похибку вимірювального перетворення та абсолютну похибку вимірювання рівню. Результати теоретичних досліджень підтверджено експериментальними даними

Ключові слова: рівень молока, вимірювальний перетворювач рівню, переносний доїльний апарат, машинне доїння

Проведено теоретическое исследование фотоелектрического преобразователя светового потока в напряжение на основе пары фотодиод-операционный усилитель. На его основе предложен измерительный преобразователь и средство измерения уровня молока и зоотехнических параметров для переносного доильного аппарата. Определена абсолютная методическая погрешность измерительного преобразования и абсолютная погрешность измерения уровня. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментальными данными

Ключевые слова: уровень молока, измерительный преобразователь уровня, переносной доильный аппарат, машинное доение

1. Вступ

На сучасних доїльних установках використовується великий асортимент високотехнологічних доїльних машин, алгоритм роботи яких відповідає фізіологічним механізмам молокоутворення і молоковіддачі тварини та забезпечує оптимальний режим процесу доїння. Таке обладнання використовується в основному для молочних ферм з безприв'язним утриманням тварин, які оснащені доїльними залами різних типів з стаціонарними доїльними станками. Найчастіше, для вимірювання удою та інших зоотехнічних параметрів, на стаціонарних доїльних станках у доїльних залах використовують ковшовий вимірювальний перетворювач або спеціалізовані оптичні вимірювальні перетворювачі.

Вони забезпечують високоточне вимірювання удою, тривалості доїння, інтенсивності потоку молока та інших зоотехнічних параметрів, які необхідні для систем автоматичного управління молочними відділеннями тваринницьких ферм та реалізації алгоритму оптимального доїння. Але їх використання у переносних доїльних апаратах неможливе внаслідок певних конструктивних особливостей.

Найбільш розповсюдженими у світі є стійлові доїльні установки, які використовуються при прив'язному утриманні тварин. Як правило, на таких установках використовуються переносні доїльні апарати без функції керування процесом доїння. Тобто такі апарати забезпечують один незмінний режим доїння для всіх тварин, який не є оптимальним і не відповідає біологічним механізмам молокоутворення та молоковіддачі. Це призводить до зниження удою, підвищення захворюваності тварин та до інших негативних наслідків.

В останній час виробники доїльної техніки все частіше пропонують переносні доїльні апарати для стійлових установок з функцією керування процесом доїння. У таких апаратах для вимірювання удою, інтенсивності молоковіддачі та інших зоотехнічних параметрів використовуються ультразвукові, оптичні, механічні первинні вимірювальні перетворювачі. Як показує практика, їх точність при використанні у такому доїльному обладнанні достатня для реалізації функції керування процесом доїнням, який є робастним процесом, але вони не забезпечують достатню точність вимірювання зоотехнічних параметрів тварин, необхідних для систем автоматичного управління молочними відділеннями тваринницьких ферм.

Виходячи з цього, розробка високоточного засобу вимірювання зоотехнічних параметрів для переносного доїльного апарату є актуальним завданням. Проведені дослідження відносяться до теорії та практики проектування, модернізації і автоматизації молочних відділень тваринницьких ферм.

2. Постановка проблеми

В теперішній час молочно-доїльні відділення тваринницьких ферм неможуть ефективно функціонувати без систем автоматичного управління технологічним процесом, до складу яких входять інформаційно-вимірювальні системи зоотехнічних параметрів тварин та інформаційно-вимірювальні системи параметрів технологічного процесу отримання молока. Окрім того, актуальним є завдання модернізації існуючих стійлових доїльних установок шляхом їх реконструкції та впровадження вищевказаних систем. Невід'ємною складовою інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин на стійловій доїльній установці є доїльний апарат з функцією керування процесом доїння. Такий апарат здійснює вимірювання поточного та загального удою, інтенсивність молочного потоку, тривалість доїння та інші зоотехнічні параметри. На основі результатів вимірювання здійснюється управління пульсаціями вакууму у доїльних стаканах з метою забезпечення оптимального режиму доїння. Також, ці результати вимірювання використовуються в системі автоматичного управління молочно-доїльним відділенням ферми.

Сучасні переносні доїльні апарати для стійлової доїльної установки забезпечують вимірювання зоотехнічних параметрів тварин з точністю, яка необхідна для реалізації наближеного до оптимального режиму доїння. Але досягнута точність недостатня для відмови від трудомісткої процедури періодичних контрольних доїнь, які проводять за допомогою спеціалізованих засобів вимірювання з метою розрахунку та прогнозування певних зоотехнічних параметрів. Окрім того, наслідком підвищення точності вимірювання буде подальша оптимізація процесу доїння.

Перспективним є непряме вимірювання удою та інших вторинних зоотехнічних параметрів на основі прямого вимірювання рівню молока у молокоприймальній камері доїльного апарату, що зумовлює необхідність розробки спеціалізованого первинного вимірювального перетворювача рівню та засобу вимірювання на його основі. Для використання у доїльному обладнанні бажано використовувати безконтактні вимірювальні перетворювачі, наприклад фотоелектричні, у яких відсутні рухомі частини. Дана обставина зумовлена тим, що наявність рухомих частин значно погіршує якість промивки, внаслідок чого збільшується бактеріальна заплідненість молока. Для вирішення цієї задачі необхідно встановити теоретичну залежність між вихідною напругою фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач і освітлюваною площею фоточутливого шару фотодіоду, та створити на її основі первинний вимірювальний перетворювач рівню молока з лінійним рівнянням перетворення. На основі створеного вимірювального перетворювача необхідно реалізувати засіб вимірювання рівню молока

в молокоприймальній камері переносного доїльного апарату. Для проведення теоретичних досліджень похибки вимірювання удою та інших зоотехнічних параметрів на основі прямого вимірювання рівню молока необхідно отримати теоретичні залежності абсолютної методичної складової похибки первинного вимірювального перетворення рівню та абсолютної похибки вимірювання рівню від зовнішніх факторів та параметрів складових елементів перетворювача та засобу вимірювання.

3. Літературний огляд

У роботі [1] розглянуто оптичний первинний вимірювальний перетворювач інтенсивності потоку молока для переносного доїльного апарату.

При його використанні неможливо забезпечити високу точність вимірювання удою внаслідок значного впливу на результат вимірювання піни та пазирів повітря, які обов'язково виникають на виході колектора. Окрім того, додаткову похибку вносить нерівномірність потоку молока та немінуча зміна геометричних розмірів та форми пазирів повітря.

У оптичного кореляційного витратоміру молока, який пропонується у [2], похибка вимірювання значно збільшується при великих значеннях молочного потоку та при наявності у ньому піни та пазирів повітря. Це пов'язано з тим, що вихідні сигнали його розташованих на певній відстані фотоприймачів, які корелюються, у цих умовах втрачають подібність.

При використанні ротаційних витратомірів [3] для вимірювання інтенсивності молочного потоку та удою, виникає швидке їх забруднення молочним каменем, що приводить до збільшення похибки вимірювання та відмов. Окрім того, за допомогою існуючих технічних та хімічних засобів, неможливо забезпечити їх якісне післядоїльне промивання. Це приводить до збільшення бактеріальної заплідненості молока і, відповідно, до зниження його якості і закупівельної ціни.

Використання ультразвукових витратомірів [4] для вимірювання удою та інтенсивності молочного потоку виявилось неефективним внаслідок значного збільшення похибки вимірювання внаслідок наявності пазирів та піни, а також великого значення похибки вимірювання при малих потоках молока.

4. Теоретичне дослідження фотоелектричного перетворювача світлового потоку в напругу та засобу вимірювання рівню на його основі

Розглянемо фотоприймач на основі пари фотодіод-операційний підсилювач. На рис. 1, а наведено його електричну принципову схему, а на рис. 1, б – еквівалентну схему.

У наведеній на рис. 1, а схемі фотодіод VD діє як генератор струму, а операційний підсилювач DA, охоплений зворотнім зв'язком, перетворює цей струм у напругу. Залежність струму, що протікає через фотодіод, від потоку опромінення, описується виразом [5]:

$$I_{VD} = \Phi S_{I0} / \sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2} - I_s (\exp(e_e U_{VD} / kT) - 1), \quad (1)$$

де I_{VD} – струм фотодіоду; S_{I_0} – інтегральна струмова чутливість фотодіоду при немодульованому опроміненні; Φ – потік опромінення; I_s – темновий струм фотодіоду; U_{VD} – падіння напруги на фотодіоді; T – абсолютна температура; k – постійна Больцмана; e_e – заряд електрону; Ω – циклічна частота модуляції потоку опромінення; τ_{VD} – постійна часу фотодіоду, яка залежить від значень внутрішнього опору фотодіоду R_{VD} та паразитної ємності фотодіоду C_{VD} .

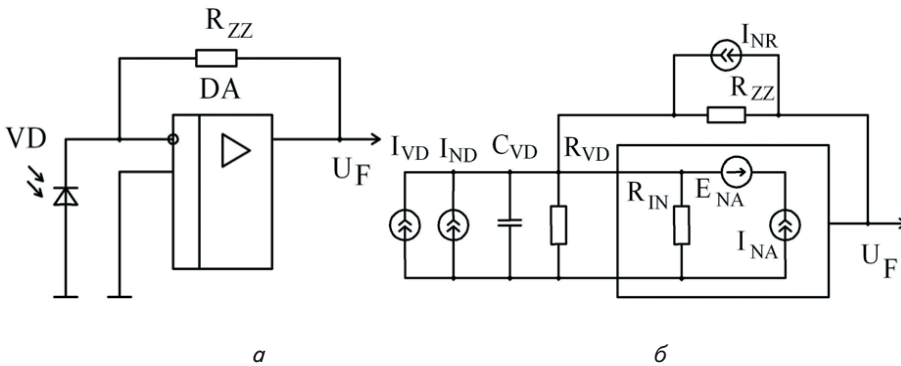


Рис. 1. Фотоприймач на основі пари фотодіод-операційний підсилювач: а – електрична принципова схема; б – еквівалентна схема

При використанні джерела світла з конденсорною лінзою, можна отримати плоско-паралельний потік опромінення, однаковий на всій площині. У цьому випадку потік опромінення та площа фоточутливого шару фотодіоду, що опромінюється, зв'язані співвідношенням [6]:

$$\Phi = J_p S = IS/\gamma^2, \tag{2}$$

де J_p – інтенсивність світлового потоку, γ – відстань до джерела світла, що освітлюється, S – освітлювана площа фоточутливого шару, I – сила світла.

Якщо опромінення фоточутливого шару фотодіоду здійснюється немодульованим потоком, то вираз (1) приймає вигляд:

$$I_{VD} = \Phi S_{I_0} - I_s (\exp(e_e U_{VD}/kT) - 1). \tag{3}$$

Окрім того, при відсутності модуляції світлового потоку, паразитна ємність фотодіоду C_{VD} не впливає на вихідну напругу фотоприймача. Таким чином, вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, з урахуванням зміщення нуля, різниці вхідних струмів, напруги шуму, описується виразом [7]:

$$U_F = I_{VD} R_{ZZ} / (1 + R_{ZZ}/K_0 R_{IN} + 1/K_0) + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N, \tag{4}$$

де K_0 – коефіцієнт передачі операційного підсилювача, R_{IN} – вхідний опір операційного підсилювача, U_{SM} – напруга зміщення нуля операційного підсилювача, ΔI – різниця вхідних струмів операційного підсилювача, R_{ZZ} – опір в колі зворотного зв'язку операційного підсилювача, U_N – напруга шуму на виході фотоприймача, яка залежить від шумового струму I_{NR} резистора в колі зворотного зв'язку, шумового струму фотодіоду I_{ND} , шумового струму операційного

підсилювача I_{NA} та напруги шуму операційного підсилювача E_{NA} .

Підставивши (2) і (3) в (4), після перетворень, отримуємо:

$$U_F = \frac{IS_{I_0} R_{ZZ} / \gamma^2}{1 + R_{ZZ}/K_0 R_{IN} + 1/K_0} S - \frac{I_s R_{ZZ} (\exp(e_e U_{VD}/kT) - 1)}{1 + R_{ZZ}/K_0 R_{IN} + 1/K_0} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N. \tag{5}$$

Як випливає з виразу (5), вихідна напруга фотоприймача лінійно залежить від площі фоточутливого шару, що освітлюється.

Вираз (5) можна спростити. Різниця вхідних струмів ΔI для сучасних операційних підсилювачів складає одиниці нА, а напруга зміщення U_{SM} – одиниці мВ. При умовах $U_F \gg U_{SM}$ та $I_{VD} \gg \Delta I$, значення U_{SM} та ΔI можна знехтувати. При використанні елементної бази з низьким рівнем шумів, шумовою складовою U_N

виразу (5) можна знехтувати. Внаслідок малого значення темного струму, яке складає одиниці наноампер, можна вважати, що $I_s \approx 0$. Вхідний опір сучасних операційних підсилювачів складає десятки або сотні МОм, що значно перевищує опір R_{ZZ} в колі зворотного зв'язку та внутрішній опір фотодіоду. Коефіцієнт передачі сучасних операційних підсилювачів також дуже високий. Виходячи з цього справедливий вираз:

$$\lim_{\substack{K_0 \rightarrow \infty \\ R_{IN} \rightarrow \infty}} (1 + R_{ZZ}/K_0 R_{IN} + 1/K_0) = 1. \tag{6}$$

З урахуванням усіх цих умов вираз (5) приймає вигляд:

$$U_F = IS_{I_0} R_{ZZ} S / \gamma^2. \tag{7}$$

З виразу (7) випливає, що вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач прямо пропорційна площі фоточутливого шару фотодіоду, що освітлюється, якщо знехтувати впливом темного струму, шумовою складовою, напругою зміщення та різницею вхідних струмів операційного підсилювача, кінцевими значеннями коефіцієнту передачі та вхідного опору операційного підсилювача тощо.

Розглянемо фотоелектричний перетворювач рівню рідини в постійну напругу. Його схематичне конструктивне креслення наведено на рис. 2.

Діафрагма, яка знаходиться перед фоточутливим шаром фотодіода, виконана у вигляді прямокутника висотою L та шириною D . Площа діафрагми визначається виразом

$$S_D = LD = S + S_H, \tag{8}$$

де S – площа фоточутливого шару фотодіода, на який попадає потік випромінювання, S_H – площа фоточутли-

вого шару фотодію, який закритий і на який потік випромінення не попадає.

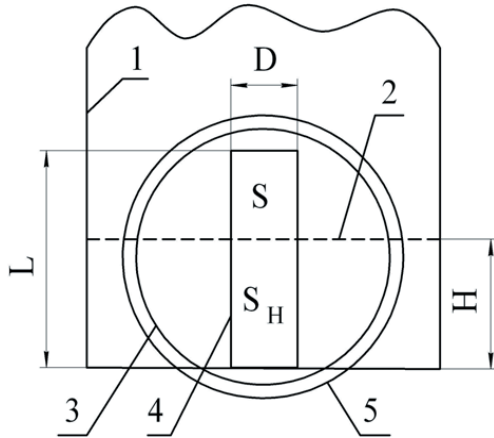


Рис. 2. Фотоелектричний перетворювач рівню в постійну напругу: 1 – корпус, 2 – рівень рідини, 3 – границя фоточутливого шару фотодію, 4 – діафрагма, 5 – корпус фотодію

Площа S_H визначається виразом:

$$S_H = HD. \quad (9)$$

Відповідно площа S знаходиться з співвідношення:

$$S = S_D - S_H = D(L - H). \quad (10)$$

Для знаходження рівняння перетворення фотоелектричного перетворювача рівню в постійну напругу, підставимо (10) в (7):

$$U_F = IS_{10}R_{ZZ}D(L - H)/r^2. \quad (11)$$

З виразу (11) випливає, що вихідна напруга фотоелектричного перетворювача рівню в постійну напругу на основі пари фотодіод-операційний підсилювач є лінійною функцією рівню. Даний вираз є рівнянням перетворення, у ньому не враховані складові похибки вимірювального перетворення. Знайдемо з виразу (11) виміряне значення рівню:

$$H_V = L - \frac{U_F}{IS_{10}R_{ZZ}D/r^2}. \quad (12)$$

Визначимо абсолютну методичну похибку вимірювального перетворення рівню. Для цього підставимо вираз (10) в (5) і після нескладних перетворень знайдемо дійсне значення вимірюваного рівню:

$$H_D = L - \frac{U_F}{IS_{10}R_{ZZ}D/r^2} \left((\Delta IR_{ZZ} + U_{SM} + U_N) \times \right. \\ \left. \times (1 + R_{ZZ}/K_0R_{IN} + 1/K_0) + 1 + \right. \\ \left. + R_{ZZ}/K_0R_{IN} + 1/K_0 - I_S R_{ZZ} (\exp(e_e U_{VD}/kT) - 1) \right). \quad (13)$$

Абсолютна методична похибку первинного вимірювального перетворення рівню визначається виразом

$$\Delta_H = H_V - H_D = \frac{r^2}{IS_{10}R_{ZZ}D} \times \\ \times \left((\Delta IR_{ZZ} + U_{SM} + U_N) (1 + R_{ZZ}/K_0R_{IN} + 1/K_0) + \right. \\ \left. + I_S R_{ZZ} (\exp(e_e U_{VD}/kT) - 1) + U_F (R_{ZZ}/K_0R_{IN} + 1/K_0) \right). \quad (14)$$

Вираз (14) визначає абсолютну методичну похибку первинного вимірювального перетворення рівню і описує її функціональну залежність від номінальних параметрів елементів фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, темного струму фотодію, шумової складової, напруги зміщення та різниці вхідних струмів операційного підсилювача, кінцевих значень коефіцієнту передачі та вхідного опору операційного підсилювача. Перша складова виразу (14) описує адитивну складову похибки, друга – мультиплікативну.

Розглянутий вище варіант фотоелектричного перетворювача рівню рідини реалізовано на основі одного фотодію і не може бути використаний для реалізації засобу вимірювання рівню молока для переносного доїльного апарату стійлової установки. Дана обставина зумовлена тим, що фотодію, які виготовляються промислово, мають невеликі габаритні розміри і не перевищують 10 мм в діаметрі. При використанні в переносному доїльному апараті, в залежності від розміру молокоприймальної камери, необхідно вимірювати рівень молока до декількох десятків міліметрів. Пропонується реалізувати первинний вимірювальний перетворювач рівню молока для переносного доїльного апарату на основі декількох фотоелектричних перетворювачів, розглянутих вище. Схематичне конструктивне креслення такого перетворювача наведено на рис. 3, а, структурну схему засобу вимірювання рівню молока на його основі – на рис. 3, б.

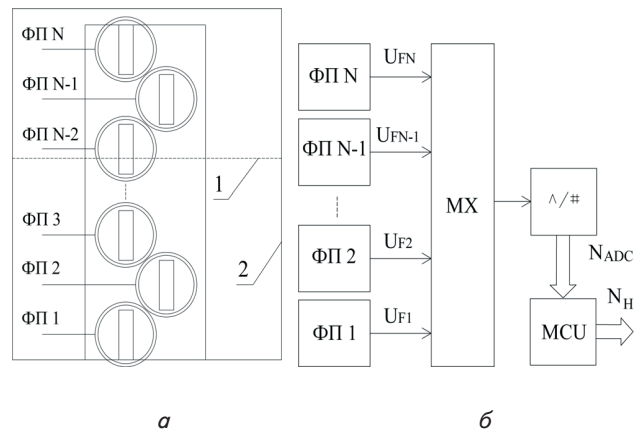


Рис. 3. Засіб вимірювання рівню молока для переносного доїльного апарату стійлової установки:

а – конструктивне креслення первинного вимірювального перетворювача рівню, б – структурна схема засобу вимірювання рівню молока, 1 – рівень молока, 2 – корпус молокоприймальної камери, ФП – фотоприймач

Первинний вимірювальний перетворювач рівню молока для переносного доїльного апарату (рис. 3, а) складається з фотоприймачів на основі пари фотодіод – операційний підсилювач. Фотодію розташовані так,

що рівень верхньої границі діафрагми кожного фотодіоду співпадає з рівнем нижньої границі діафрагми наступного фотодіоду. В результаті, в еквіваленті утворюється діафрагма висотою $N \cdot H$ та шириною D . Навпроти кожного фотодіоду знаходиться випромінювач з конденсорною лінзою для забезпечення рівномірного світлового потоку на площині фоточутливого шару.

Розглянемо принцип дії засобу вимірювання рівню молока для переносного доїльного апарату стійлової установки на основі його структурної схеми (рис. 3, б). Вихідні сигнали фотоприймачів на основі пари фотодіод-операційний підсилювач $U_{F1}, U_{F2}, U_{F3} \dots U_{FN}$ поступають на вхід мультиплексора MX , за допомогою якого здійснюється послідовне під'єднання цих сигналів до входу аналого-цифрового перетворювача $\Delta/\#$. Результат аналого-цифрового перетворення вихідного сигналу кожного фотоприймача у вигляді коду N_{ADC} передається до порта введення мікроконтролера MCU . На основі отриманих даних мікроконтролер здійснює розрахунок рівню молока і представляє результат вимірювання у вигляді коду N_H .

Встановимо функціональний зв'язок між вихідними напругами фотоприймачів та рівнем молока. Як випливає з рис. 3, а, діафрагма одного з фотоприймачів, позначимо його порядковий номер через m , частково перекрита молоком, і його вихідна напруга знаходиться в межах від ≈ 0 до максимального значення U_{FMAX} , яке буде на виході фотоприймача при повністю відкритій діафрагмі і визначається виразом

$$U_{FMAX} = IS_{10}R_{ZZ}DL/r^2. \tag{15}$$

Тоді у всіх фотоприймачів з номерами від $m+1$ до N діафрагма буде повністю відкрита, а у фотоприймачів з номерами від 1 до $m-1$ – повністю закрити. Значення m визначається програмно шляхом аналізу вихідних кодів аналого-цифрового перетворювача відповідних сигналам $U_{F1}, U_{F2}, U_{F3} \dots U_{FN}$. Таким чином, рівень молока буде визначатися сумою висот закритих діфрагм фотоприймачів з номерами від 1 до $m-1$ і рівнем закриття діафрагми m – того фотоприймача. З урахуванням (12), вираз для визначення рівню молока в приймальній камері доїльного апарату має вигляд:

$$H_M = L - \frac{U_{Fm}}{IS_{10}R_{ZZ}D/r^2} + \sum_{i=1}^{m-1} L = \sum_{i=1}^m L - \frac{U_{Fm}}{IS_{10}R_{ZZ}D/r^2}, \tag{16}$$

де U_{Fm} – вихідна напруга m -того фотоприймача.

Слід відзначити, що можливий варіант аналогового додавання вихідних сигналів фотоприймачів з подальшою аналого-цифровою обробкою отриманої суми напруг. Але таке рішення недоцільне, тому як виникне додаткова складова похибки аналогового суматора. Окрім того, у цьому випадку, складові похибки вимірювання рівню, які зумовлені темновим струмом, шумовою складовою, напругою зміщення та різницею вхідних струмів операційного підсилювача, кінцевими значеннями коефіцієнту передачі та вхідного опору операційного підсилювача збільшаться в N разів.

Визначимо абсолютну похибку вимірювання рівню молока. Припустимо, що похибка, яка зумовлена

неточністю виконання діафрагми настільки мала, що нею можна знехтувати. Тоді загальна похибка буде мати наступні складові: похибка вимірювального перетворення, яка визначається виразом (14), похибка встановлення Δ_{VS} , яка зумовлена відхиленням від вертикалі положення молокоприймальної камери доїльного апарату, коливанням поверхні молока, наявністю крапель та піни, похибка квантування аналого-цифрового перетворювача, яка визначається виразом [8]:

$$\Delta_{KV} = U_{REF}/2 \cdot (2^n - 1), \tag{17}$$

де U_{REF} – опорна напруга аналого-цифрового перетворювача; n – розрядність аналого-цифрового перетворювача. З урахуванням цього, абсолютна похибка вимірювання рівню молока визначається виразом:

$$\begin{aligned} \Delta_M = \Delta_{VS} + \Delta_{KV} + \Delta_H = & \frac{r^2}{IS_{10}R_{ZZ}D} \times \\ & \times ((\Delta IR_{ZZ} + U_{SM} + U_N)(1 + R_{ZZ}/K_0R_{IN} + 1/K_0) + \\ & + I_S R_{ZZ} (\exp(e_e U_{VD}/kT) - 1) + U_F (R_{ZZ}/K_0R_{IN} + 1/K_0)) + \\ & + \Delta_{VS} + U_{REF}/2 \cdot (2^n - 1). \end{aligned} \tag{18}$$

Розглянемо конструкцію та принцип дії молокоприймальної камери переносного доїльного апарату стійлової установки, схематичне креслення якої наведено на рис. 4.

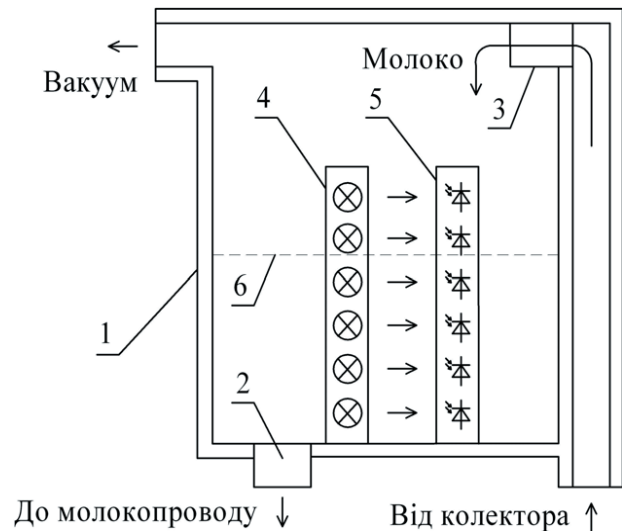


Рис. 4. Схематичне креслення молокоприймальної камери переносного доїльного апарату з фотоелектричним вимірювальним перетворювачем рівню молока: 1 – корпус камери, 2 – зливний електроклапан, 3 – піновідділювач, 4 – інфрачервоні випромінювачі, 5 – фотоприймачі, 6 – рівень молока

Під дією пульсуючого вакууму, який утворюється за допомогою пульсатора в доїльних стаканах, молоко з колектора всмоктується через піновідділювач в молокоприймальну камеру. У цій камері розташований розглянутий вище первинний вимірювальний перетворювач рівню рідини та зливний електроклапан.

В процесі доїння рівень молока в молокоприймальній камері збільшується. Після досягнення певного рівню відкривається зливний клапан і накопичене в камері молоко скидається у загальний молокопровід. В залежності від інтенсивності молоковіддачі автоматично встановлюється пороговий рівень, при якому здійснюється скидання молока. Позначимо через S_M площу дна молокоприймальної камери. Тоді об'єм i -тої порції молока визначається виразом:

$$V_{Mi} = S_M H_{Mi}, \quad (19)$$

де H_{Mi} – рівень молока в камері під перед скиданням i -тої порції.

Загальний удій тварини визначається виразом:

$$V_M = S_M \sum_{i=1}^{N_M} H_{Mi}, \quad (20)$$

де N_M – кількість порцій молока, скинутих в молокопровід на протязі часу доїння однієї тварини.

Під час видоювання тварини вимірюється поточний час. Це дає можливість визначення важливих зоотехнічних показників тварини, а саме: час доїння T_D , тривалість латентного періоду – час між початком доїння та видоюванням 200 г молока [9], інтенсивності молочного потоку на інтервалі з початку доїння до 30 с після початку доїння, на інтервалі з 30 до 60 с після початку доїння, на інтервалі з 60 до 90 с після початку доїння, миттєвого значення інтенсивності молочного потоку, середньої інтенсивності молоковиділення, яка визначається за виразом:

$$I_M = V_M / T_D = \frac{1}{T_D} S_M \sum_{i=1}^{N_M} H_{Mi}. \quad (21)$$

Використання розглянутого засобу вимірювання рівню молока для переносного доїльного апарату дозволить відмовитись від періодичних контрольних видоювань тварин з метою визначення їх середнього удою.

5. Апробація результатів досліджень

Дослідження експериментального зразка переносного доїльного апарату для стійлової доїльної установки проводилися в СТОВ “Колос”, с. Капустяни, Тростянецького району Вінницької області (Україна). Експериментальні доїння здійснювалися у групі з сорока вісьми тварин за допомогою трьох доїльних апаратів, один із яких експериментальний, а два інші – стандартні доїльні апарати УДМ.05.000 виробництва ВАТ “Брацлав” з механічним попарним пульсатором

без функції керування процесом доїння. Під час досліджень було проведено чотириста вісімдесят доїнь різних тварин у групі за допомогою експериментального зразка доїльного апарату, тобто за його допомогою видоювалась третина усіх тварин групи на протязі п'ятнадцяти ранкових та п'ятнадцяти вечірніх доїнь. Результати вимірювання удою, отримані за допомогою експериментального зразка доїльного апарату, порівнювались з результатами, отриманими за допомогою приладу для проведення контрольних доїнь ИУ-1, виробництва ВАТ “Брацлав”, які вважались дійсним значенням вимірюваної величини. В результаті досліджень встановлено, що відносна похибка вимірювання удою не перевищує 6 %, відносно середньоквадратичне значення абсолютної похибки вимірювання удою складає 2,7 %.

У відповідності критерієм згоди Пірсона [10], розподіл абсолютної похибки вимірювання удою за допомогою експериментального зразка є нормальним. Експериментально встановлене значення максимальної відносної похибки вимірювання удою за допомогою аналогічних засобів [1, 2] складає 9–15 %, в залежності від ступеню піноутворення.

6. Висновки

1. Визначено теоретичну залежність між вихідною напругою фотоприймача на основі пари фотодіод-оперативний підсилювач і освітлюваною площею фоточутливого шару фотодіоду. В результаті аналізу отриманої залежності встановлено можливість створення первинного вимірювального перетворювача рівню молока в молокоприймальній камері переносного доїльного апарату з лінійним рівнянням перетворення.

2. Запропоновано новий первинний вимірювальний перетворювач рівню і засіб вимірювання рівню молока в молокоприймальній камері переносного доїльного апарату на його основі. В результаті впровадження такого засобу вимірювання підвищується точність вимірювання удою, що підтверджено результатами експериментальних досліджень. Окрім того, за допомогою запропонованого засобу, можливе вимірювання інтенсивності молоковиділення, тривалості доїння, інших зоотехнічних параметрів тварин.

3. Отримано теоретичні залежності абсолютної методичної складової похибки первинного вимірювального перетворення рівню та абсолютної похибки вимірювання рівню від деяких зовнішніх факторів та параметрів елементів, що входять до складу первинного перетворювача та засобу вимірювання. Отримані залежності дозволять в подальшому провести теоретичне дослідження похибки вимірювання удою та інших зоотехнічних параметрів.

Література

1. Кучерук, В. Ю. Датчик інтенсивності молоковіддачі переносного доїльного апарату для стійлового молокопроводу [Текст] / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, Є. А. Паламарчук, Т. В. Гнесь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – №3. – С. 44-48.
2. Каталог продуктів і услуг ДеЛаваль [Текст], 2011. – 372 с.

3. Цой, Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм [Текст] / Ю. А. Цой. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.
4. Залманзон, Л. А. Микропроцессоры и управление потоками жидкости и газа [Текст] / Л. А. Залманзон. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
5. Аксененко, М. Д. Микроэлектронные фотоприемные устройства [Текст] / М. Д. Аксененко, М. Л. Бараночников, О. В. Смолен. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 208 с.
6. Кузьмичев, В. Е. Законы и формулы физики [Текст] / В. Е. Кузьмичев. – К.: Наукова думка, 1989. – 864 с.
7. Ишанин, Г. Г. Источники и приемники излучения [Текст]: учебное пособие для студентов оптических специальностей вузов / Г. Г. Ишанин, Э. Д. Панков, А. Л. Андреев, Г. В. Польщиков. – СПб.: Политехника, 1991. – 240 с.
8. Интегральные микросхемы: Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа [Текст] / ДОДЭКА, 1996. – 384 с.
9. Де Монмоллен, Н. Системы «человек-машина» [Текст] / Н. Де Монмоллен. – М.: Мир, 1973. – 256 с.
10. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений [Текст]: произв. изд. / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

Пропонується метод архітектурної побудови SOA (System Oriented Architectures) з застосуванням парадигми керування потоками даних. Запропоновано метод графічного зображення потоку даних та їх обробки в складній SOA архітектурі, який дозволяє компіляцію основних складових частин в програмний код та полегшує процес створення архітектури інформаційних систем та їх тестування

Ключові слова: SOA (System Oriented Architecture), потоки даних, архітектура інформаційних систем

Предлагается метод архитектурного построения SOA (System Oriented Architectures) с применением парадигмы управления потоками данных. Предложен метод графического изображения потока данных и их обработки в сложной SOA архитектуре, который позволяет компиляцию основных составных частей в программный код и облегчает процесс создания архитектуры информационных систем и их тестирования

Ключевые слова: SOA (System Oriented Architecture), потоки данных, архитектура информационных систем

УДК 004.7

ПАРАДИГМА КЕРУВАННЯ ПОТОКАМИ ДАНИХ ТА ЇХ ГРАФІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ В SYSTEM ORIENTED ARCHITECTURES

К. В. Харченко

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра системного проектування
Інститут проблем системного аналізу
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03057

1. Вступ

Дві основні парадигми обчислень конкурують у світі комп'ютерних систем – системи обчислень з керуванням потоком інструкцій (instructions control flow) та системи обчислень з керуванням потоком даних (data flow) [1]. Кожна з них має свої переваги і широко застосовувалась протягом останніх десятиліть. Проте з розвитком різноманітних підходів до інформаційних систем та широким використанням SOA актуальним стає використання парадигми обчислень з керуванням потоками даних. Такий підхід органічно відображає взаємодію компонентів SOA та полегшує процес розробки архітектури складних інформацій-

них систем, дозволяє спеціалістам в предметній галузі брати більш широку участь у розробці програмних систем. На базі парадигми керування потоків даних розроблялись і використовуються потужні комплекси програмування [2].

Використання графічного представлення архітектури інформаційних систем і програм з об'єктно-орієнтованою моделлю протягом майже двох десятиріч застосовується в UML. Такий підхід має свої переваги що до побудови архітектури об'єктно-орієнтованих систем, але часом ускладнює процес розробки і утворює громіздку внутрішню побудову часом навіть для простих взаємозв'язків між невеликою кількістю сутностей. Також стандарт UML не дозволяє створити