

---

---

## ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

---

---

УДК 681.586

П. І. КУЛАКОВ<sup>1</sup>

### ЧЕСАЛЬНА УСТАНОВКА З СИСТЕМОЮ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ПАРАМЕТРІВ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ

<sup>1</sup>*Вінницький національний технічний університет,  
21021, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна,  
Тел: 0432-59-86-72*

**Анотація.** У статті наведено результати розробки чесальної установки для тварин з системою радіочастотної ідентифікації та фотоелектричним перетворювачем параметрів обертального руху. Впровадження системи радіочастотної ідентифікації дозволяє визначати середню інтенсивність користування установкою конкретною твариною з метою непрямої оцінки її стану. Використання єдиного фотоелектричного перетворювача параметрів обертального руху дозволяє реалізувати функцію аварійного блокування електродвигуна та забезпечення рівномірного обертання щітки в обох напрямках.

**Ключові слова :** чесальна установка, фотоелектричний перетворювач, радіочастотна ідентифікація, тваринницька ферма.

**Аннотация.** В статье приведены результаты разработки чесальной установки для животных с системой радиочастотной идентификации и фотоэлектрическим преобразователем параметров вращательного движения. Внедрение системы радиочастотной идентификации позволяет определить среднюю интенсивность использования установки конкретным животным с целью не прямой оценки его состояния. Использование единого фотоэлектрического преобразователя параметров вращательного движения позволяет реализовать функцию аварийного блокирования электродвигателя и обеспечения равномерного вращения щетки в обоих направлениях.

**Ключевые слова:** чесальная установка, фотоэлектрический преобразователь, радиочастотная идентификация, животноводческая ферма.

**Abstract.** The paper presents the results of carding systems development for animals with radio frequency identification system and a photoelectric converter parameters of rotational motion. The implementation of RFID system makes it possible to determine the average intensity of system using for specific animals to indirect assessment of its condition. Using a single photoelectric converter of rotational motion parameters allows to block the motor function of an emergency and provide a uniform rotation of the brush in both directions.

**Keywords:** carding plant, a photoelectric converter, radyochastotnaya identification, animal farm.

#### ВСТУП

У теперішній час відомі три концепції утримання тварин у молочних господарствах [1]. Перша концепція полягає в тому, що людина визначає, коли тварина повинна харчуватися та доїтися. Ця концепція реалізована у прив'язному способі утримання тварин з використанням стійлової доїльної установки. Суть другої концепції полягає в тому, що тварина визначає, коли їй харчуватися, а людина визначає, коли їй доїтися. Реалізується ця концепція при безприв'язному утриманні тварин та доїнні у різноманітних доїльних залах. Третя концепція полягає в тому, що тварина визначає, коли їй потрібно харчуватися та доїтися. Ця концепція також реалізується при безприв'язному утриманні тварин та доїнні, за допомогою доїльних роботів. При безприв'язному утриманні, який є найбільш перспективним способом утримання, тварини вільно переміщуються у певній зоні корівника. При прив'язному утриманні вільне переміщення тварин у корівнику неможливе. Саме тому чесальні установки широко використовуються у сучасних доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм при безприв'язному утриманні тварин. Вони забезпечують підвищення комфорту тварини, збільшують середній добовий удій, зменшують стресовий стан тварини, зменшують втрати на лікування тварин та ремонт стійлового обладнання. Окрім того, правильне розташування чесальних установок, допомагає організувати

оптимальний рух тварин у корівнику і сприяє їх природній поведінці. Виходячи з цього, чесальні установки є важливим елементом сучасного корівника з безприв'язним утриманням тварин, відповідно їх подальший розвиток, покращення їх технічних характеристик, збільшення функціональності, є важливим та актуальним завданням.

### ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

До сучасних чесальних установок висувається ряд технічних вимог, які полягають в наступному [2]. Чесальна установка повинна вмикатись автоматично, коли тварина входить в її робочу зону. Щітка чесальної установки повинна рівномірно обертатись в обох напрямках для запобігання загинання її ворсу в одному напрямку, що значно підвищує строк експлуатації щітки. Особлива вимога до чесальних установок — їх безпечність: вони повинні мати блокувальну систему для електродвигуна у разі, якщо хвіст тварини намотався на щітку. Інтенсивність використання конкретною твариною чесальної установки непрямо свідчить про її стан. Так, якщо тварина використовує установку частіше, ніж зазвичай, це може свідчити про наявність в неї шкірних захворювань або паразитів. Якщо інтенсивність використання установки знизилася, це може свідчити про погане самопочуття тварини [3]. Виходячи з цього, необхідно створити чесальну установку для тварин з можливістю визначення середньої інтенсивності її використання конкретною твариною. Окрім того, вимірювання параметрів обертального руху щітки, необхідних для реалізації функції аварійного блокування електродвигуна та забезпечення рівномірного обертання щітки в обох напрямках, доцільно реалізувати за допомогою єдиного вимірювального перетворювача параметрів обертального руху з метою спрощення конструкції установки і підвищення її надійності.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На рис. 1 наведено структурну схему розробленої чесальної установки з системою радіочастотної ідентифікації та фотоелектричним перетворювачем параметрів обертального руху.

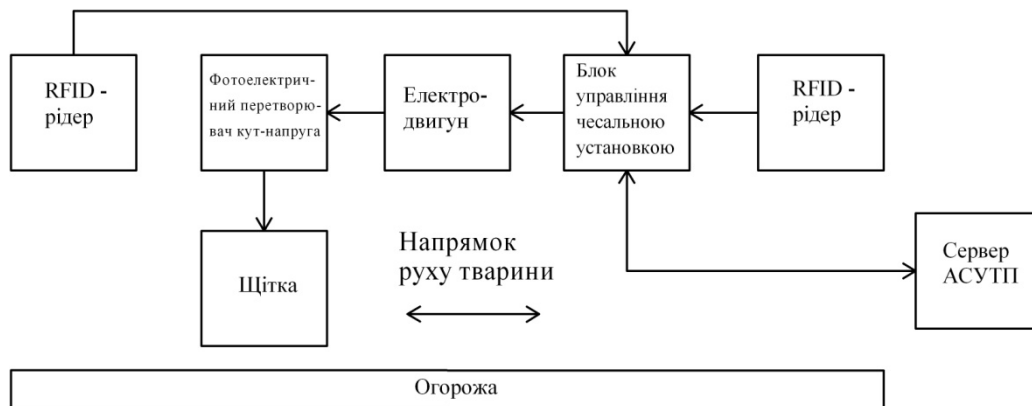


Рис. 1. Структурна схема чесальної установки з системою радіочастотної ідентифікації та фотоелектричним перетворювачем параметрів обертального руху

Принцип дії розробленої чесальної установки полягає в наступному. Система радіочастотної ідентифікації тварин [4], яка входить до складу чесальної установки, обладнана двома RFID — рідерами великого радіусу дії. Транспондер закріплюється у вусі або на нозі тварини. Коли тварина входить в робочу зону чесальної установки, транспондер попадає в зону індукції рідера, в результаті чого зчитується його код і передається до блоку управління чесальною установкою. Наявність двох рідерів необхідна для того, щоб транспондер попадав в зону індукції рідера незалежно від напрямку руху тварини. Зчитування коду транспондера є ознакою того, що тварина знаходиться в робочій зоні чесальної установки. За надходженням коду транспондера від одного з рідерів, блок управління чесальною установкою формує команду увімкнення електродвигуна, який забезпечує обертальний рух щітки. В сучасних системах радіочастотної ідентифікації тварин [5], зчитування коду транспондера здійснюється автоматично і періодично до тих пір, поки транспондер знаходиться в зоні індукції рідера. Після виходу тварини з робочої зони установки, блок управління чесальною установкою здійснює передачу унікального коду транспондера тварини та інформацію про тривалість її знаходження на установці до серверу автоматичної системи управління технологічним процесом (АСУТП). За допомогою програмного забезпечення, яке знаходиться на сервері АСУТП, проводиться облік часу та кількості випадків користування конкретною твариною чесальної установки. У випадку значного

відхилення цих параметрів від норми формується відповідне повідомлення обслуговуючому персоналу ферми, після чого визначена тварина досліджується ветеринаром. Слід відзначити, що чесальна установка є однією з складових частин АСУТП ферми, до якої також входять засоби радіочастотної ідентифікації тварин у доїльних станках, блоки управління доїнням, засоби розколу потоків тварин та інші технічні засоби.

Для забезпечення процесу роботи чесальної установки необхідно здійснювати вимірювання параметрів обертального руху щітки, які необхідні для реалізації функції аварійного блокування електродвигуна та забезпечення рівномірного обертання щітки в обох напрямках. З метою спрощення конструкції розробленої установки і підвищення її надійності вимірювання усіх необхідних параметрів обертального руху щітки здійснюється за допомогою єдиного фотоелектричного вимірювального перетворювача параметрів обертального руху, принцип дії якого полягає в наступному. До складу вищевказаного фотоелектричного перетворювача входить фотоприймач на основі пари фотодіод — операційний підсилювач. На рис. 2, а наведено електричну принципову схему такого фотоприймача, а на рис. 2, б — його еквівалентну схему.

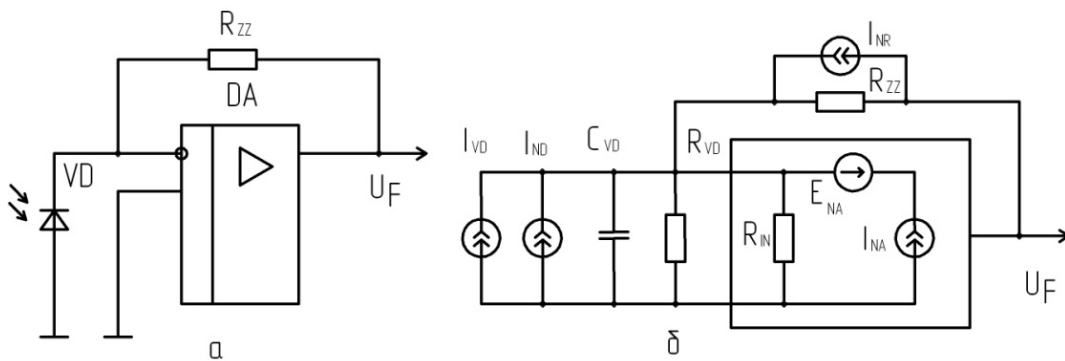


Рис. 2. Фотоприймач на основі пари фотодіод-операційний підсилювач

У роботі [6] розглянуто можливість використання такого фотоприймача для реалізації вимірювального перетворення площа — напруга і встановлено, що залежність вихідної напруги цього фотоприймача від площі фоточутливого шару фотодіоду, що освітлюється, визначається виразом

$$U_F = \frac{R_{ZZ} I_S I_{I0}}{\left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}\right) r^2 \sqrt{1 + (\Omega \tau_{VD})^2}} S - \frac{I_S R_{ZZ} \left(\exp\left(\frac{e_e U_{VD}}{kT}\right) - 1\right)}{1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0}} + \Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N, \quad (1)$$

де  $S_{I0}$  — інтегральна струмова чутливість фотодіоду при немодульованому опроміненні;  $\Omega$  — циклічна частота модуляції потоку опромінення;  $\tau_{VD}$  — постійна часу фотодіоду;  $T$  — абсолютна температура;  $k$  — постійна Больцмана;  $e_e$  — заряд електрону;  $U_{VD}$  — падіння напруги на фотодіоді;  $I_S$  — темновий струм фотодіоду;  $r$  — відстань від джерела світла до поверхні, що освітлюється;  $I$  — сила світла;  $S$  — площа фоточутливого шару фотоприймача, що освітлюється;  $K_0$  — коефіцієнт передачі операційного підсилювача;  $R_{IN}$  — вхідний опір операційного підсилювача;  $U_{SM}$  — напруга зміщення нуля операційного підсилювача;  $\Delta I$  — різниця вхідних струмів операційного підсилювача;  $R_{ZZ}$  — опір в колі зворотнього зв'язку операційного підсилювача;  $U_N$  — напруга шуму на виході фотоприймача.

У роботі [6] також доведено, що при немодульованому випроміненні, якщо знехтувати впливом темного струму, шумовими складовими, напругою зміщення та різницею вхідних струмів операційного підсилювача, кінцевими значеннями коефіцієнту передачі та вхідного опору операційного підсилювача, вираз (1) прийме вигляд

$$U_F = \frac{I}{r^2} S_{I0} R_{ZZ} S . \quad (2)$$

З виразу (2) випливає, що вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач прямо пропорційна площі фоточутливого шару фотодіоду, що освітлюється.

Розглянемо фотоелектричний вимірювальний перетворювач параметрів обертального руху на основі пари фотодіод-операційний підсилювач, креслення якого наведено на рис. 3.

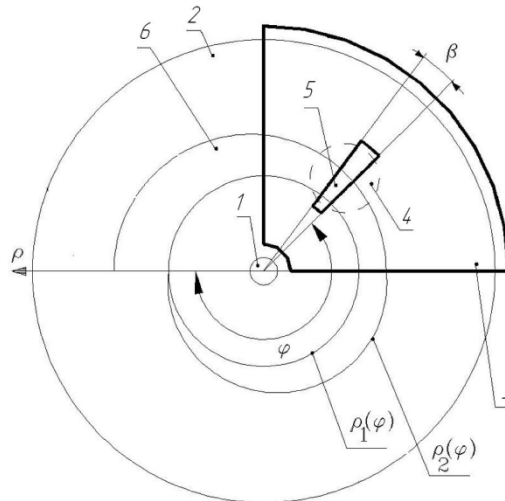


Рис. 3. Фотоелектричний вимірювальний перетворювач параметрів обертального руху:

1 — вал електродвигуна, 2 — модулятор, 3 — діафрагма, 4 — фотоприймач,  
5 — прорізь діафрагми, 6 — прорізь модулятора

Фотоелектричний перетворювач має вал 1, на який насаджено модулятор 2, за яким знаходиться діафрагма 3. За діафрагмою знаходиться фотоприймач 4, діафрагма має прорізь 5, форма якої обмежена концентричними колами, центр яких співпадає з центром модулятора та проміннями, які починаються в центрі модулятора, кут між якими дорівнює  $\beta$ . Модулятор має прорізь 6, форма якої обмежена кривими  $\rho_1(\varphi)$  та  $\rho_2(\varphi)$ , вирази для яких у полярних координатах відносно вісі  $\rho$ , з полюсом, який співпадає з центром модулятора

$$\rho_1(\varphi) = R_0 , \quad (3)$$

$$\rho_2(\varphi) = \sqrt{R_0^2 + a\varphi} , \quad (4)$$

де  $a$  — постійний коефіцієнт, який визначає геометричні розміри прорізі;  $\varphi$  — кут повороту модулятора відносно діафрагми;  $R_0$  — радіус кола  $\rho_1(\varphi)$ .

В діапазоні значень кута повороту  $\varphi \in [0, 2\pi - \beta)$ , залежність площі фоточутливого шару фотоприймача, що освітлюється, від кута повороту, описується виразом :

$$S = a \frac{\beta}{2} \varphi + a \frac{\beta^2}{4} . \quad (5)$$

Підставивши (5) у (2), отримуємо вираз, який зв'язує вихідну напругу фотоприймача з кутом повороту  $\varphi$

$$U_F = \frac{I}{r^2} S_{I0} R_{ZZ} a \frac{\beta}{2} \varphi + \frac{I}{r^2} S_{I0} R_{ZZ} a \frac{\beta^2}{4} . \quad (6)$$

З виразу (6) знаходимо вимірне значення кута повороту

$$\varphi = \frac{U_F}{\frac{I}{r^2} S_{I0} R_{ZZ} a \frac{\beta}{2}} - \frac{\beta}{2}. \quad (7)$$

Кутова швидкість обертання щітки визначається як перша похідна кута повороту за часом

$$\omega = \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{2r^2}{I S_{I0} R_{ZZ} a \beta} \cdot \frac{\partial U_F}{\partial t}. \quad (8)$$

У нормальному режимі роботи електричний двигун чесальної установки працює без суттєвих перевантажень, відповідно  $\omega \approx \text{const}$ . Якщо виникає аварійна ситуація, наприклад на щітку намотується хвіст тварини, кутова швидкість знижується нижче мінімально допустимого значення  $\omega_{MIN}$ . У цьому випадку блок управління чесальною установкою вимикає електродвигун та формує аварійний сигнал, на який має відреагувати обслуговуючий персонал ферми.

На рис. 4 наведено часові діаграми вихідної напруги фотоелектричного вимірювального перетворювача параметрів обертального руху при постійній кутовій швидкості обертання щітки.

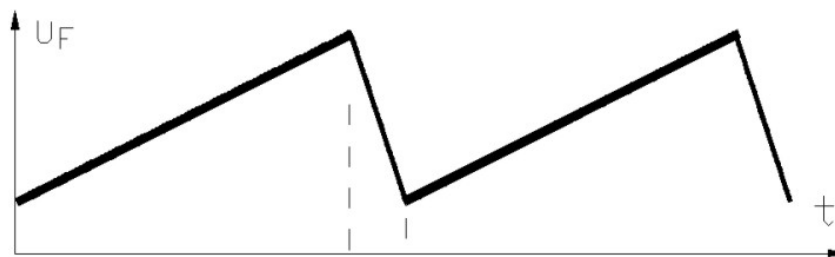


Рис. 4. Часові діаграми роботи фотоелектричного вимірювального перетворювача параметрів обертального руху

Як слідує з рис. 4 та виразу (6), за один оберт щітки формується один імпульс пілкоподібної напруги, який має два фронти. Один із фронтів має більшу тривалість і відповідає повороту щітки на кут  $\varphi \in [0, 2\pi - \beta)$ . Цей фронт в даному випадку є інформативним і використовується для визначення параметрів обертального руху. Інший фронт має меншу тривалість, відповідає повороту щітки на кут  $\varphi \in [2\pi - \beta, 2\pi)$ , і для визначення параметрів обертального руху не використовується.

Внаслідок того, що кількість імпульсів вихідного сигналу фотоелектричного вимірювального перетворювача кута повороту дорівнює кількості обертів щітки, а знак першої похідної інформативного фронту цього імпульса визначає напрям обертання, нескладно забезпечити рівномірне обертання щітки в обох напрямках. Для цього на початку роботи за допомогою блока управління чесальною установкою встановлюється довільний напрям обертання щітки, після чого підраховується певна кількість обертів у цьому напрямку. Після цього напрям обертання змінюється на протилежний. Цей процес виконується циклічно на протязі усього часу роботи чесальної установки.

## ВИСНОВКИ

Розроблено чесальну установку для тваринницьких ферм з інтегрованою системою радіочастотної ідентифікації та фотоелектричним перетворювачем параметрів обертального руху. Впровадження системи радіочастотної ідентифікації дозволило визначити середню інтенсивність користування установкою конкретною твариною з метою непрямої оцінки її стану. Наявність в системі радіочастотної ідентифікації двох RFID — рідерів великого радіусу дії забезпечує попадання транспондера в зону індукції рідера незалежно від напрямку руху тварини. Використання єдиного фотоелектричного перетворювача параметрів обертального руху забезпечило реалізацію функції аварійного блокування електродвигуна та забезпечення рівномірного обертання щітки в обох напрямках.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Н. Schon, Н. Pirkelman. Automatisches melken (AMS) KTBL — Schriften — Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup, Darmstadt, 2002.
2. Каталог продуктів и услуг ДеЛаваль, 2011 — 372 с.
3. Цой Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих

- ферм. — М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. — 424 с.
4. Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І. Двоконтурна система радіочастотної ідентифікації тварин / Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, № 2(47), 2014, Хмельницький. — С. 140—144.
  5. ISO 11784/85. Radio frequency identification of animals. // <http://www.iso.org>
  6. Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В., Блохін Ю. Є. Фотоелектричне вимірювальне перетворення площа-напруга / Міжнародний науково-технічний журнал «Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології», № 1(27). — 2014, Вінниця, С. 139—145.

Надійшла до редакції 7.09.2014 р.

**КУЛАКОВ ПАВЛО ІГОРОВИЧ** — кандидат технічних наук, доцент кафедри метрології та промислової автоматики, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, E-mail:[kpi@inbox.vn.ua](mailto:kpi@inbox.vn.ua)