

МОДЕЛЮВАННЯ ІНДИКАТОРНОЇ ДІАГРАМИ ПНЕВМОЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПУЛЬСАТОРА З КЕРУЮЧОЮ КАМЕРОЮ

к.т.н. В. Дмитрів, Ю. Лаврик

Львівський національний аграрний університет

Аналіз проблеми. Використання автоматизованих доїльних установок ставить високі вимоги до основних робочих органів доїльного апарата. Розвиток та впровадження автоматизованого доїння обмежується використанням пневмомембранних пульсаторів. Доїльні апарати, обладнані такими генераторами змінного вакуумметричного тиску, унеможливають адаптивне доїння, що є основним чинником підвищення продуктивності корів та виключення неробочого доїння.

Пневмоелектромагнітні пульсатори реалізують автоматизовану систему керування зі зворотним зв'язком за інтенсивністю молоковіддачі. Механічна та пневматична складові пульсатора зумовлюють значні тривалості перехідних процесів та небажані затримки під час проходження сигналу. Це призводить до того, що основні часові характеристики індикаторної діаграми роботи доїльного апарата не відповідають вимогам стандарту ДСТУ ISO 5707:2012. Для побудови алгоритму керування, що забезпечує швидку адаптацію доїльного апарата до фізіологічних особливостей молоковіддачі корови, необхідно встановити межі зміни часових характеристик і перехідних процесів під час реалізації індикаторної діаграми.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Найпоширеніші конструкції пневмоелектромагнітних пульсаторів, що уможливають автоматизацію доїння, класифікують за способом використання підведеної електроенергії до електромагнітів на пульсатори з підсилювальною ланкою та без неї. Найпрактичнішими є пневмоелектромагнітні пульсатори, підсилювальна ланка яких виконана у вигляді керувальної камери з мембраною. Тому для вдосконалення доїльних апаратів такі пульсатори [1, 2] є найперспективнішими.

Підсилювальна ланка в конструкції пульсатора призводить до появи додаткових динамічних та перехідних процесів [3–5], що відбуваються впродовж певного часу, який може мати критичне значення для забезпечення природного та ощадливого доїння. Сучасні дослідження в галузі машинного доїння вказують на те, що для створення біологічно обґрунтованого способу виведення молока з вим'я корови слід забезпечувати не лише такі основні характеристики технологічного процесу доїння, як частота пульсацій, співвідношення тактів та значення вакуумметричного тиску [6–8], а й зсув тактів за попарного доїння, тривалість фаз доїння, тривалість фронту та спаду імпульсу вакуумметричного тиску тощо [9, 10]. Ефективність машинного доїння залежить від ступеня синхронності роботи детермінованої механічної системи доїльної установки та фізіологічних особливостей і стохастичної поведінки тварин. Тому забезпечити реалізацію індикаторної діаграми, параметри якої відповідають поставленим вимогам та рекомендаціям сучасних досліджень для розроблених та апробованих пульсаторів [1, 4], –

одне з першочергових завдань.

Постановка завдання. Мета досліджень – розробити й змоделювати параметри індикаторної діаграми та її основні часові інтервали для реалізації адаптивного безударного замикання і розмикання дійкової гуми доїльного стакану, що уможливить максимальне виведення молока з вимені корови.

Виклад основного матеріалу. Під час моделювання індикаторної діаграми пульсатора врахували його конструкційні параметри, зокрема, об’єми керувальних та робочих камер, діаметри перепускних та каліброваних отворів, параметри рухомих елементів та пружних мембран.

Для визначення характеру та побудови ділянки індикаторної діаграми, що описує наповнення чи відкачування повітрям робочих камер пульсатора та доїльного апарата, скористаємось рівнянням [11]:

$$t = \frac{1}{K_i} \int_z^z \frac{dz}{z^{\frac{k-1}{k}} \sqrt{1 - z^{\frac{k-z}{k}}}}, \quad (1)$$

де K_i – коефіцієнт конструкційно-технологічних параметрів пульсатора, c^{-1} ; z – відношення тисків; k – показник політропи.

Коефіцієнт K_i враховує об’єми камер, діаметри перехідних отворів, атмосферний та вакуумметричний тиску. Враховуючи рівняння (1) та рівняння, що описують рух клапанно-штокової групи пульсатора та наповнення повітрям керувальної камери [11] за переходу від такту стиску до такту ссання

$$\begin{cases} m_k \frac{d^2x}{dt^2} = (zP_a - P_1)S_1 + G_k - cx - (P_a - P_1)S_2 ; \\ \frac{dz}{dt} = \frac{K_i V_0}{(V_0 + xS_1)} z^{\frac{k-1}{k}} \sqrt{1 - z^{\frac{k-1}{k}}}, \end{cases} \quad (2)$$

де m_k – маса клапанів та штока, кг; P_i – тиск у відповідних камерах пульсатора, кПа; S_i – площа відповідних перепускних отворів, m^2 ; G_k – вага клапанів, Н; c – пружність мембрани, Н/м; x – переміщення клапанів, м; V_0 – початковий об’єм керувальної камери пульсатора, m^3 , а також залежності, що характеризують аналогічні процеси за переходу пульсатора від такту ссання до такту стиску

$$\begin{cases} m_k \frac{d^2x}{dt^2} = c(h_1 - x) - G_k + (P_a - P_1)S_3 - (zP_1 - P_1)S_1 ; \\ \frac{dz}{dt} = \frac{K_i V_1}{(V_1 - xS_1)} z \sqrt{z^{\frac{k-1}{k}} - 1}, \end{cases} \quad (3)$$

де h_1 – хід клапанів, м; V_1 – максимальний об’єм керувальної камери пульсатора, m^3 , моделювали індикаторну діаграму для умов пневмоелектромагнітного пульсатора [2], вважаючи, що робочий вакуумметричний тиск 48 кПа, частота керувальних імпульсів напруги живлення електромагнітів 1 Гц, співвідношення тактів 60:40 (рис. 1).

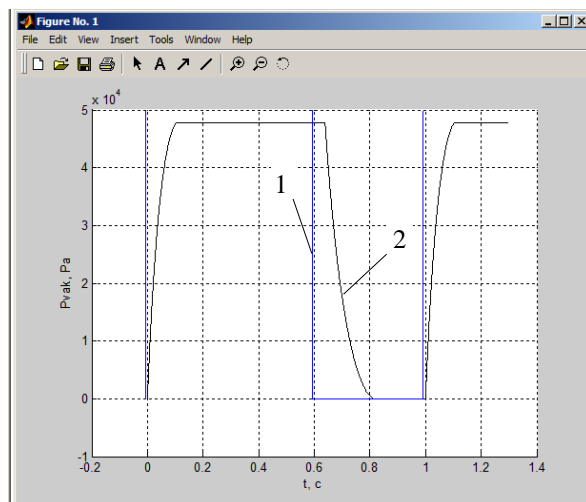


Рис. 1. Індикаторна діаграма, отримана в результаті теоретичного моделювання:
1 – напруга; 2 – вакуумметричний тиск.

Встановили, що найсуттєвіше на тривалість фронту та спаду імпульсу індикаторної діаграми впливає діаметр верхнього та нижнього перепускних отворів і вакуумметричний тиск, забезпечуючи діапазон їх зміни у межах 0,06...0,17 с відповідно, а також тривалість такту сання може змінюватись у межах 0,603...0,718 с за зміни діаметра каліброваного отвору для з'єднання керувальної камери з камерою постійного вакуумметричного тиску та діаметра нижнього перепускного отвору за вакуумметричного тиску 48 кПа.

Аналізуючи тривалість такту сання як одного з основних технологічних параметрів машинного доїння, що отримана в результаті моделювання індикаторної діаграми, встановили закономірності, за якими можна підібрати найбільш вагомі конструкційні та технологічні параметри пульсатора доїльного апарата (рис. 2).

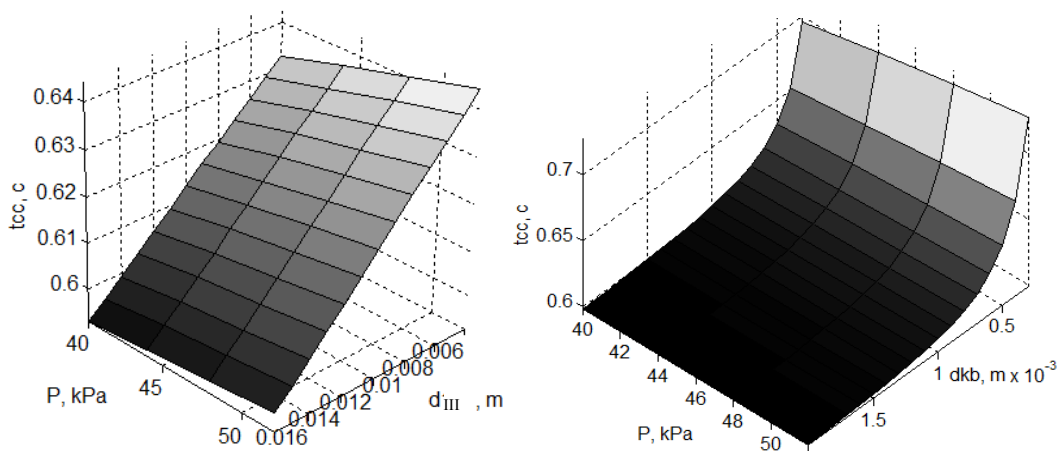


Рис. 2. Залежність тривалості такту ссання для умов діаметра перепускних отворів 6 мм.

Виявили, що тривалість такту ссання може змінюватись у межах 0,60...0,72 с зі зміною діаметра каліброваного отвору для з'єднання керувальної камери з камерою постійного вакуумметричного тиску та діаметра нижнього перепускного отвору.

Встановили, що найбільша тривалість часової затримки внаслідок інерційності системи пульсатора становитиме 0,124...0,134 с за робочого тиску 48...52 кПа. Знайдене конкретне значення цієї величини легко усунути змінюючи момент подачі та зняття живлення з електромагнітів пульсатора доїльного апарата. З урахуванням рекомендацій стандарту до характеристик роботи доїльних апаратів та праць науковців, необхідно зменшити тривалість фронту та збільшити тривалість спаду імпульсу згідно з отриманими результатами моделювання індикаторної діаграми. Це можна зробити підбором відповідних значень діаметрів перепускних отворів, що з'єднують камеру змінного вакуумметричного тиску із камерами постійного вакууму і атмосферного тиску або внести коректив в алгоритм роботи блока керування.

Висновки. Моделювання індикаторної діаграми пульсатора пневмоелектромагнітного типу з підсилювальною ланкою дає можливість визначити, окрім основних технологічних параметрів процесу машинного доїння, тривалість фаз доїння, тривалість фронту та спаду імпульсу вакуумметричного тиску, часових затримок тощо, які суттєво впливають на ефективність доїння. Забезпечення часових характеристик в межах, що не виходять за рекомендовані інтервали, забезпечує реалізацію адаптивного безударного замикання і розмикання дійкової гуми доїльних стаканів та максимальне виведення молока з вимені корови.

Бібліографічний список

1. Пат. № 34481 Україна, МПК А01J7/007. Електромагнітний пульсатор попарної дії / В. Т. Дмитрів, Ю. М. Лаврик, І. В. Дмитрів, В. І. Банга – Заявл. 24.03.2008, Опубл. 11.08.2008; Бюл. № 15.
2. Лаврик Ю. М. Структурна схема моделі пневмоелектромагнітного пульсатора / Ю. М. Лаврик // Вісник Харківськ. нац. техн. ун-ту сільськ. господарства ім. П. Василенка: Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва. – 2009. – № 79. – С. 262–267.
3. Дмитрів В. Т. Електропневмодинамічна модель енергоощадного електромагнітного пульсатора / В. Т. Дмитрів, Ю. М. Лаврик // Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвід. темат. наук. зб. – 2008. – № 92. – С. 363–371.
4. Дмитрів В. Т. Модель витрати повітря елементами доїльного апарата / В. Т. Дмитрів // Вісник Львівськ. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. – 2006. – № 10. – С. 483–488.
5. Дмытрев В. Т. Модель энергосберегающего электромагнитного пульсатора / В. Т. Дмытрев // Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве: материалы 13-го Междунар. симп. по вопросам машинного доения сельскохозяйственных животных. 27–29 июня 2006 г. – Гомель, 2006. – С. 157–160.
6. Naumenko A. Determination of constructive – regime parameters of a pulsator for a milking machine / A. Naumenko, V. Uzhyk, A. Chygyrn // Motrol, Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2011. – № 13. – P. 244–248.
7. Фененко А. І. Порівняльна характеристика та режими роботи генераторів імпульсів доїльних

- апаратів / А. І. Фененко, Д. О. Римар // Міжвідом. темат. наук. зб. “Механізація та електрифікація сільського господарства”. – 2001. – № 84. – С. 167–171.
8. Effect of vacuum and ratio on the performance of a monoblock silicone milking liner / S. B. Spencer, J.-W. Shin, G. W. Rogers, J. B. Cooper // J. Dairy Sci. – 2007. – Vol. 90. – P. 1725–1728.
 9. Kochman A. K. The effect of the duration of the C-Phase of pulsation on milking performance [Електронний ресурс] / А. К. Kochman, С. Laney, S. B. Spencer // LA. – New Orleans, 2008. – Режим доступу: <http://www.laurenagrisystems.com/lib/sitefiles/pdf/whitepapers/CPhase.pdf>. – Назва з екрана. – Дата звернення: 05.03.2015.
 10. Interactions of vacuum, b-phase duration, and liner compression on milk flow rates in dairy cows / R. D. Bade, D. Reinemann, M. Zucali, P. L. Ruegg, P. D. Thompson // American dairy science association, Journal of dairy science. – 2009. – 92, № 3. – P. 913–921.
 11. Лаврик Ю. М. Обґрунтування параметрів пневмоелектро-магнітного пульсатора попарної дії доїльного апарата : автореф. дис. канд. техн. наук. – Львів, 2015. – 24 с.

В. Дмитрів, Ю. Лаврик. Моделювання індикаторної діаграми пневмоелектромагнітного пульсатора з керуючою камерою.

На прикладі пневмоелектромагнітного пульсатора з підсилювальною ланкою змодельовано індикаторну діаграму, за якою можна визначити часові характеристики роботи доїльного апарата, коли задані конструкційні розміри і вакуумметричний тиск. Наведено рекомендації для забезпечення відповідності роботи доїльного апарата вимогам стандартів. А також враховані результати досліджень впливу деяких часових характеристик на процес машинного доїння.

Ключові слова: пневмоелектромагнітний пульсатор, доїльний апарат, індикаторна діаграма, часові характеристики, перехідні процеси.

V. Dmytriv, Y. Lavrik. Imitation indicator chart of the pneumoelectromagnetic pulsator with cameras control.

The example of pneumoelectromagnetic pulsator with amplifying element make a simulation indicator chart to determine the time characteristics of the milking machine for a given size construction and vacuum pressure. The recommendations for ensuring compliance with the requirements of the milking machine standards. Taken into account the studies results of the impact of certain characteristics on the passage of time machine milking process.

Keywords: pneumoelectromagnetic pulsator, milking unit, indicator chart, time characteristics, transients.

В. Дмитрів, Ю. Лаврик. Моделирование индикаторной диаграммы пневмоэлектромагнитного пульсатора с управляющей камерой.

На примере пневмоэлектромагнитного пульсатора с усилительным звеном, смоделирована индикаторная диаграмма, позволяющая определить временные характеристики работы доильного аппарата при заданных конструкционных размерах и вакуумметрическом давлении. Приведены рекомендации к обеспечению соответствия работы доильного аппарата требованиям стандартов. А также учтены результаты исследований влияния некоторых временных характеристик на процесс машинного доения.

Ключевые слова: пневмоэлектромагнитный пульсатор, доильный аппарат, индикаторная диаграмма, временные характеристики, переходные процессы.