

УДК 631:363:637.116

О.В. Коновалов

ст. викладач

О.В. Медведський

асистент

В.В. Шапіренко

студент

Житомирський національний агроекологічний університет

Рецензент – член редколегії «Вісник ЖНАЕУ» д.т.н. Лось Л.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ВАКУУМЕТРИЧНОГО ТИСКУ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

Досліджена автоматична система регулювання вакууметричного тиску у вакуум-провідній системі під час доїння корів шляхом адаптивної зміни продуктивності вакуумного насоса доїльної установки.

Постановка проблеми

Машинне доїння корів – складний біотехнологічний процес, головна мета якого полягає не тільки в тому, щоб досить швидко, достатньо повно вивести утворене у вимені корови молоко, але й створити належні умови для подальшої його секреції та сприяти підвищенню продуктивності тварин.

В свою чергу, для забезпечення ефективного доїння недостатньо мати бажані технологічні показники доїльних установок, такі як експлуатаційна продуктивність, робочий вакууметричний тиск, затрати праці, енергомісткість процесу доїння тощо. Не менш важливим є забезпечення оптимальних режимних характеристик вакуумних систем під час доїння.

Дослідженнями вчених [1, 2] встановлено, що систематичні коливання вакууму в піддійковому просторі доїльних стаканів в межах 9,9–20 кПа викликає зниження надоїв корів на 1,9–2,5 % і зменшення швидкості доїння на 0,06–1,5 л/хв. При зниженні швидкості доїння дійки корови значно довше будуть знаходитись під впливом механічних навантажень, що підвищує ймовірність їх травмування, у 2–2,5 рази частіше спостерігається у тварин захворювання вимені.

Так на лінійних доїльних установках в процесі доїння [1, 2] вакууметричний тиск під діями зменшується на 28 кПа. За таких умов швидкість доїння знижується на 12,8 %, а молочна продуктивність корів – на 4,4 %, збільшуються випадки захворювання корів на мастит.

Окрім негативного впливу на організм худоби, нестабільний вакуум призводить до так званого ефекту “балонізації” дійкової гуми, що є причиною “наповзання” доїльних стаканів на дійки вимені. Внаслідок цього відбувається

гальмування процесу доїння, а втрати молока від недодоювання можуть сягнути 1/4 фактичної продуктивності корови [1, 4].

Отже, резервом підвищення продуктивності та збереження здоров'я тварин є забезпечення стабільного вакуумметричного тиску. Встановлено [1, 2], що за таких умов у тварин формується стабільний стереотип зовнішніх подразнень, які сприяють збільшенню швидкості доїння, та посилюються природні захисні функції організму корови.

Таким чином, основним критерієм оцінки якості функціонування вакуумних систем доїльних установок можна вважати забезпечення стабільності величини вакуумметричного тиску в системі під час доїння корів.

На сучасному етапі розвитку доїльної техніки дана проблема реалізується шляхом достатнього запасу продуктивності вакуумного насосу в поєднанні з гравітаційними або мембранними регуляторними системами. На жаль, така класична схема регулювання не забезпечує оптимальне співвідношення між витратами повітря системою та вакуумметричним тиском під час роботи доїльних апаратів.

Аналіз останніх досліджень

Відомо, що система стабілізування вакуумметричного тиску в системі повинна задовольняти наступні параметри: статичну помилку не більше $\pm 2,5\%$; динамічну помилку не більше 10% ; час регулювання не більше 5 с ; діапазон зміни витрати повітря в доїльній установці від $0,1$ до $1,1$ номінальної продуктивності; частоту зміни навантаження не більше $0,03\text{ Гц}$; максимальне миттєве збільшення навантаження не більше 30% номінальної продуктивності [1–4]. Встановлено, що звичайні вакуум-регулятори дросельного типу не в змозі забезпечити перераховані вимоги, тому виникає необхідність в пошуку нових схем стабілізування вакуумметричного тиску в системі.

Об'єкт та методика досліджень

Одним із перспективних напрямків стабілізування вакууму є оперативне регулювання продуктивності вакуумного насосу залежно від вакуумметричного тиску. Оскільки реалізувати це можливо шляхом зміни частоти обертання ротора вакуумного насосу, необхідно дослідити систему, яка б автоматично змінювала оберти електродвигуна залежно від зміни вакуумметричного тиску в доїльній установці. Структурна схема системи автоматичного регулювання (САР) вакууму в вакуумних системах доїльних установок наведена на рисунку 1.

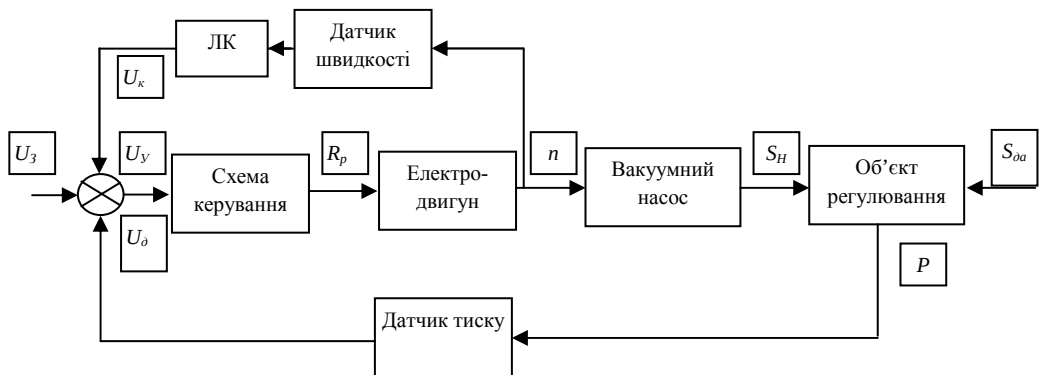


Рис. 1. Блок-схема САР величини вакуумметричного тиску:

S_{da} – витрата повітря доїльними апаратами, збурюючий вплив;
 S_n – швидкодія вакуумного насосу, регулюючий вплив; n – частота обертання ротора вакуумного насосу; R_p – опір в колі ротора електродвигуна; U_y – напруга керування; U_3 – напруга сигналу задавального пристрою, тобто сигнал, що пропорційний заданому вакууму; U_o – напруга сигналу датчика тиску;
 U_k – напруга сигналу коректування; P – абсолютний тиск повітря в системі, контрольована величина; $ЛК$ – ланка коректування

Розглянемо вакуумну системи об'ємом $0,05 \text{ м}^3$, до складу якої входить вакуумний насос УВУ-60, що приводиться в дію від електродвигуна з активним опором в колі випрямленого струму ротора 10 Ом. Датчиком тиску є сільфонний вакуумметр з реостатним виходом.

Методика проведення досліджень передбачає низку припущень:

- об'єкт регулювання (вакуумна магістраль) поданий у вигляді двох послідовно з'єднаних ланок – емпіричної та з заданим запізненням;
- імпульсна система керування замінена еквівалентною системою підсилювача постійного струму;
- постійні часу реостатного вакуумного датчика прийняті рівними нулю, оскільки їх значення значно нижчі, порівняно із постійними часу решти елементів системи.

Результати досліджень

За результатами теоретичних досліджень була створена математична модель поведінки системи автоматичного регулювання запропонованої схеми:

$$W = \frac{K_c (T_{noc} + 1)}{(T_o + 1)[(T_e + 1)(T_m + 1)(T_{noc} + 1) - 1]},$$

де K_c – коефіцієнт передачі розімкненого прямого каналу САР;

$T_{пост.}$ – величина постійної часу зворотного зв'язку, в нашому випадку – оптимальне значення $T_{пост.} = 1,5$ с;

T_0 – постійна часу об'єкта регулювання;

$T_{ел.}$ – електромагнітна постійна часу електродвигуна;

$T_{ем}$ – електромеханічна постійна часу електродвигуна.

На основі отриманої математичної моделі, а також використовуючи метод речовинних частотних характеристик замкненої системи, побудуємо графічну залежність перехідних процесів САР (рис. 2).

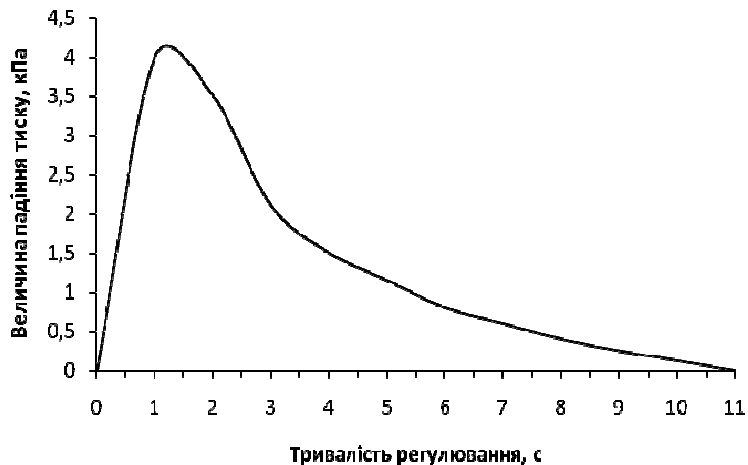


Рис. 2. Характеристика перехідних процесів

Принципова схема САР вакууму на доїльних установках шляхом зміни частоти обертання вакуумного насосу за допомогою асинхронного електродвигуна з імпульсним керуванням в колі випрямленого струму ротора зображена на рисунку 3.

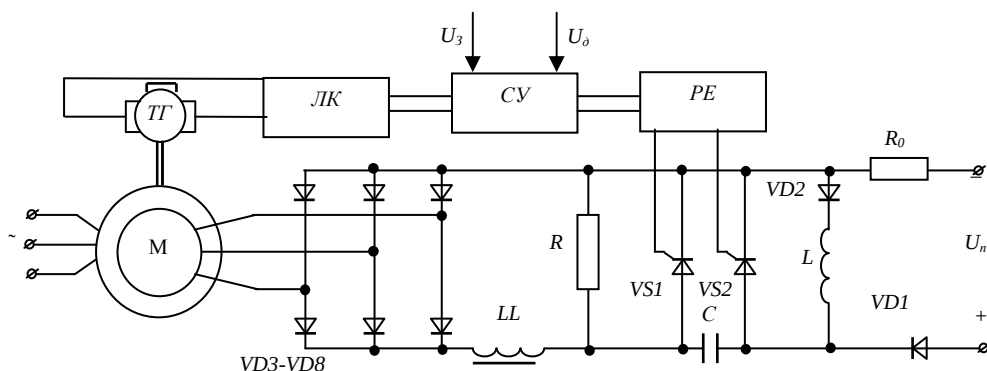


Рис. 3. Принципова схема САР:

M – асинхронний електродвигун з фазним ротором; *ТГ* – тахогенератор;
PE – релейний елемент; *CV* – суматор; *ЛК* – ланка коректування;
 U_3 – задавальний сигнал; U_0 – сигнал датчика тиску; U_n – джерело живлення;
R – активний опір в колі випрямленого струму ротора електродвигуна;
C – конденсатор; *VS1–VS2* – тиристори; *VD1–VD8* – діоди; *L* – індуктивність;
LL – дросель обмеження струму; R_0 – опір обмеження струму

Регулювання здійснюється за рахунок зміни активного опору в колі струму ротора електродвигуна пропорційно витраті повітря у вакуум-проводі доїльної установки. На вхід *CV* надходять сигнали ланки корекції, напруги задавального пристрою та датчика тиску. Вихідна напруга *CV*, що пропорційна різниці цих сигналів, подається на вхід *PE*, керованого тиристорами *VS1–VS2*, які комутують активний опір в колі ротора електродвигуна *M*. Зміна часу замкненого стану опору в колі ротора пропорційна розбалансу сумуючих сигналів, що залежить від величини вакууму, забезпечує регулювання частоти обертання ротора вакуумного насосу і стабілізування вакууму в доїльній установці.

Висновки

Порівняно з гравітаційними та дросельними вакуумними регуляторами, автоматична система регулювання продуктивності вакуумного насосу забезпечує необхідну швидкодію стабілізації вакуумметричного тиску, а тому зникає потреба в потужних вакуумних установках.

Перспективи подальших досліджень

Виникає необхідність в проведенні експериментальних досліджень щодо виявлення основних регуляторних характеристик відповідно до техніко-технологічних параметрів доїльних установок. Результати вказаних досліджень дадуть можливість диференційованого підходу до різнотипного доїльного обладнання.

Література

1. *Карташов Л.П.* Машинное доение коров / *А.П. Карташов.* – М. : Колос, 1982. – 301 с.
2. *Оберемченко А.И.* О стабильности вакуумного режима доильных установок / *А.И. Оберемченко, Н.А. Яковенко* // Животноводство. – 1986. – № 3. – С. 60–61.
3. *Ракецкий П.П.* Влияние различных режимов работы доильных аппаратов на молокоотдачу и физиологическое состояние молочной железы коров : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / *П.П. Ракецкий.* – Жодино, 1979. – 27 с.
4. *Семенов Ю.П.* Анализ работы вакуумно-молочных систем доильных установок и пути их совершенствования / *Ю.П. Семенов* // Совершенствование сельскохозяйственной техники, применяемой в животноводстве : труды Горьковского СХИ. – Т. 141. – Горький, 1980. – 120 с.
5. *Соколов М.М.* Асинхронный электропривод с импульсным управлением в цепи выпрямленного тока ротора / *М.М. Соколов, П.Е. Данилов.* – М. : Энергия, 1972. – 172 с.
6. *Бесекерский В.А.* Теория систем автоматического регулирования / *В.А. Бесекерский, Е.П. Попов.* – М. : Наука, 1972. – 768 с.
7. *Подлесный Н.И.* Элементы систем автоматического управления и контроля / *Н.И. Подлесный, В.Г. Рубанов.* – К. : Вища школа, 1982. – 477 с.