

В.Ю. Кучерук, д.т.н., професор

П.І. Кулаков, к.т.н., доцент

В.В. Присяжнюк, ст. викл.

Т.В. Гнесь

АНАЛІЗ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ЗАГАЛЬНОГО УДОЮ НА СТІЙЛОВОМУ МОЛОКОПРОВОДІ

Вінницький національний технічний університет, e-mail: kucheruk@mail.ru, kpi@inbox.vn.ua

В даній статті наведено результати дослідження похибки вимірювання загального удою стійлової доїльної установки за допомогою приладу ЦНС при використанні лічильників порцій молока СПМ або блоків управління дозатором молока БУДМ. Віділено та теоретично проаналізовано основні складові похибки вимірювання загального удою, визначено середньоквадратичне відхилення цієї похибки. Теоретичні розрахунки підтверджено результатами експериментальних досліджень.

Ключові слова: *стійловий молокопровід, доїльна установка, загальний удій, вимірювання загального удою.*

Вступ

В теперішній час в Україні для промислового виробництва молока використовуються два типи доїльних установок: стійлові доїльні установки, у випадку прив'язного утримання тварин, та доїльні зали, у випадку безприв'язного утримання тварин. Найбільшим виробником доїльного обладнання в Україні є ВАТ "Брацлав". Стаття стосується стійлової доїльної установки та приладів, які промислово виготовляються саме цим виробником.

Стійлові доїльні установки мають найбільше розповсюдження на території України (наприклад УДМ-200 "Брацлавчанка"). На цих доїльних установках доїння відбувається шляхом послідовного підключення двох або трьох доїльних апаратів до вакуумпровода та тварин, які вишикувані у лінію. У лінії знаходиться 20-25 тварин, кожна лінія обслуговується одним доярем. У корівнику знаходиться від чотирьох до восьми ліній. Молоко від кожної тварини потрапляє в молокопровід, після чого стікає в дозатор, який знаходиться в кінці кожної лінії. Після того як в дозаторі накопичується порція молока визначеного об'єму, спрацьовує зливний клапан і порція зливається в автоматичну мішалку або холодильну установку. Для підрахунку порцій молока, зформованих дозатором, використовується лічильник порцій молока типу СПМ, або блок управління дозатором молока типу БУДМ. Інформація про удій в кожній лінії від вищевказаних приладів передається на прилад ЦНС, за допомогою якого вимірюється загальний удій всієї установки.

Постановка задачі

При використанні стійлової доїльної установки для підрахунку порцій молока в кожній лінії використовується блок управління дозатором молока типу БУДМ або лічильник порцій молока типу СПМ. Для визначення сумарного удою на усіх доїльних лініях, використовується при-

лад ЦНС, що підключається до лінії передачі інформації паралельно до всіх приладів, встановлених на доільній установці. Типова схема підключення приладів БУДМ або СПМ до приладу ЦНС на стійловій доільній установці наведена на рис. 1.

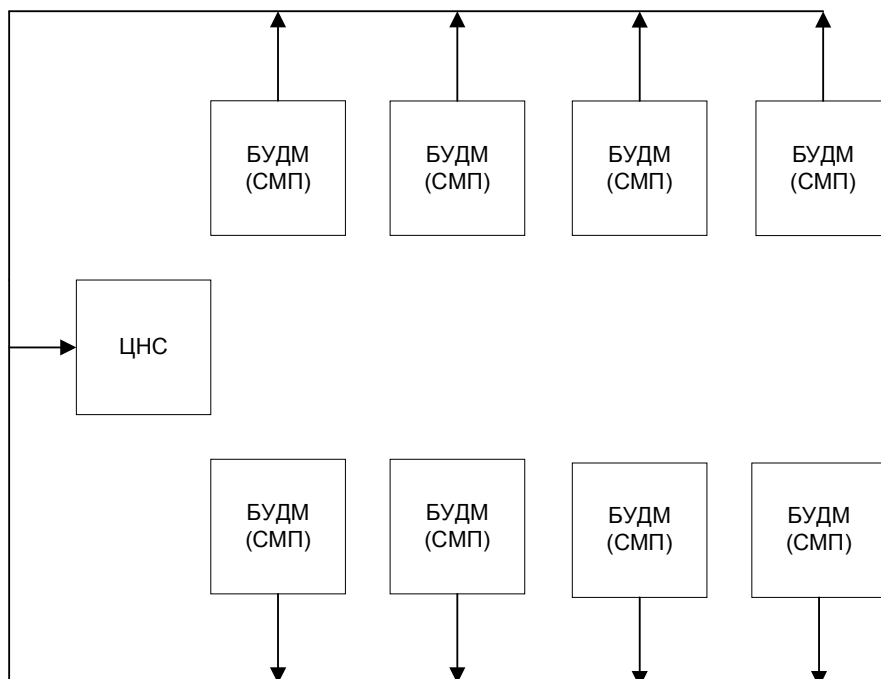


Рис. 1. Схема підключення приладів БУДМ або СПМ до приладу ЦНС

Необхідно провести аналіз похибки визначення загального удою доільної установки при використанні вищевказаних приладів, встановити її складові та фактори, які впливають на її значення, встановити доцільність використання спеціалізованих стандартних інтерфейсів, встановити доцільність використання приладу ЦНС для вимірювання загального удою доільної установки.

Рішення проблеми

Принцип визначення сумарного удою на стійловій доільній установці за допомогою вищевказаних приладів полягає в наступному. При формуванні дозатором на стійловому молокопроводі порції молока в 1 кг, відбувається інкрементація показань відповідного приладу (СПМ або БУДМ), після чого прилад формує імпульс тривалістю 1 мс, що через оптично ізольовану лінію передачі даних надходить на прилад ЦНС. ЦНС підраховує імпульси від усіх паралельно з'єднаних приладів і інкрементує показання за надходженням кожного імпульсу. Відповідно дискретність показань ЦНС складає 1 кг [1-3].

Може статися випадок, коли на прилад ЦНС одночасно надходять імпульси від декількох пристроїв. У цьому випадку відбувається їхнє накладення, що приводить до втрати вимірювальної інформації. Для зменшення впливу цього явища на результат визначення сумарного удою, лічильник ЦНС зараховує два імпульси, якщо тривалість імпульсу, що надійшов на його вхід, перевищує 1.3 мс.

Зменшити складову похибки вимірювання сумарного удою зумовлену накладанням вихідних імпульсів приладів БУДМ або СПМ можливо шляхом використання спеціалізованих інтерфейсів обміну даними (наприклад CAN або RS485), що викликає значне підвищення вартості окремого приладу, так і системи в цілому.

Тому виникає завдання аналізу похибки вимірювання загального удою доїльної установки з метою встановлення факторів, які на неї впливають, та створення рекомендацій для її зменшення.

Для дослідження факторів, що впливають на результат вимірювання загального удою, виділимо наступні складові похибки його визначення :

1. Складова, зумовлена похибкою тарування дозатора. Ця складова похибки, як було встановлено експериментально, має нормальний закон розподілу з нульовим математичним сподіванням. Закон розподілу цієї похибки визначається виразом

$$p(\Delta_s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} \exp\left(-\frac{\Delta_s^2}{2\sigma_s^2}\right), \quad (1)$$

де Δ_s - абсолютна похибка тарування дозатора;

σ_s - середньоквадратичне відхилення похибки тарування дозатора (експериментальним шляхом було встановлено, що σ_s змінюється в межах від 0 до 100 г, що відповідає відносному середньоквадратичному значенню похибки визначення удою від 0 до 10 %).

2. Складова похибки, зумовлена накладанням імпульсів від різних приладів. При інтенсивному доїнні частота спрацьовування дозатора не перевищує одного разу в десять секунд. З цього випливає, що частота інформаційних імпульсів на виході кожного з пристроїв не перевищує 0.1 Гц, а їх шпаруватість дорівнює 10000, тому як тривалість вихідного інформаційного імпульсу БУДМ або СПМ складає $t_i = 1$ мс. При використанні максимально можливих вісьми паралельно підключених приладів СПМ або БУДМ частота інформаційних імпульсів на вході приладу ЦНС не перевищує $f_i = 0.8$ Гц.

Для дослідження цієї складової будемо розглядати тільки накладення двох імпульсів, тому що імовірність накладення трьох і більш імпульсів дуже мала внаслідок їх високої шпаруватості.

Закон розподілу появи інформативного імпульсу на виході приладу СПМ або БУДМ є рівномірним. Виходячи з цього, імовірність його появи в довільний момент часу на інтервалі між двома сусідніми імпульсами тривалістю T складає

$$p_n = t_i / T \quad (2)$$

Тоді імовірність збігу двох незалежних імпульсів при одночасній роботі n приладів складає [4]:

$$p_H = n \cdot p_i^2 = n \cdot (t_i / T)^2 \quad (3)$$

Для нашого випадку $n = 8$, $t_i = 1$ мс, $T = 10$ с. В результаті розрахунку за виразом (3) отримуємо $p_H = 8 \cdot 10^{-8}$. Даний розрахунок свідчить про те, що імовірність накладення двох інформаційних імпульсів надзвичайно мала, відповідно втрата вимірювальної інформації про загальний удій стійлової установки внаслідок накладання інформаційних імпульсів теж надзвичайно мала.

Слід зазначити, що розглядається найгірший випадок. У реальній ситуації прийнята у розрахунках інтенсивність доїння протягом всього часу роботи доїльної установки неможлива. Тому похибка визначення кількості удою, зумовлена цим фактором, буде значно менше. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що дану складову похибки вимірювання загального удою в подальшому можна не враховувати і використання спеціалізованих стандартних інтерфейсів в даному випадку економічно недоцільне.

3. Суб'єктивна складова похибки визначення удою. У деяких випадках при закінченні доїння лінії тварин дозатор є частково заповненим, і обслуговуючий персонал примусово відкриває зливний клапан дозатора. Це приводить до виникнення цієї складової похибки. Кількість не зарахованого у цьому випадку молока дуже мала у порівнянні з загальним удоєм. Тому у подальшому цю складову похибки не будемо враховувати.

4. Складову похибки визначення удою, зумовлену накопиченням молочного каменю на стінках дозатора та у зливному клапані. Внаслідок того, що за регламентом доїння відбувається регулярна промивка системи, дана складову похибки дуже мала в порівнянні з іншими складовими. Тому в подальших розрахунках враховувати її не має сенсу.

5. Складову похибки визначення удою, зумовлену перешкодами в лінії передачі даних. Прилади працюють у досить складній електромагнітній обстановці (потужний електродвигун вакуум-насосу, нагрівач і т.і.), що неминуче приводить до виникнення електромагнітних перешкод, які різним шляхом можуть попадати в лінію передачі даних.

Програма, під управлінням якої працює мікроконтролер приладу ЦНС, аналізує тривалість вхідного імпульсу і зараховує один імпульс, якщо він має тривалість більше 0.9 мс, і два імпульсу, якщо вхідний імпульс має тривалість більшу 1.3 мс. Окрім того, для передавання даних використовується оптично ізольована лінія зв'язку, яка нечутлива до синфазних завад. Ці два технічні рішення дозволяють значно підвищити завадостійкість передавання даних. При експериментальних дослідженнях приладів взагалі не спостерігалося виникнення цієї складової, хоча в певних умовах вона може виникати. Виходячи з вищесказаного, в подальших розрахунках цю складову враховувати не будемо.

Таким чином, виділено п'ять основних складових похибки вимірювання загального удою при використанні приладів БУДМ або СПМ, та ЦНС. Чотири з них малі в порівнянні з домінуючою складовою, яка зумовлена таруванням дозатора, тому їхнім внеском у результуючу похибку можна знехтувати.

Експериментальні дослідження похибки вимірювання загального удою проводилися у господарстві "Артеміда", с.м.т. Калинівка Вінницького району Вінницької області. У господарстві було встановлено 8 приладів СПМ і прилад ЦНС. В результаті експерименту встановлено, що по-

хибка вимірювання загального удою складає 3-7 %, що збігається з результатами теоретичних розрахунків.

Висновки :

1. Домінуючою складовою похибки вимірювання загального удою стійлової доїльної установки при використанні приладів БУДМ, СПМ, ЦНС є складова, зумовлена таруванням дозатора молока. Вплив інших складових на результуючу похибку набагато менший.
2. Складова похибки вимірювання загального удою, зумовлена накладенням інформаційних імпульсів від різних приладів не має домінуючого впливу на результуючу похибку, виходячи з цього застосування спеціалізованих інтерфейсів обміну даними економічно недоцільне.
3. Прилад ЦНС не можна використовувати для вимірювання загальної кількості удою. Але він може використовуватись для оперативної оцінки кількості удою в будь-який момент часу протягом доїння і для спостереження динаміки доїння. Для вимірювання загального удою при відвантаженні молока необхідно використовувати ваги або мірну лінійку.

Список літератури

1. Лічильник порцій молока СПМ-02. Паспорт, технічний опис і інструкція з експлуатації. – Брацлав, 2007. – 16 с.
2. Блок управління дозатором молока БУДМ-01. Паспорт, технічний опис і інструкція з експлуатації. – Брацлав, 2012. – 16 с.
3. Лічильник загального удою ЦНС-02. Паспорт, технічний опис і інструкція з експлуатації. – Брацлав, 2006. – 16 с.
4. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.