

Презентація до магістерської кваліфікаційної
роботи на тему:

**«Метрологічне забезпечення вимірювання витрат
повітряно – молочної суміші»**

Виконав:

Кучерук О. О.

Науковий керівник:

Кучерук В. Ю.

Вінниця 2020

Актуальність

Молочні вироби завжди були й залишаються продуктами повсякденного й стійкого попиту, а якість виробів регламентується національною міждержавною та галузевою нормативно-технічною документацією, яка висуває певні вимоги до продукції.

З огляду на сучасні тенденції розвитку обладнання для молочного тваринництва, створення засобів оперативного моніторингу інтенсивності молоковиведення в процесі машинного доїння є вкрай актуальним питанням, без вирішення якого не можливо повною мірою реалізувати потенціал технологій точного тваринництва та забезпечити створення адаптивної доїльної апаратури.

Облік надою молока від корови і групи корів - одна з найбільш складних і відповідальних операцій на фермі та найважливіша умова правильної організації виробництва. Інформація по індивідуальному і груповому удоях корів необхідна для ведення зоотехнічної роботи, визначення раціону годівлі корів, режиму їх вмісту, організації та стимулювання праці доярок. Це в кінцевому підсумку, безпосередньо впливає на кількість і якість одержуваного молока на фермі, стан і продуктивність. Специфічні умови тваринницьких ферм пред'являють особливі вимоги до вимірювальним пристроям для обліку молока.

Метою даної роботи є метрологічне забезпечення вимірювання витрат повітряно-молочної суміші з дослідженням динамічних реакцій водомістких рідин у проточних датчиках ємнісного типу.

Об'єктом в магістерській роботі є процес вимірювання витрат повітряно-молочної суміші.

Предметом в магістерській роботі є методи та засоби вимірювання витрат повітряно-молочної суміші, що працюють на принципі зміни електричної ємності під дією потоку.

При вирішенні поставлених задач у роботі були використані методи теорії вимірювального контролю, в ході експериментальних досліджень, комп'ютерного моделювання, теорії вимірювань та похибок вимірювань.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Вперше запропоновано застосувати змінний номінал резистора в колі бази автогенератору, при цьому АЦП фактично не може перетворити миттєве значення напруги раніше ніж з'явиться наступний імпульс його запуску, що дозволило отримати більш стабільну роботу засобу вимірювання витрат повітряно-молочної суміші.
- Розроблена структурно-алгоритмічна організація засобу вимірювання витрат повітряно-молочної суміші, що працює на принципі зміни електричної ємності під дією потоку.

Практичне значення одержаних в роботі результатів полягає в тому, що:

1. Розроблена структурно-алгоритмічна організація засобу вимірювання витрат повітряно-молочної суміші;
2. Розроблено структурну схему засобу вимірювання витрат повітряно-молочної суміші;
3. Розроблено функціональну схему засобу вимірювання витрат повітряно-молочної суміші;
4. Розроблено електричну принципову схему засобу вимірювання витрат повітряно-молочної суміші;
5. Методики, використані у роботі, можуть бути застосовані при побудові засобів вимірювання і контролю витрат повітряно-молочної суміші.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Основні положення роботи та її результати доповідались,

обговорювались та були схвалені на науково-технічній конференції: XLVIII

Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики

(м.Вінниця, 2019 р.). [О.О.Кучерук МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ЄМНІСНИЙ

ПРОТОЧНИЙ ВИТРАТОМІР ПОВІТРЯНО-МОЛОЧНОЇ СУМІШІ -

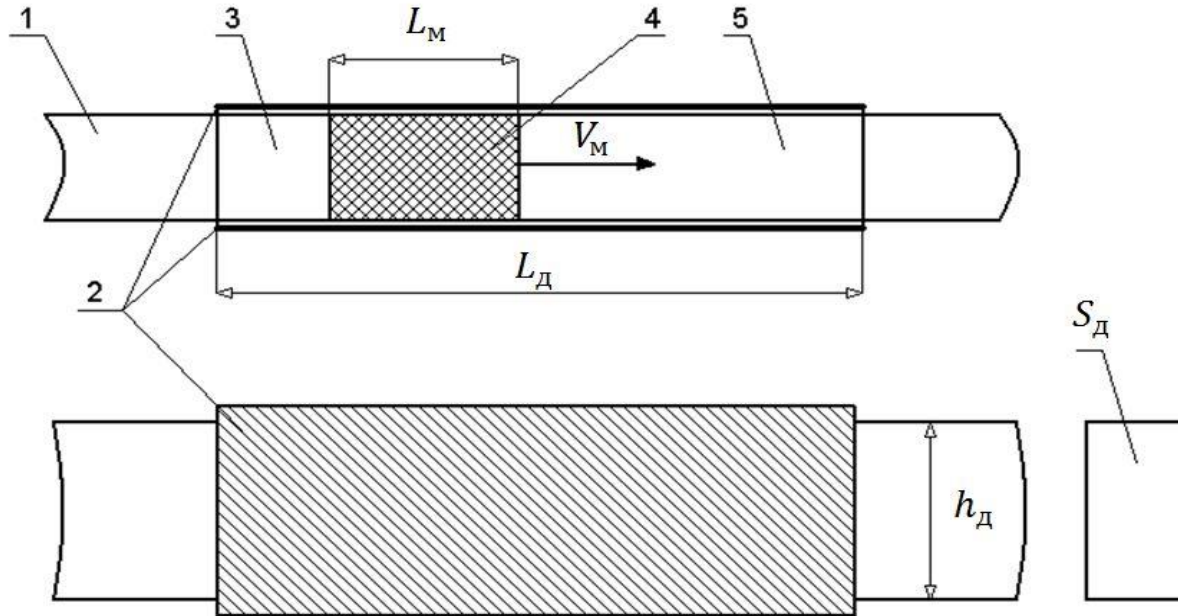
Конференція ВНТУ, 2019], а також XLIX Науково-технічна конференція

факультету комп'ютерних систем і автоматики (м. Вінниця, 2020). [О.О.Кучерук

МЕТОДИ ТА ПРИЛАДИ ВИМІРЮВАННЯ ПОТОКУ МОЛОКА - Конференція

ВНТУ, 2020].

Схема проточного датчика ємнісного типу



- 1 – молокопровідний шланг доїльного апарату;
- 2 – обкладинки вимірювального конденсатора;
- 3 – частина датчика змочена порцією молока;
- 4 – заповнена молоком частина датчика;
- 5 – частина датчика змочена попередньою порцією молока;
- L_D – довжина обкладинок;
- h_D – висота обкладинок;
- L_M – довжина молочної пробки;
- V_M – вектор швидкості молочної пробки;
- S_D – площа перерізу датчика

$$F_D = F_M + F_{НП} + F_{СП}$$

де F_D – вихідний сигнал датчика; F_M – сигнал частини датчика зайнятої молоком; $F_{НП}$ – сигнал частини датчика позаду чергової порції молока (нова плівка); $F_{СП}$ – сигнал частини датчика попереду чергової порції молока (стара плівка).

Сигнал короткої молочної пробки визначається залежністю:

$$F_{\text{д}}^{\text{К}} = k_{\text{д}} h_{\text{д}} L_{\text{м}},$$

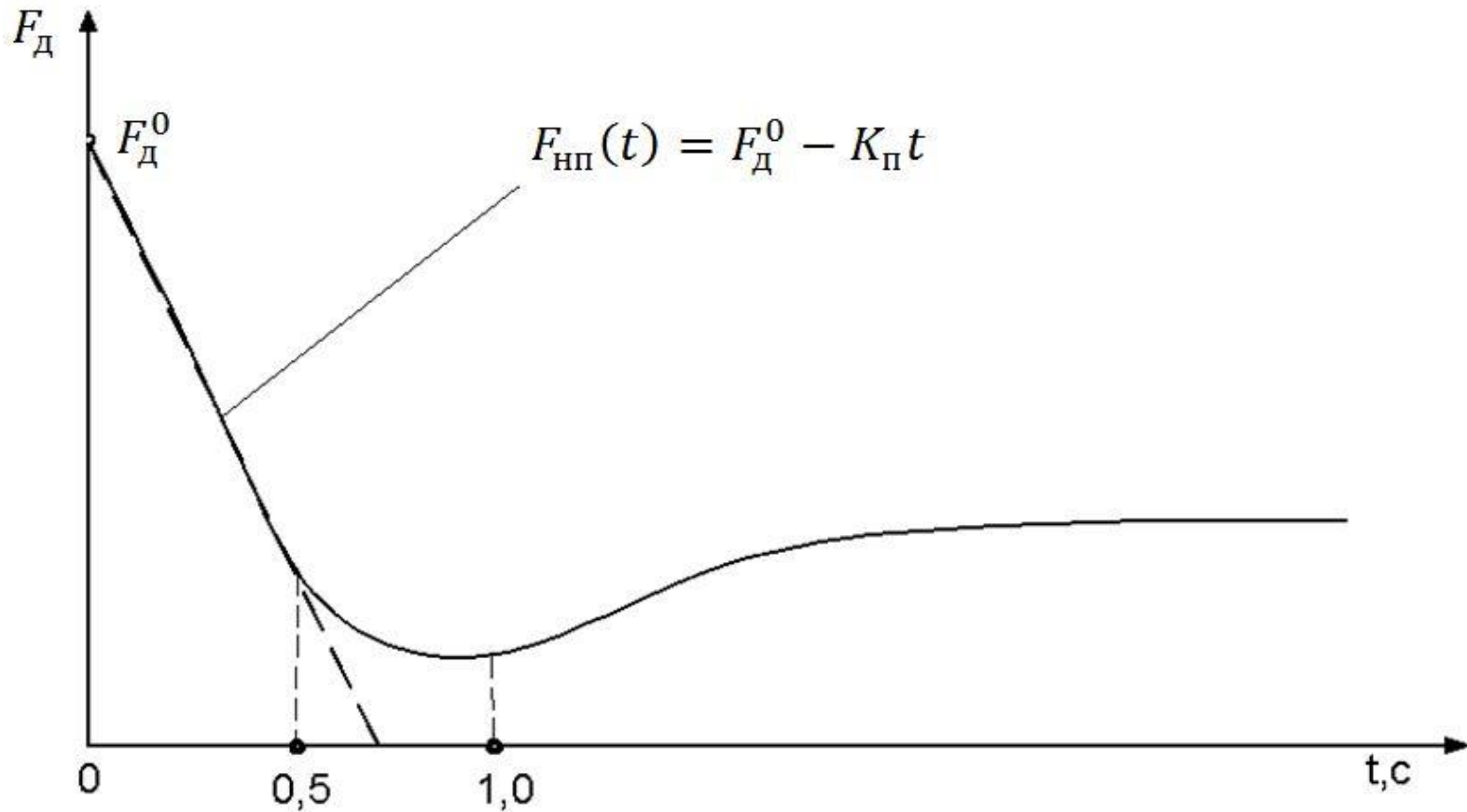
де $F_{\text{д}}^{\text{К}}$ – сигнал короткої молочної пробки; $k_{\text{д}}$ – чутливість датчика; $h_{\text{д}}$ – висота обкладинок датчика, м; $L_{\text{м}}$ – довжина порції молока, м.

Сигнал довгої молочної пробки відповідає максимально можливому рівню сигналу датчика й визначається залежністю:

$$F_{\text{д}}^{\text{Д}} = F_{\text{д}}^{\text{max}} = k_{\text{д}} h_{\text{д}} L_{\text{д}},$$

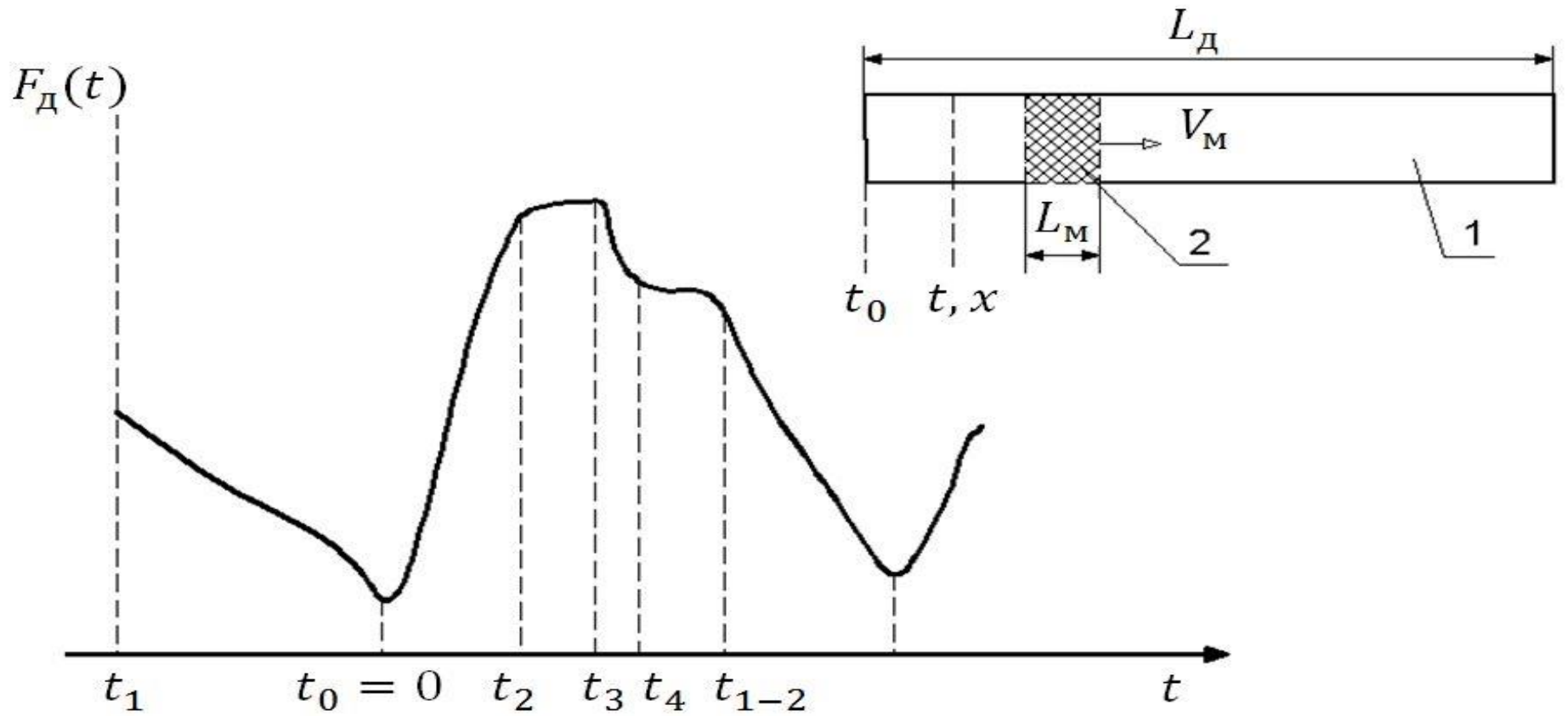
де $F_{\text{д}}^{\text{Д}}$ – сигнал довгої молочної пробки; $F_{\text{д}}^{\text{max}}$ – максимально можливий сигнал датчика.

Повністю заповнений молоком датчик має найбільший рівень сигналу, оскільки характеризується найбільшою ємністю та найменшими діелектричними втратами, порівнюючи з сигналом молочної піни та молочної плівки.



Динаміка сигналу ємнісного датчика змоченого молоком після проходження чергової порції молока (сигнал від молочної плівки на стінках датчика). $F_{нп}(t) = F_D^0 - K_{п} t$.

де F_D^0 – сигнал датчика в момент часу $t = 0$; $K_{п}$ – коефіцієнт пропорційності.



Динаміка сигналу ємнісного датчика при проходженні крізь нього молочних пробок: 1 – датчик; 2 – молочна пробка; L_M – довжина молочної пробки; V_M – швидкість; $t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_{1-2}$ – характерні моменти часу.

$$F_D^K(t) = F_M(t) + F_{HP}(t) + F_{СП}(t)$$

У момент часу t_1 попередня молочна пробка пройшла крізь датчик – почався процес стягування (релаксації) молочної плівки. Починаючи з цього моменту та до моменту надходження наступної молочної пробки датчик не містить молока, спостерігається сигнал молочної плівки від попередньої молочної пробки.

У момент часу t_0 чергова порція молока підійшла до входу в датчик.

У момент часу t_2 чергова порція молока повністю зайшла в датчик, у такому разі спостерігається сигнал, який є сумою сигналів від молочної пробки та плівки від попередньої порції молока.

У момент часу t_3 молочна пробка підійшла до виходу з датчика, в такому разі сигнал датчика є сумою сигналів від молочної пробки та утвореної нею плівки.

У момент часу t_4 молочна пробка вийшла з датчика, починається вихід залишків молока, в такому разі сигнал формується впливом залишків молока, молочної піни та новоутвореної плівки.

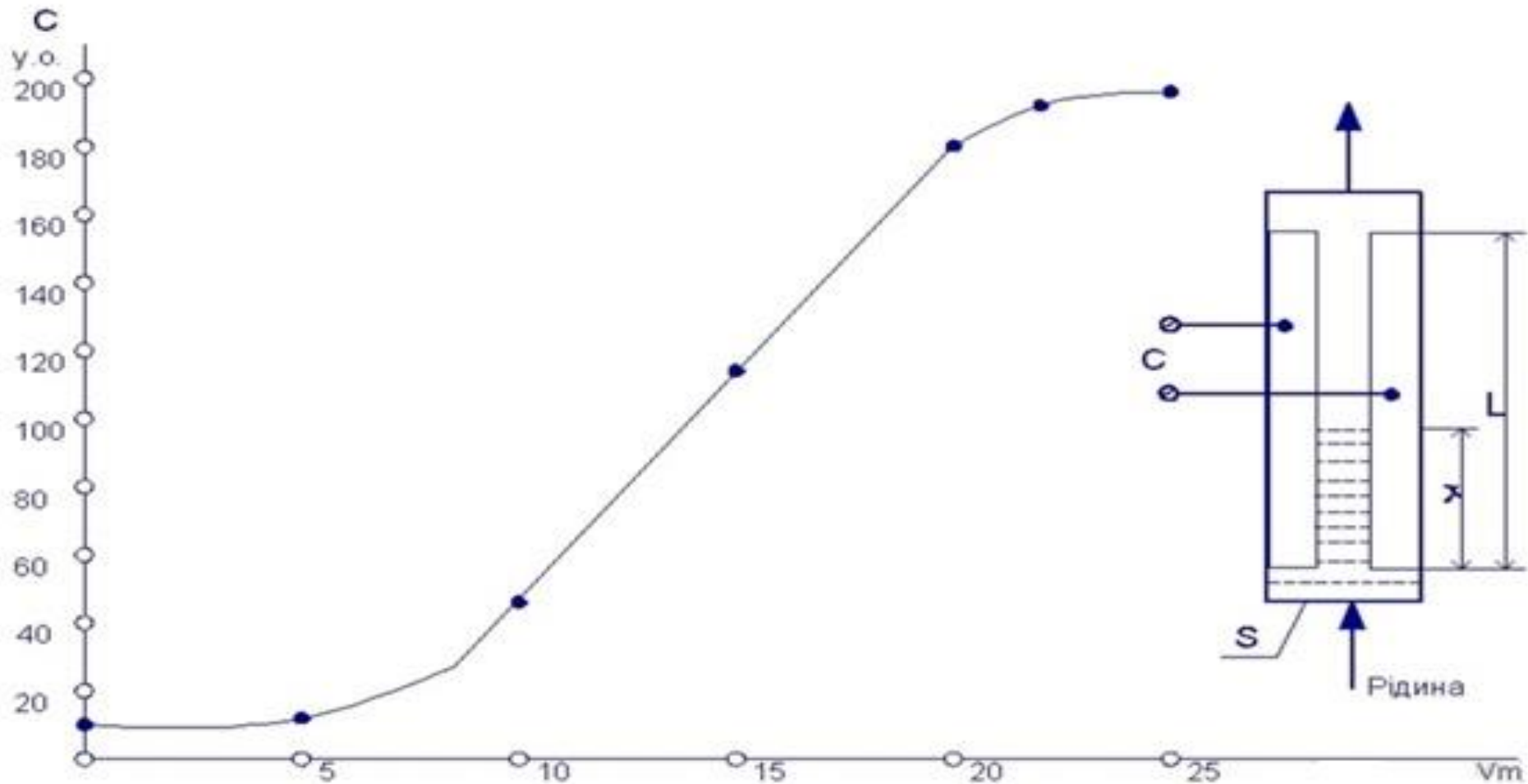
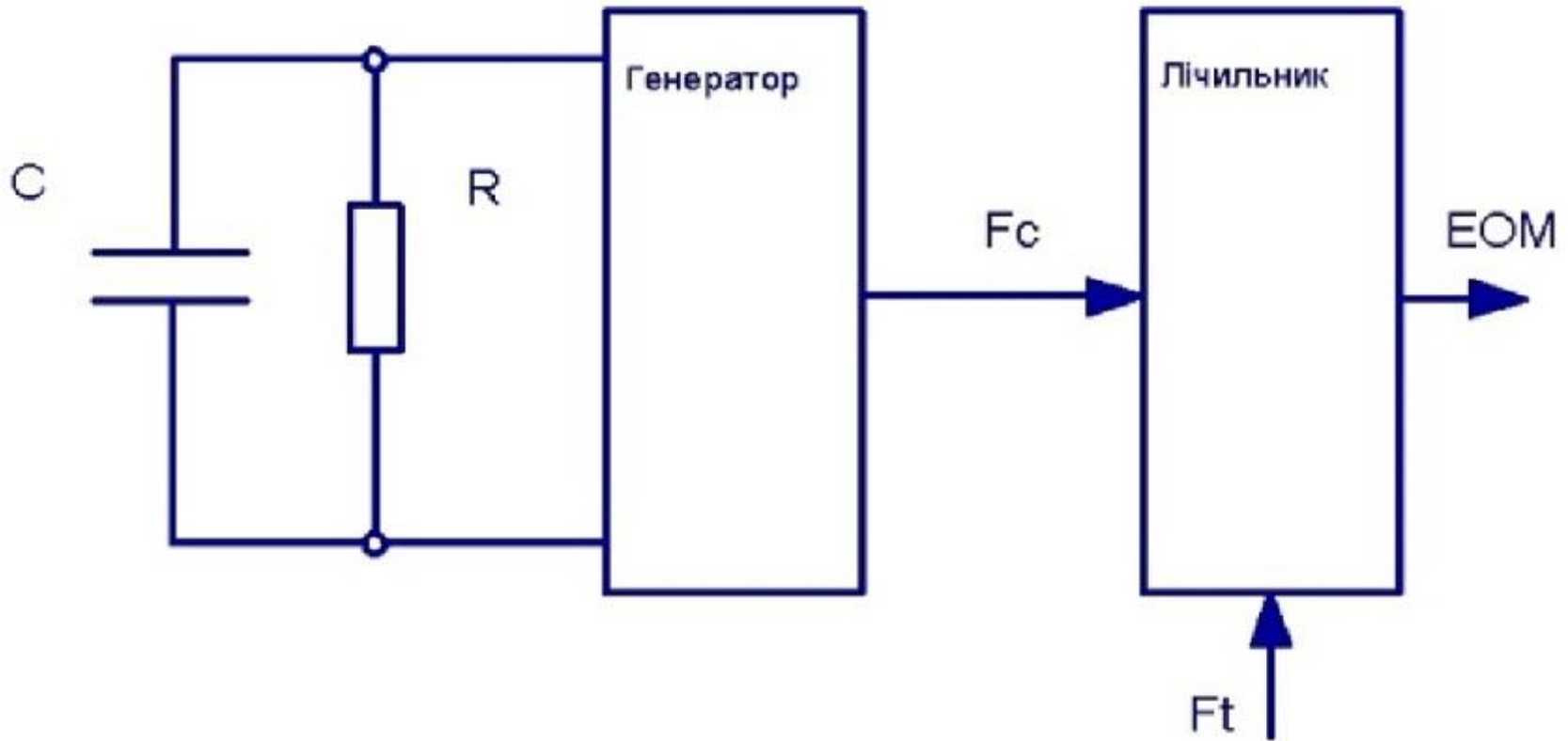


Схема ємнісного датчика та його характеристики: S – площа перерізу датчика; L – довжина датчика; χ – ступінь заповнення датчика; V - об'єм рідини у датчику; C - електрична ємність.

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon C_0 \chi + \varepsilon_0 C_0 (1 - \chi) = C_0 (\varepsilon - 1) \chi + C_0$$



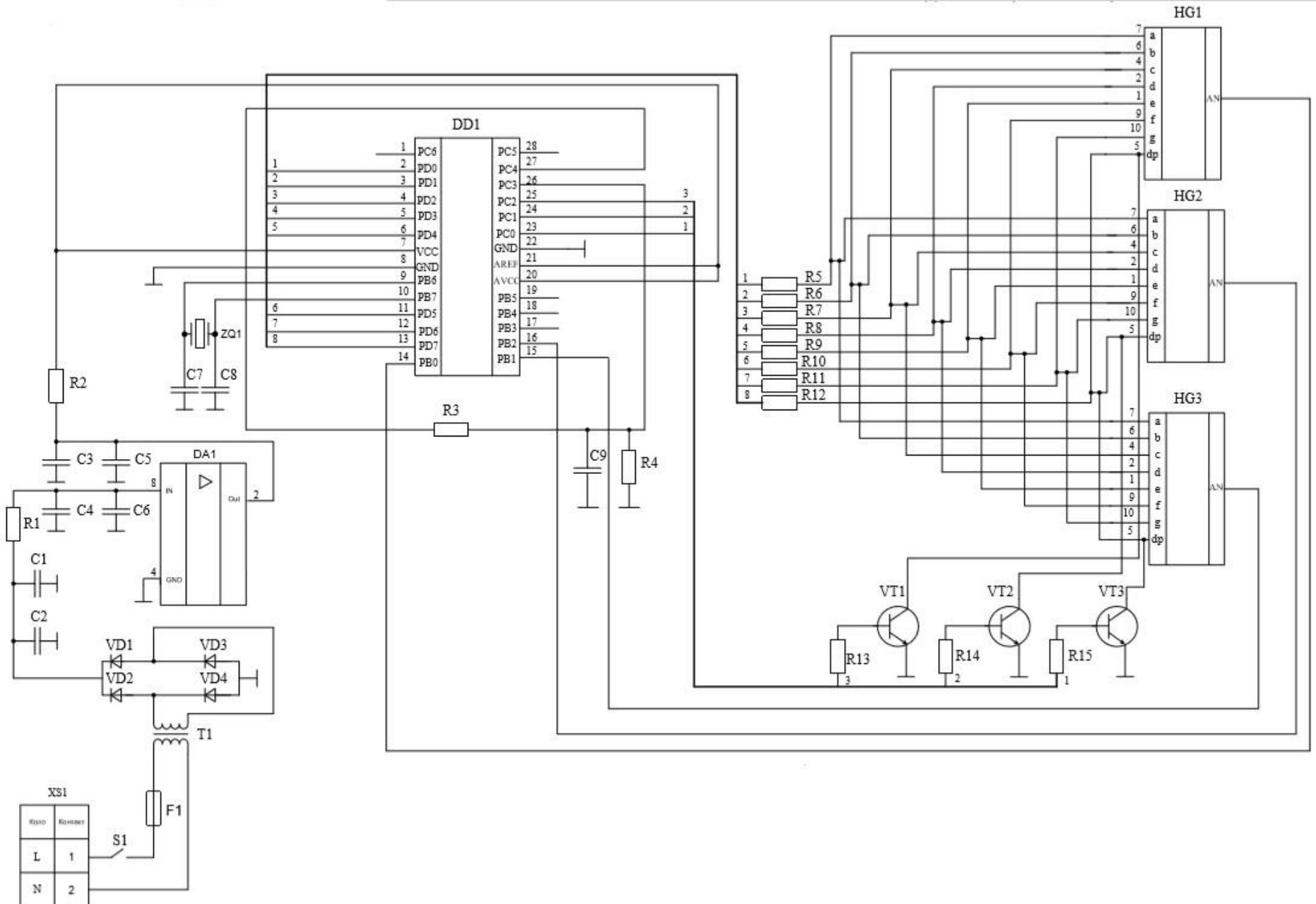
Спрощена схема підключення датчика до мікропроцесора

Кількість рідини, що проходить крізь датчик за умови сталої швидкості потоку, можливо визначити із залежності:

$$M = v_0 \int_{t_2}^{t_1} p(t) \cdot dt$$

де M – маса рідини, кг; $p(t)$ – функція наповненості датчика рідиною; v_0 – поточна швидкість рідини у датчику, м/с; t_1, t_2 – моменти часу, що задають інтервал виміру, с.

Схема електрична принципова



Основне енергоспоживання, як правило, мають індикаторні прилади, окрім рідкокристалевих, але їх використання у даному випадку недоцільне, тому як прилад може використовуватись при невеликій освітленості. Тому використано світлодіодні семи сегменті індикатори. Обираємо світлодіодні семи сегменті індикатори з низьким енергоспоживанням фірми KINGBRIDGHT SA52-11LSRWA.

Для обчислення значення витрат рідини і виконання усіх функцій процесора обираємо AVR мікроконтролер ATmega8.

Живлення пристрою здійснюється від мережі змінної напруги 220 В 50 Гц. Напруга живлення через вимикач S1, запобіжник F1 поступає на знижуючий трансформатор T1, який знижує її до 15В. За допомогою діодного моста на діодах VD2-VD5, змінна напруга випрямляється і поступає на вхід інтегрального стабілізатора напруги. Для живлення мікроконтролера необхідно використовувати стабілізовану напругу 5 В. Тому необхідно використовувати інтегральний стабілізатор напруги, який знизить випрямлену напругу до рівня 5 В і забезпечить стабілізоване живлення.

Для цієї мети можна використати інтегральний стабілізатор напруги фірми ANALOG DEVICES ADP3367ARZ.

Використовуючи математичний пакет Maple 7.0, ми знайдемо основні метрологічні та вимірювальні характеристики. Ці характеристики включають чутливість, адитивна та мультиплікативна похибки, похибка нелінійності, розрахунок похибок в методі розрахунку в'язкості певних рідких продуктів.

Чутливістю засобу вимірювання - це відношення зміни вихідної величини (інформативного параметра) до вхідної величини, що викликає її зміни (інформативного параметра вхідного сигналу). Існують два види: абсолютна і відносна чутливість. Абсолютна чутливість – це похідна від характеристики перетворення ЗВ.

Приблизне рівняння для визначення чутливості використовується для експериментального визначення чутливості. Зміна чутливості S в межах перетворення рівняння чутливості показано у формулі $S = -60 \frac{1}{x^2}$, а її крива - на рисунку 1.

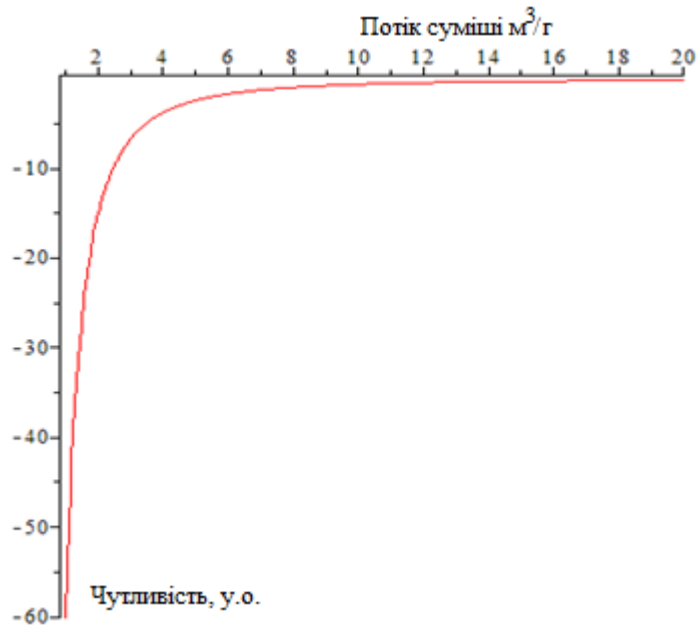


Рисунок 1 – Графік чутливості

Додаткова(адитивна) похибка проявляється у вигляді статичних характеристик вимірювального приладу, що зміщуються в ту чи іншу сторону. Вона може бути систематичною або випадковою. Існування додаткової похибки дорівнює дрейфу нульового рівня вихідного сигналу вимірювального приладу, а додаткову похибку зазвичай називають "нульовою похибкою". Графік адитивних помилок показаний на рисунку 2.

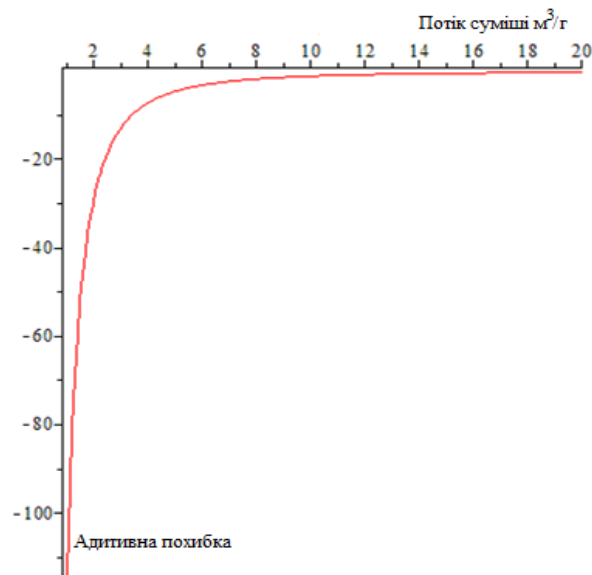


Рисунок 2 – Графік адитивної похибки

Мультиплікативна похибка - це похибка, значення якої пропорційне вимірюваному значенню x . Коли $x = 0$, її значення дорівнює 0. Похибка множення (мультиплікативна) виражається у вигляді кута нахилу, що змінює статичні характеристики вимірювального приладу. Вона може бути систематичною або випадковою. Мультиплікативна похибка – це ще похибка коефіцієнта перетворення (чутливості) вимірювального приладу. Графік цих похибок наведено на рисунку 3. Слід зазначити, що, в принципі, мультиплікативна похибка (похибка множення) не може виникати самотійно в засобі вимірювання. Наявність лише цієї похибки означатиме, що ЗВ може вимірювати дуже малі фізичні величини з дуже малими похибками.

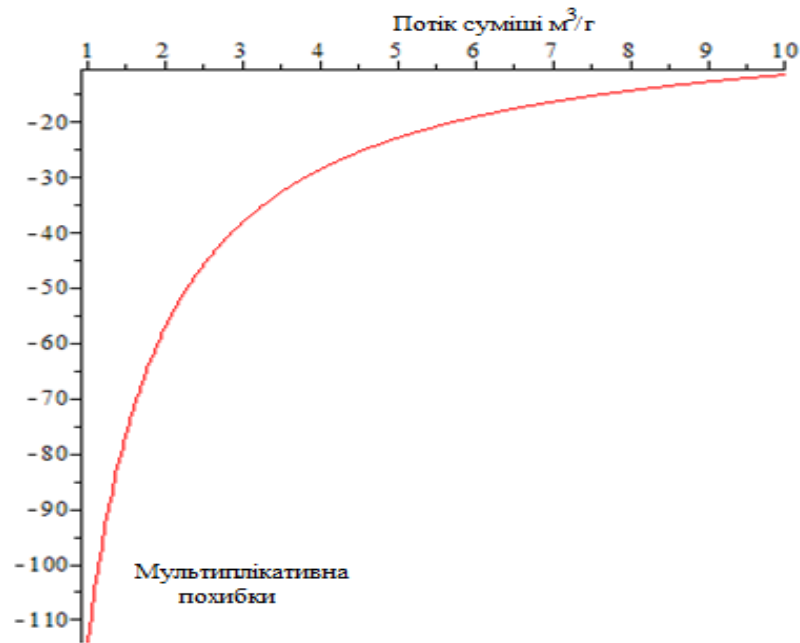


Рисунок 3 – Графік мультиплікативної похибки

Нелінійність - це максимальне відхилення між фактичними характеристиками перетворення $U_{\text{вих}}(D)$ та оптимальним перетворенням. Нелінійність зазвичай визначається у відносних одиницях. Графік нелінійних помилок показаний на рисунку 4.

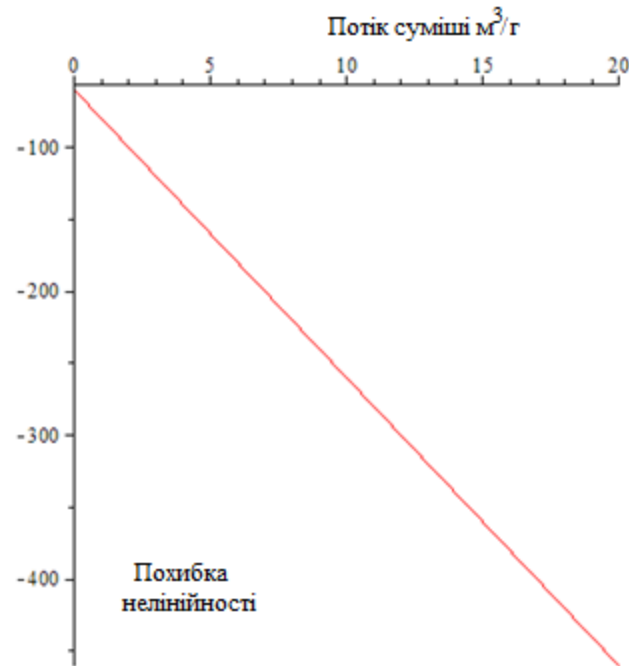


Рисунок 4 – Графік похибки нелінійності

Висновки

- В процесі виконання магістерської роботи її мета була визначена а задачі вирішено. При цьому обґрунтовано принцип застосування ємнісного перетворювача для проточного витратоміра повітряно-молочної суміші.
- Проведено огляд сучасних витратомірів та зроблено їх аналіз. Витратоміри було порівняно між собою, а також визначено їх переваги та недоліки.
- Визначена кореляція, що дозволяє створити лічильник молока для доїльних апаратів на основі ємнісного датчика витрат. Розроблено теоретичну базу математичної моделі. Було визначено, що результат розрахунку кількості (поток) молока не залежить від характеристик самого ємнісного сенсора і, отже, як наслідок, не залежить від електричних характеристик самого молока.
- Встановлено взаємозв'язок між характером сигналу проточного сенсору ємнісного типу та потоку рідини (на прикладі молока).

- Розраховано електричні характеристики елементів засобу вимірювання витрат повітряно-молочної суміші, а саме проведено: електричний розрахунок автогенератору, електричний розрахунок генератора прямокутних імпульсів, електричний розрахунок підсилувача.
- Розроблено електричну схему ємнісного витратоміра повітряно-молочної суміші на основі мікропроцесорного засобу. Також зроблено технічний опис його основних компоненти та вузлів та досліджено принципи їх роботи.
- Проведено досліджено похибки вимірювання витрат повітряно-молочної суміші, було оцінено основні статичні метрологічні характеристики, а також розраховано достовірності прийняття рішень під час вимірювання витрат повітряно-молочної суміші.
- Оцінено економічний потенціал розробки засобу вимірювання витрат повітряно-молочної суміші.