

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ДИЗАЙНУ

Навчально-науковий інститут інженерії та інформаційних технологій  
(повне найменування інституту, назва факультету )

Кафедра комп'ютерної інженерії та електромеханіки  
(повна назва кафедри)

*Дипломна магістерська робота*

на тему **Система управління пральною машиною**

Виконав: студент групи МгЗЕМ-20  
спеціальності  
141 Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка \_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності)

Освітньої програми Електропобутова техніка

Андрій СТУПАК

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц.  
Дмитро СТАЦЕНКО

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Київ 2021

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Навчально-науковий інститут інженерії та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та електромеханіки \_\_\_\_\_

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка \_\_\_\_\_

Освітня програма Електропобутова техніка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**Б.М. Злотенко**

\_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ грудня \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Ступаку Андрію Володимировичу**

**1. Тема роботи Система управління пральною машиною**

Науковий керівник роботи **Стаценко Дмитро Володимирович, к.т.н., доц.**  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «04» 10 \_\_\_\_\_ 2021 року  
№ 286

2. Строк подання студентом роботи 9.12.2021 \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики пральних машин

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ.

2. ПОШУК ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ  
УПРАВЛІННЯ ПРАЛЬНОЮ МАШИНОЮ

3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ

## 6. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Дмитро СТАЦЕНКО, к.т.н., доц.		
Розділ 1	Дмитро СТАЦЕНКО, к.т.н., доц.		
Розділ 2	Дмитро СТАЦЕНКО, к.т.н., доц.		
Розділ 3	Дмитро СТАЦЕНКО, к.т.н., доц.		
Висновки	Дмитро СТАЦЕНКО, к.т.н., доц.		

## 7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного магістерського проекту	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	1.10.2021	З підписом керівника і студента
2	Розділ 1	10.10.2021	З підписом керівника, студента та консультанта
3	Розділ 2	25.10.2021	З підписом керівника, студента та консультанта
4	Розділ 3	10.11.2021	З підписом керівника, студента та консультанта
5	Висновки	16.11.2021	З підписом керівника і студента
6	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	25.11.2021	З підписом керівника і студента
7	Здача дипломної магістерської роботи на кафедрі для рецензування (за 14 днів до захисту)	31.11.2021	З підписом керівника, студентаконсультанта, рецензента
8	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	3.12.2021	З підписом фахівця відділу моніторингу якості підготовки фахівців та аналітичної роботи
9	Подання дипломного магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту)	9.12.2021	З підписом завідувача кафедри

Студент  
МАКСИМКІН

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Андрій СТУПАК

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник роботи

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Дмитро СТАЦЕНКО

(прізвище та ініціали)

Директор НМЦУПФ

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Олена ГРИГОРЕВСЬКА

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Ступак А.В. Система управління пральною машиною – Рукопис.**

Дипломна магістерська робота за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021 рік.

Дипломна магістерська робота присвячена удосконаленню систем управління пральними машинами. В роботі проведено аналіз адаптивних систем керування пральними машинами, зокрема визначення маси завантаженої білизни.

Об'єктом розробки і дослідження є пральні машини барабанного типу.

Мета роботи полягає в тому, щоб запропонувати пральну машину, здатну визначати масу білизни, завантаженої в барабан.

В роботі вперше теоретично обґрунтовано можливість ефективного визначення кількості білизни за рахунок автоматизованої системи керування приводом барабану і визначено її необхідні електричні і конструктивні параметри.

*Ключові слова: автоматична пральна машина, маса білизни; електродвигун, датчик струму, мікроконтролер, алгоритм, електрична схема*

## SUMMARY

### **Stupak A.V. Washing machine control system - Manuscript.**

Diploma master's degree work in the specialty 141 Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021.

Diploma master's degree work is devoted to the improvement of control systems for washing machines. The analysis of adaptive control systems of washing machines is carried out in the work, in particular the determination of the weight of the loaded linen.

The object of development and research are drum-type washing machines.

The purpose of the work is to offer a washing machine capable of determining the mass of laundry loaded into the drum.

For the first time, the possibility of effective determination of the amount of linen due to the automated control system of the drum drive is theoretically substantiated and its necessary electrical and design parameters are determined.

*Key words: automatic washing machine, laundry weight; electric motor, current sensor, microcontroller, algorithm, electrical circuit*

ЗМІСТ	стор.
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
1.1. Визначення маси завантаження білизни в звичайних пральних машинах .	6
1.2. Система керування FUZZY LOGIC.....	9
1.3. Базові поняття нечіткої логіки .....	10
1.4. Загальна структура нечіткого мікроконтролера.....	13
1.5. Fuzzy Logic у пральній машині.....	15
1.6. Переваги і недоліки машин з функцією FUZZY LOGIC.....	19
Висновки по розділу 1.....	24
РОЗДІЛ 2. ПОШУК ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРАЛЬНОЮ МАШИНОЮ.....	25
2.1. Аналіз патентних рішень, що присвячені вимірювання ваги білизни в пральній машині .....	25
2.2. Математичне моделювання процесу визначення маси завантаження в пральній машині.....	49
2.3. Визначення функції залежності струму електродвигуна від маси завантаження пральної машини.....	56
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ.....	60
3.1. Структурна схема і алгоритм роботи системи управління пральної машини	60
3.2. Вибір датчика для вимірювання струму електродвигуна .....	63
3.3. Вибір схеми регулятора швидкості двигуна пральної машини .....	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

## ВСТУП

**Актуальність дослідження** обумовлена високими темпами розвитку сучасних побутових пральних машин, зокрема їх електроприводів. Основні напрями їх вдосконалення пов'язані зі зменшенням витрат електроенергії, підвищення надійності і довговічності роботи, а також зменшення собівартості. Побутові пральні машини часто працюють в умовах часткового завантаження, тобто перуть меншу кількість білизни в порівнянні з максимальною кількістю, для якої машина спроектована. Це приводить до появи недоліків, пов'язаних з витратою води, миючого засобу і електроенергії, споживання яких зазвичай оптимізоване на роботу пральної машини з повним завантаженням.

**Об'єктом дослідження** є пральні машини барабанного типу.

**Предметом дослідження** є процес прання текстильних виробів в пральних машинах барабанного типу і їх енергетичні характеристики.

**Мета дослідження** полягає в тому, щоб запропонувати пральну машину, здатну визначати масу білизни, завантаженої в барабан.

**Методологічною і теоретичною основою** дослідження є основні положення механіки твердого тіла, гідродинаміки, електротехніки, технологічних процесів прання текстильних виробів, праці вітчизняних і зарубіжних дослідників в області процесу прання при різних конструктивних і режимних параметрах пральних машин.

**Наукова новизна** полягає в тому, що вперше теоретично обґрунтовано можливість ефективного визначення кількості білизни за рахунок автоматизованої системи керування приводом барабану і визначено її необхідні електричні і конструктивні параметри.

**Практична значимість** полягає в тому, що результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення конструкцій побутових пральних машин.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1. Визначення маси завантаження білизни в звичайних пральних машинах

Щоб пральна машина не зламалася від перевантаження, за вагою білизни слід стежити. Як розрахувати вагу білизни для пральної машини – не зважувати ж її щоразу?

Кожна тканина вимагає особливих умов, щоб прання було ефективним. Це такі параметри [1]:

- температурний режим;
- - програма прання;
- - швидкість віджимання та інше.

У процесі підготовки білизна розподіляється на типи тканин. Далі слідує сортування одягу за кольором. В одній стопці має бути біла, у другій – кольорова. Не можна також нехтувати і ступенем забрудненості. Якщо є дуже брудні речі, слід скористатися режимом попереднього прання.

Визначити вагу білизни і розрахувати скільки кілограмів можна завантажити в барабан, вам допоможе інструкція, яка додається до пральної машини.

Спочатку слід спиратися на технічні характеристики та рік виробництва – вага залежить від цих показників. Практично всі сучасні моделі машин не мають мінімальних вагових обмежень, тому можна випрати навіть одну носову хустку. Більш ранні моделі не перуть білизну вагою менше 1,5 кг.

Заповнюючи барабан машини, необхідно звертати увагу на тип тканини, оскільки під час намокання у речей буде різна маса. Наприклад, речі з легкого матеріалу стають набагато важчими у мокрому вигляді порівняно з одягом із тканини із щільною структурою. В інструкції з експлуатації машини зазначено, що барабан можна заповнювати повністю, але при цьому не рекомендується



впритул втрамбувати речі. Виробами із синтетики, заповнюйте барабан наполовину. Вовняними речами можна заповнити третину барабана. Кількість білизни в барабані під час прання прямо пропорційно тому, який рівень вібрацій буде під час віджимання. А це безпосередньо впливає на термін служби машини.

Іноді виробники не вказують цю характеристику, посилаючись на те, що в машину можна класти багато речей нібито для економії на електроенергії. Але не всім така важлива економія, як можливість швидко освіжити пару футболка, сорочку або сукню. Саме тому у багатьох машинах мінімальне завантаження становить 1 кг.

При максимальній швидкості віджимання розподіл білизни по барабану повинен бути рівномірним, інакше трапиться розбалансування, що може призвести до серйозних поломок. Якщо не дотримуватися вказаного вище правила, тряска та вібрації барабана забезпечені. І не має значення, наскільки якісно встановлена пральна машина-автомат, все одно залишиться внутрішня вібрація. Це загрожує появою мікротріщин в деталях машини.

Висновок: краще не випробувати техніку пранням кількох речей, вага яких не досягає 1 кілограма.

Максимальне завантаження – не менш важливий параметр прання. Місткість сучасних моделей заявляється навіть понад 12 кг сухої білизни, але фахівці ставляться до цього скептично.

Наприклад, спробуємо розрахувати, скільки важить підковдра і простирadlo: приблизно 900-1100 грам. Це означає, що в машину з місткістю 10 кг поміститься 5 таких комплектів. Але насправді навряд чи ви помістите в барабан стільки білизни за 1 раз. Виробники часто намагаються показати, що їх техніка краща, ніж є насправді, тому місткість барабана навмисно завищується.

Максимальна місткість прання - це показник того, яку вагу прокручує барабан, не перевантажуючи двигун техніки. Але не обов'язково постійно завантажувати машину до краю. Часто доводиться прати об'ємні речі, що мають невелику вагу.

До того ж, від густини та структури матеріалу залежить і те, наскільки тканина вбирає воду. Допустимо, ви захочете випрати плед. Сухим він легко поміститься в тазу, але прати його в тазу вручну вже складніше, адже плед вбере воду, стане об'ємніше і важче. Тому найпростіше помістити виріб у ванну, яка значно просторіша. Те саме відбувається і в барабані. Чим вище цифра максимального завантаження, тим об'ємнішою в нього поміститься річ. Тобто машину на 10 кг беруть не для того, щоб прати в ній по 10 кг білизни, а для того, щоб у її барабані містилися об'ємні речі – куртки, пальто, пледи, ковдри та інше. Вага білизни, що завантажуються, вимірюється в сухому вигляді.

#### Особливості та визначення ваги білизни для пральної машини

Кожна річ вимірюється в грамах, наприклад, вага жіночої футболки варіюється в межах 70-140 г. Зазвичай вага повного комплекту становить 1,26-1,5 кг. Спеціально для зручності є приблизні дані, де вказана вага сухої нижньої білизни (таблиця 1.1) [1].

Таблиця 1.1.

#### Приблизна вага білизни та одягу

Постільна білизна	Вага, грам
Повний комплект (бавовна)	1500
Підковдра	500-650
Простирadlo	400-450
Наволочка (шт.)	180-200
Рушник	200-600

Одяг	Жіноча, гр	Чоловіча, гр	Дитяча, гр
Футболка	70-140	220-300	50-80
Блуза, сорочка	100-250	120-180	60-120
Костюм	900	1200-1600	
Спорт. костюм	650-750	1000-1300	400-600
Джинси	400-500	650-700	200-400
Штани	300-400	600-700	150-200
Шорти	150-250	250-350	80-150
Вітрівка	400-600	800-1200	300-500
Куртка синтепон	350-400	500-650	250-400
Пуховик	1000	1400-1800	500-900
Піжама	300-400	350-500	50-150
Халат	400-600	500-700	50-150
Светр вовна	400-500	450-600	200-350
Кросівки	400-500	600-800	100-300

Можна легко розраховувати вагу білизни, що завантажується в барабан. Якщо місткість машини всього 5 кг, на будь-якій програмі для тканин з бавовни в ній поміститься пара халатів і кілька рушників. У барабані має бути достатньо місця, щоб білизна не закручувалась і вільно оберталася. Що стосується курток, пуховиків та іншого верхнього одягу, рекомендується їх прати окремо від іншого одягу.

Щоб не трапився дисбаланс барабана, не можна завантажувати з великими речами маленькі, щоб вони не сплуталися в одну велику грудку.

Пральна машина може бути оснащена «розумною» функцією автоматичного зважування. У такому разі не доведеться розраховувати вагу брудної білизни під час завантаження, оскільки машина сама отримає важливу інформацію. Плюс функції: визначивши вагу речей, машина сама розрахує кількість необхідної води та встановить оптимальний режим прання. Також функція хороша тим, що вона гарантує надійний захист від поломок, оскільки не допустить перевантаження барабана.

## 1.2. Система керування FUZZY LOGIC

В останнє десятиліття в області автоматичного керування різними технічними пристроями та, зокрема, у виробках побутової техніки отримали розвиток системи, що базуються на так званій «нечіткій логіці» (Fuzzy Logic).

Вперше термін Fuzzy Logic був запроваджений американським професором азербайджанського походження Лотфі Заде у 1965 р. у роботі «Нечіткі множини», опублікованій у журналі «Інформатика та управління» [2]. Підставою для створення нової теорії послужила суперечка професора зі своїм другом про те, чия дружина привабливіша. До єдиної думки вони, звичайно, так і не дійшли. Це змусило Заде сформулювати концепцію, що виражає нечіткі поняття типу «привабливість» у числовій формі.

Сферою застосування алгоритмів нечіткої логіки є різні експертні системи, у тому числі: нелінійний контроль за виробничими процесами; самонавчання системи, дослідження ризикових та критичних ситуацій; розпізнавання образів та ін.

На відміну від традиційної математики, що вимагає кожному етапі моделювання точних і однозначних формулювань закономірностей, нечітка логіка пропонує інший рівень підхід, у якому постулюється лише мінімальний набір закономірностей.

Нечіткі числа, одержувані внаслідок «не цілком точних вимірів», багато в чому аналогічні розподілам теорії ймовірностей. У межі, при зростанні точності, нечітка логіка приходить до стандартної Булевої. Порівняно з імовірнісним методом, нечіткий метод дозволяє різко скоротити обсяг обчислень, що, в свою чергу, призводить до збільшення швидкодії нечітких систем.

### **1.3. Базові поняття нечіткої логіки**

Прогноз погоди зазвичай має такий вигляд: завтра температура повітря +5°C, можливий дощ. І тут навіть професійні синоптики що неспроможні точно сказати, буде дощ чи ні. Це і є проявом нечіткої логіки: погода завтра може

бути в даному випадку як просто похмурою, так і дощовою: події тут передбачаються з певною часткою впевненості (рангом).

Розглянемо тепер інший приклад, що з віком людини (рис. 1.1) [2].

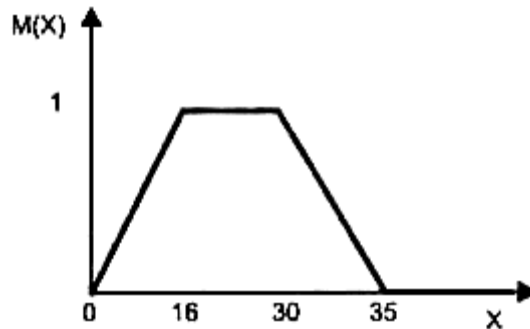


Рис. 1.1. Нечітка множина для терміна «молодий»

До 16 років не можна однозначно стверджувати, що людина молода (наприклад, 15-річні відносяться до категорії «молодої» з рангом близько 0,9). Зате діапазону від 16 до 30 лет можна присвоїти ранг 1, тобто. людина у цьому віці справді молода.

Після 30 років людина вважається вже не молодого, але ще й не старого, тут приналежність (ранг) терміну «молодий» віку прийматиме значення в інтервалі від 0 до 1. І чим більше вік людини, тим меншою стає його приналежність до відповідного терму ( див. нижче), тобто. ранг прагнучиме до 0.

Таким чином, була отримана нечітка множина, що описує поняття молодості для всього діапазону віку людини. Якщо запровадити інші терміни (наприклад, «дуже молодий», «старий» тощо), можна охарактеризувати таку змінну, як вік, що з кількох нечітких множин і повністю перекриває весь життєвий період людини.

Ключовими поняттями нечіткої логіки є:

- фазифікація — зіставлення безлічі значень аргументу ( $x$ ) певної функції власності  $M(x)$ , тобто. переклад значень ( $x$ ) у нечіткий формат (див. приклад із терміном «молодий»);

- дефазифікація - процес, зворотний фазифікації.

Всі системи з нечіткою логікою функціонують за одним принципом: показання вимірювальних приладів фазифікуються (переводяться в нечіткий формат), обробляються, дефазифікуються і у вигляді звичних сигналів подаються на виконавчі пристрої.

Функція власності — це ймовірність, бо нам невідомий статистичний розподіл, немає повторюваності експериментів.

Так, якщо взяти з розглянутого вище прикладу прогнозу погоди дві взаємовиключні події: «буде дощ» і «дощу не буде» і привласнити їм деякі ранги, то сума цих рангів необов'язково дорівнюватиме 1 (але якщо рівність все-таки є, то нечітка кількість вважається нормованим). Значення функції власності  $M(x)$  можна взяти лише з апіорних знань, інтуїції (досвіду), опитування експертів.

У нечіткій логіці вводиться поняття лінгвістичної змінної, значеннями якої не числа, а слова природного мови, звані термами. Наприклад, а у разі управління мобільним роботом, завданням якого є об'їзд перешкод, можна ввести дві лінгвістичні змінні: ДИСТАНЦІЯ (відстань від робота до перешкоди) та НАПРЯМОК (кут між поздовжньою віссю робота та напрямком на перешкоду).

Розглянемо лінгвістичну змінну ДИСТАНЦІЯ. Значеннями її можна визначити терми ДАЛЕКО, СЕРЕДНЯ, БЛИЗЬКО та ДУЖЕ БЛИЗЬКО. Для фізичної реалізації лінгвістичної змінної необхідно визначити точні фізичні значення термів цієї змінної.

Нехай змінна ДИСТАНЦІЯ може приймати будь-яке значення діапазону від нуля до нескінченності. Відповідно до положень теорії нечітких множин, у такому разі кожному значенню відстані з зазначеного діапазону може бути поставлене у відповідність деяке число від нуля до одиниці, яке визначає ступінь приналежності даної фізичної відстані (припустимо 40 см) до того чи іншого терміну лінгвістичної змінної ДИСТАНЦІЯ.

Ступінь приналежності визначається так званою функцією приналежності  $M(d)$ , де  $d$  відстань до перешкоди. У нашому випадку відстані 40 см можна задати ступінь належності до терму дуже близько, рівну 0,7, а до терму близько - 0,3 (див. рис. 1.2.).



Рис. 1.2. Лінгвістична змінна та функція приладдя

У кожному даному випадку визначення ступеня власності дається експертами, які розробляють систему управління.

Змінним НАПРЯМОК, який може набувати значень в діапазоні від 0 до 360°, поставимо терми ЛІВЕ, ПРЯМО І ПРАВОЕ. Тепер потрібно задати вихідні змінні. У аналізованому прикладі достатньо однієї змінної, яка називатиметься РУЛЬОВИЙ КУТ. Вона може містити терми: РІЗКО ВЛІВО, ВЛІВО, ПРЯМО, ВПРАВО. РІЗКО ВПРАВО.

Зв'язок між входом та виходом фіксується у таблиці нечітких правил (табл. 1.2).

Таблиця 1.2.

Таблиця нечітких правил для мобільного робота

Якщо дистанція близько і напрямок правий, то рулевий кут різко вліво

		Дистанція			
		Дуже близько	Близько	Середня	Далеко
напрямок	правий	різко вліво	різко вліво	вліво	прямо
	прямо	різко вліво	вліво	вліво	прямо
	лівий	різко вправо	різко вправо	вправо	прямо

Якщо дистанція далеко, то рулевий кут прямо

Кожний запис у даній таблиці відповідає своєму нечіткому правилу, наприклад: «Якщо ДИСТАНЦІЯ БЛИЗЬКО і НАПРЯМОК ПРАВО, тоді РУЛЬОВИЙ КУТ РІЗКО ВЛІВО».

Таким чином, мобільний робот з нечіткою логікою буде працювати за таким принципом: дані з сенсорів про відстань до перешкоди і направлення на неї будуть фазифіковані, оброблені згідно з табличними правилами, дефазифіковані, і отримані дані у вигляді сигналів, що управляють, надійдуть на привід робота.

#### 1.4. Загальна структура нечіткого мікроконтролера

Загальна структура мікроконтролера, який використовує нечітку логіку, показано на рис. 1.3.



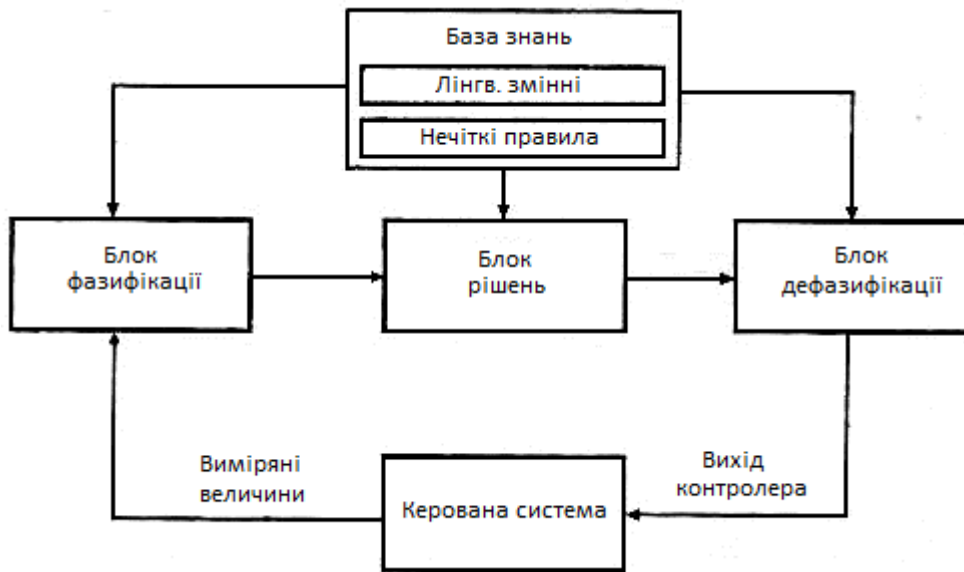


Рис. 1.3. Загальна структура нечіткого мікроконтролера

Вона містить у своєму складі наступні складові: блок фазифікації; основу знань; блок розв'язків; блок дефазифікації.

Блок фазифікації перетворює чіткі («csisp») величини, виміряні на виході об'єкта управління, в нечіткі величини, що описуються лінгвістичними змінними на основі знань.

Блок рішень використовує нечіткі умовні («if— then») правила, закладені основою знань, перетворення нечітких вхідних даних у необхідні управляючі впливи, які мають також нечіткий характер.

Блок дефазифікації перетворює нечіткі дані з виходу блоку рішень на чітку величину, яка використовується для управління об'єктом.

Як мікроконтролери, що підтримують нечітку логіку, можна назвати 68HC11, 68HC12 фірми Motorola, MCS-96 фірми Intel, а також деякі інші.

Паралельно з розвитком відповідної елементної бази розвиваються інструменти програмування, які дозволяють як моделювати систему управління з нечіткою логікою, так і отримувати машинні коди, що використовуються згодом у «залізі».

## 1.5. Fuzzy Logic у пральній машині

На рис. 1.4 показана схема мікроконтролера системи Fuzzy Logic, що керує роботою пральної машини.

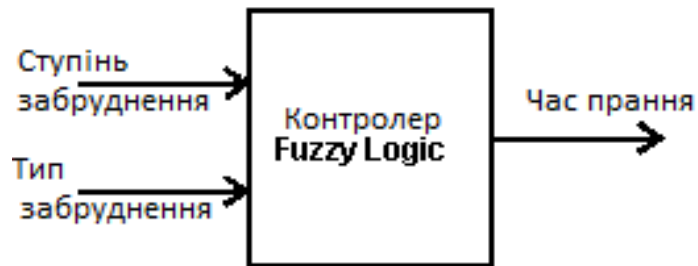


Рис. 1.4. Схема мікроконтролера системи Fuzzy Logic, що управляє роботою пральної машини

На вхід мікропроцесора надходить інформація про рівень забруднення білизни та тип забруднення. Вихідним параметром є час прання.

Обидва вхідні параметри виходять від одного оптичного датчика прозорості миючого розчину в баку пральної машини (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Оптичний датчик прозорості розчину

Про рівень забруднення можна судити з прозорості миючого розчину; що нижче забруднення білизни, то прозоріше вода.

Першим вхідним параметром є «ПРОЗОРНІСТЬ РОЗЧИНУ». Про тип забруднення можна судити за швидкістю зміни прозорості розчину (або,

іншими словами, за часом його насичення); жирні забруднення малорозчинні у питній воді та його концентрація у розчині повільніше виходить рівень насичення.

Забруднення низької жирності розчиняються краще, і розчин у баку пральної машини швидше стає насиченим.

Другим вхідним параметром тут є «ЧАС НАСИЩЕННЯ РОЗЧИНУ»

Таким чином, можна побудувати дві функції приналежності: в одному випадку аргументом є ступінь забруднення білизни (рис. ба) в іншому - тип забруднення (рис. бб). Як діапазон зміни аргументу приймається інтервал значень від 0 до 100.

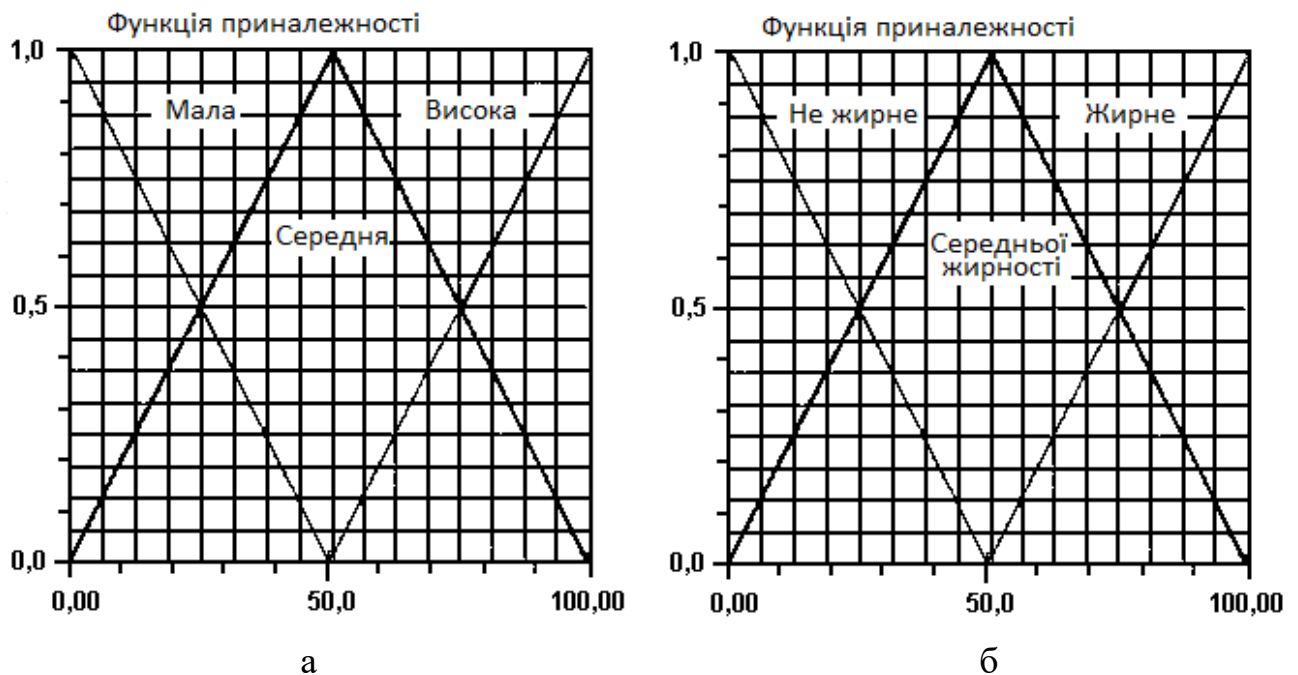


Рис. 1.6. Функція приналежності для аргументу: а - «ступінь забруднення»; б - "тип забруднення"

Значення вихідного параметра «ЧАС ПРАННЯ» (в даному випадку це чітка величина, що вимірюється в хвилинах) визначається за допомогою набору нечітких правил «якщо... то», наприклад: «Якщо ПРОЗОРНІСТЬ РОЗЧИНУ НИЗЬКА і ЧАС НАСИЩЕННЯ РОЗЧИНУ ВЕЛИКО, то ».

Або, що те саме: «Якщо ступінь забруднення висока і забруднення жирне, то час прання велике».

Повну таблицю нечітких правил для пральної машини наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3.

Таблиця нечітких правил для пральної машини

		Ступінь забруднення		
		Мала	Середня	Висока
Тип забруднення	Нежирне	Дуже малий	Малий	Середній
	Середньої жирності	Середній	Середній	Великий
	Жирне	Великий	Великий	Дуже великий

Час прання

При цьому градації величини «ЧАС ПРАННЯ» чітко визначено:

ДУЖЕ ВЕЛИКЕ - 60 хв;

ВЕЛИКЕ-40 хв.

СЕРЕДНІШЕ-20 хв;

МАЛЕ-12 хв;

ДУЖЕ МАЛЕ-8 хв.

Характер залежності вихідного параметра «ЧАС ПРАННЯ» від значення функції приладдя показаний на рис. 1.7.

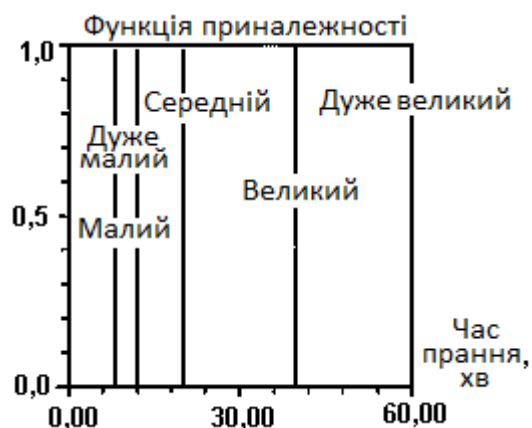


Рис. 1.7. Характер залежності вихідного параметра «Час Прання» від значення функції приналежності

Спільний вплив двох функцій приналежності (двох вхідних параметрів) на значення вихідного параметра «ЧАС ПРАННЯ» виражається залежністю, показаною на рис. 1.8.

В даному прикладі, що пояснює принцип побудови системи Fuzzy Logic, яка керує пральною машиною, розглядався лише один вихідний параметр — «ЧАС ПРАННЯ».

Дотримуючись того ж принципу, в реальних системах управління розглядаються й інші вихідні параметри, наприклад, «РІВЕНЬ ВОДИ», «ШВИДКІСТЬ ОБЕРТАННЯ ПРИ ВІДЖИМУ» і т.д., а серед вхідних параметрів, крім розглянутих у даному прикладі, фігурують також «Жорсткість води », «ЗАВАНТАЖЕННЯ БІЛИЗНИ», «ТИП БІЛИЗНИ». Набір нечітких правил у разі представляє багатопараметричну таблицю, за якою відбувається прийняття рішення (рис. 1.9).

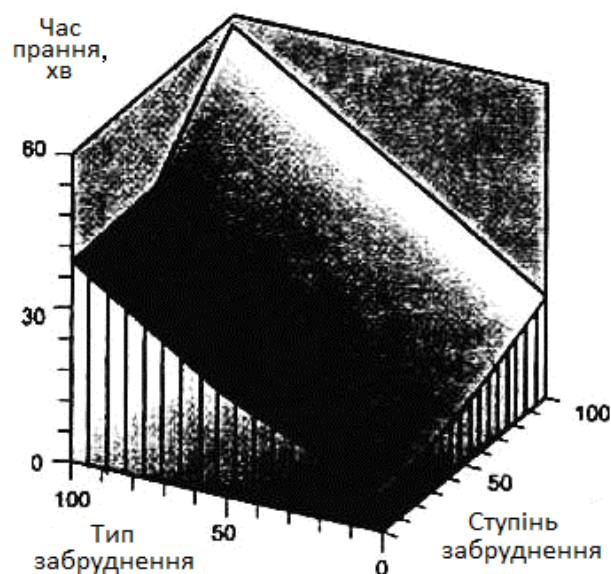


Рис. 1.8. Залежність вихідного параметра «Час прання» від значень двох функцій приналежності



Рис. 1.9. Прийняття рішення системою управління набором значень вхідних параметрів

Число можливих варіантів програми прання при цьому обчислюється багатьма сотнями, в чому виражається якісна відмінність пральних машин з системою управління Fuzzy Logic від машин з електромеханічною системою управління.

### 1.6. Переваги і недоліки машин з функцією FUZZY LOGIC

Виходячи їх принципу роботи даної функції, можна визначити такі переваги прання в машині з FUZZY LOGIC:

- зниження часу прання за рахунок визначення ступеня забруднення.
- зниження споживання води за рахунок зважування білизни.
- зниження енергоспоживання за рахунок зниження обсягу води, яке потрібно підігріти.
- автоматизація процесу прання.

З такою функцією немає необхідності виставляти обороти віджиму, температуру та інші параметри вручну.

Про недоліки даної функції можна говорити, судячи з відгуків споживачів, адже маркетологи можуть тільки хвалити свій товар. Але чи дійсно машина виконує заявлену роботу на всі сто. Ось, що відзначають люди:

- наявність складної електроніки може знижувати довговічність техніки;
- можливе автоматичне коректування програми в ході прання, що впливає на точність часу закінчення програми.

В цілому, споживачі, які використовують пральну машину з інтелектуальною функцією, відзначають позитивні сторони, їх більше, ніж негативних. Цінителі техніки говорять про те, що функція fuzzy logic - це і є справжнє електронне управління процесом прання.

Загалом, скільки людей - стільки думок. Користуватися вдосконаленою технікою чи ні, вирішувати користувачу.

Функція fuzzy logic є в пральних машинах різних марок, розглянемо деякі з них.

Zanussi ZWSG 7101 V (рис.1.10). Це містка пральна машина з компактними габаритами та класом енергетичної ефективності A++.



Рис. 1.10. Пральна машина Zanussi ZWSG 7101 V

При глибині всього 39 см ви можете завантажити в барабан до 6 кг білизни. Користувачеві доступно 14 автоматичних програм, у кожній з яких

можна налаштувати параметри температури води та інтенсивності віджиму. Характеристики: Місткість: 6 кг. Вага: 64 кг. Витрати води за прання: 48 літрів. Клас енергетичної ефективності: А ++. Розміри (ШхГхВ): 60х39х85. Віджимання: 1000 об/хв. Програми: 14 шт (Делікатна, Економічна, Швидка, Попередня тощо). Клас прання/віджиму: А/С. Захист: від протікання, від дітей, контроль дисбалансу та піни. Особливості: вибір температури прання, оповіщення про закінчення програми, відстрочення запуску до 20 годин. Плюси: Просте та зрозуміле управління. Докладна інструкція. Добре виполіскує речі. Коригує час програми, залежно від ваги білизни. Мінуси: Нема автоматичної програми на 90 градусів. Прання на програмі «Бавовна» 200 хвилин. Шумний віджим, особливо, якщо стоїть прямо на плитці Коментар експерта! Рекомендується використовувати антивібраційні підставки, встановлювати СМА за рівнем. Нема нижньої панелі (дна) – звідси і шум. Немає ізоляції від шуму та вібрацій. Запах порошку на високотемпературному пранні. Короткий шланг.

BOSCH WLG20265OE [3] (рис.1.11). Це тонка модель, розрахована на 5 кг.



Рис. 1.11. Пральна машина BOSCH WLG20265OE

Є режими для прання верхнього одягу, сорочок та сорочок, також передбачено нічний цикл. Реалізовано можливість додавання речей у барабан



під час прання. Блокування протікання та дитячий захист – додаткові особливості.

LG F-10B8ND [3] (рис.1.12). Це машина, що окремо стоїть, на 6 кг завантаження, віджимом 1000 оборотів в хвилину і класом енергетичної ефективності А.



Рис. 1.12. Пральна машина LG F-10B8ND

Одна з найпопулярніших моделей, завдяки вартості. Користувачі оцінили дизайн, просте керування, тиху роботу, зручну кювету для порошку та інші особливості пристрою. Покупці незадоволені тим, що більшість із 13 програм занадто довгі, але їх можна налаштовувати, тим більше інтелектуальна функція коригує тривалість режиму, виходячи з ваги речей. Параметри: Місткість: 6 кг. Вага: 59 кг. Витрати води за прання: 56 літрів. Клас енергетичної ефективності: А. Розміри (ШхГхВ): 60x44x85. Віджимання: 1000 об/хв. Програми: 13 шт (Ділікатна, Економічна, Швидка, Попередня тощо). Клас прання/віджиму: А/В. Захист: від протікання (частковий), від дітей, контроль дисбалансу та піни. Особливості: вибір температури прання, оповіщення про закінчення програми, відстрочення запуску до 19 годин, Smart Diagnosis.

Electrolux PerfectCare 600 EW6S4R04W [3] (рис.1.13). Ще одна популярна модель за прийнятною ціною.



Рис. 1.13. Пральна машина Electrolux PerfectCare 600 EW6S4R04W

Машина розрахована на 4 кг білизни та оснащена сенсорним керуванням. У ній передбачено 14 програм та є функція «анти-алергія». Параметри: Місткість: 4 кг. Клас енергетичної ефективності: A+. Розміри (ШхГхВ): 60х34х85. Віджимання: 1000 об/хв. Програми: 14 шт (Делікатна, Швидка, Попередня, Подача пари тощо). Клас прання/віджиму: А/С. Захист: від протікання, від дітей, контроль дисбалансу та піни. Особливості: вибір температури прання, оповіщення про закінчення програми, відстрочка старту. Плюси: Багато програм. Чи не стрибає при віджимі. Зручне керування. Мінуси: Шумновата у роботі.

Samsung WF1802XEC [3] (рис.1.14). Ще один повногабаритний представник пральної техніки.



Рис. 1.14. Пральна машина Samsung WF1802XEC

Крім Fuzzy Logic є система "Еко Бабл". Оснащена 9 програмами. Є опція, що освіжає одяг без прання. Вартість кожної моделі коливається від 25 до 100 тисяч рублів, тому підібрати можна на свій смак та гаманець. Не потрапте на вудку маркетологів, купуйте тільки моделі з опцією визначення ваги білизни, інакше економії при пранні ви не дочекаєтеся. Будьте пильні та підбирайте тільки якісну «розумну» техніку.

## **Висновки по розділу 1**

1. Вага білизни, що завантажується в автоматичні пральні машини має велике значення з наступних причин:

- для забезпечення якості прання;
- для помірності навантажень на електродвигун і механічні елементи конструкції машини;
- на довговічність машини;
- на витрати води;
- на витрати електроенергії.

2. Системи вимірювання кількості білизни в більшості сучасних пральних машин є недосконалими. У більшості машин система автоматичного зважування це просто датчик рівня води (пресостат). Різні типи білизни і різні її кількість вбирає різну кількість води.

3. Перспективним напрямом розвитку автоматичних пральних машин є застосування в системах керування функції нечіткої логіки Fuzzy Logic

## РОЗДІЛ 2

### ПОШУК ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРАЛЬНОЮ МАШИНОЮ

#### 2.1. Аналіз патентних рішень, що присвячені вимірювання ваги білизни в пральній машині

У пральній машині вимірювання ваги білизни впливає на зниження споживання води. Отже, метою є поліпшення способу вимірювання ваги білизни.

В патенті [4] Пропонується спосіб вимірювання ваги білизни, включаючи виконання операції по запуску двигуна для приведення в рух активатора в початковому стані спокою до максимальної швидкості обертання, по виключенню двигуна, так щоб обертати двигун за інерцією, по запуску двигуна знову, перш ніж швидкість обертання двигуна досягає 0; і по виключенню двигуна знову, перш ніж швидкість обертання двигуна досягає максимальної швидкості обертання, для того, щоб обертати двигун за інерцією, поки двигун не зупиниться, причому вага білизни вимірюється з використанням зворотної електрорушійної сили, що генерується, коли двигун повторно вимикається.

Вимірювання ваги білизни з використанням зворотної електрорушійної сили може бути виконане розрахунком ваги білизни з використанням підрахунку числа імпульсів, вказуючих зворотну електрорушійну силу, що генерується, коли двигун остаточно вимкнений.

При запуску двигуна для приведення в рух активатора в початковому стані спокою до максимальної швидкості обертання час приведення в рух двигуна може бути визначений без навантаження.

Запуск двигуна знову, коли швидкість обертання досягає 0, може включати запуск двигуна знову, перш ніж швидкість обертання двигуна досягає 0 при повному завантаженні.

При виключенні двигуна знову, перш ніж швидкість обертання двигуна

досягає максимальної швидкості обертання, визначення того, чи не є швидкість обертання двигуна максимальною швидкістю обертання, може бути зроблено без навантаження.

Запуск двигуна повторно, перш ніж швидкість обертання двигуна досягає 0, і інерційне обертання двигуна можуть бути виконані багато разів, і двигун може бути остаточно вимкнений, для того, щоб обертати двигун за інерцією до тих пір, поки двигун не зупиниться, а вага білизни може бути зміряна з використанням зворотної електрорушійної сили, що генерується, коли двигун остаточно вимкнений.

Число імпульсів, вказуючих зворотну електрорушійну силу, що генерується, коли двигун остаточно вимкнений, може бути пораховане, і вага білизни може бути розрахована з використанням накопиченого рахунку, отриманого акумуляцією числа імпульсів, порахованих при виконанні операції, що повторюється, задане число разів.

Напрямок обертання двигуна може бути змінений, коли операція циклічно виконується задане число разів.

Спосіб вимірювання ваги білизни включає виконання операції по запуску двигуна для обертання активатору в початковому стані спокою до максимальної швидкості обертання і по циклічному включенню і виключенню двигуна багато разів, при цьому підтримуючи швидкість обертання двигуна в рамках заданого діапазону; і вимірювана вага білизни з використанням зворотної електрорушійної сили, що генерується двигуном, коли двигун остаточно вимкнений.

Вимірювання ваги білизни, що використовує зворотну електрорушійну силу, може включати розрахунок ваги білизни з використанням підрахунку числа імпульсів, вказуючих зворотну електрорушійну силу, що генерується, коли двигун остаточно вимкнений.

При підтримці швидкості обертання двигуна в рамках заданого діапазону швидкість обертання двигуна може підтримуватися між максимальною швидкістю обертання і 0 при будь-якому навантаженні.

При підтримці швидкості обертання двигуна в рамках заданого діапазону двигун може контролюватися, щоб управлятися так, щоб швидкість обертання двигуна була рівна або менше, ніж максимальна швидкість обертання без навантаження.

При підтримці швидкості обертання двигуна в рамках заданого діапазону двигун може контролюватися, щоб управлятися так, щоб швидкість обертання двигуна була рівна або більш ніж 0 при повному завантаженні.

Число імпульсів, вказуючих зворотну електрорушійну силу, що генерується, коли двигун остаточно вимкнений, може бути підраховане і вага білизни може бути розрахована з використанням накопиченого рахунку, отриманого акумуляцією числа імпульсів, порахованих при виконанні операції, що повторюється, задане число разів.

Напрямок обертання двигуна може бути змінений, коли вимірювання операції циклічно виконується задане число разів.

Згідно варіантам здійснення, різниця зворотної електрорушійної сили, що генерується двигуном відповідно до того, що білизну збільшує вага (бака), збільшена, так щоб точно зміряти вагу білизни. Отже, ефективність вимірювання ваги поліпшується.

Як показано на рис. 2.1, пральна машина 1 включає корпус 10, що формує зовнішній вигляд такий, бак 24, поміщений усередині корпусу 10, здатний обертатися бак 30, поміщений усередині бака 24, і активатор 100, поміщений усередині бака, що обертається, 30, для утворення потоку води.

Отвір 11, використовуване для закладання білизни в бак, що повертається, 30, сформовано у верхній стороні корпусу 10. Отвір 11 відкривається або закривається дверцями 12, змонтованою на корпусі 10.

Контрольна панель 13 надається на верхній стороні корпусу 10, для того, щоб отримувати команди користувача і показувати стан операцій.

Бак 24 підтримується в корпусі 10 несучим пристроєм 40 для з'єднання нижньої сторони зовнішньої поверхні бака 24 і верхньої сторони внутрішньої поверхні корпусу 10.

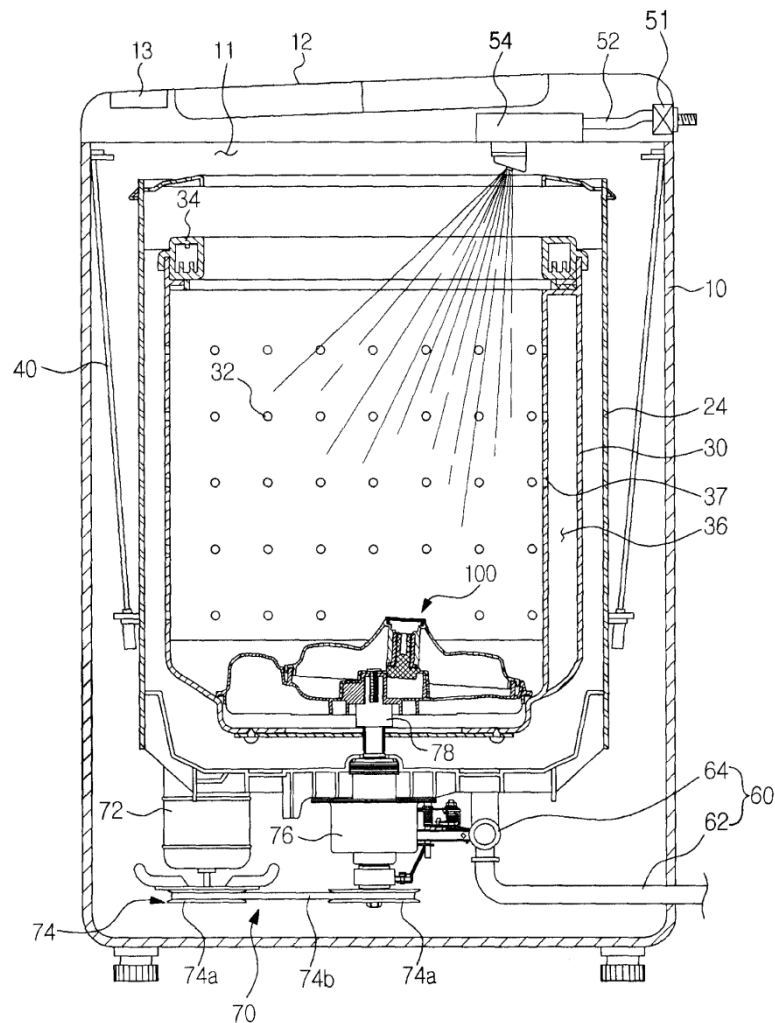


Рис. 2.1. Пральна машина, що має похило змонтований активатор

Трубка подачі води 52 для подачі миючої води всередину бака 24 змонтована над баком 24. Одна сторона трубки подачі води 52 підключається до зовнішнього джерела подачі води (не показаний) через клапан подачі води 51, а інша сторона трубки подачі води 52 підключена до пристрою подачі миючого засобу 54. Вода, що подається через трубку подачі води 52, подається всередину бака 24 через пристрій подачі миючого засобу 54 спільно з миючим засобом.

Пристрій зливу 60 для зливу миючої води, що міститься в баку 24, назовні з пральної машини 1 змонтовано нижче за бак 24. Пристрій зливу 60 може включати трубку водовідведення 62, сполучену з нижньою стороною бака 24, і зливний клапан 64, змонтований на трубці водовідведення 62. Зливний

насос (не показаний) для примусового зливу миючої води з бака 24 може бути змонтований в трубі водовідведення 62.

Бак, що обертається, 30 є баком циліндрової форми, що має відкриту верхню сторону, і має безліч отворів 32, утворених на бічній поверхні такого. Стабілізатор 34 може бути змонтований на баку, що обертається, 30 таким чином, що бак, що обертається, 30 стабільно обертається при великій швидкості. Канал 36 змонтований на внутрішній поверхні бака, що обертається, 30 так, щоб миюча вода циркулювала в баку, що обертається, 30. Зливний отвір 37 для зливу миючої води сформовано в каналі 36.

Пристрій приводу 70 змонтовано нижче за бак 24. Пристрій приводу 70 включає двигун 72, пристрій трансмісії потужності 74, муфту 76 і приводний вал 78. Приводний вал 78 сполучений з активатором 100 для того, щоб передавати потужність двигуна 72 активатору 100.

Потужність двигуна 72 передається муфті 76 через пристрій трансмісії потужності 74. Пристрій трансмісії потужності 74 може включати шків 74а і ремінь 74b для з'єднання шківів 74а. Муфта 76 переривисто передає потужність двигуна 72, так щоб крутити бак, що обертається, 30 і активатор 100 або крутити активатор 100 в змозі, в якому бак, що обертається, 30 зупинений.

Активатор 100 змонтований під кутом по відношенню до горизонтального напрямку. Структура монтажу активатору 100 цим не обмежується, і активатор 100 може бути змонтований горизонтально, так щоб обертатися разом з баком, що обертається, 30 або обертатися в змозі, в якому бак, що обертається, 30 зупинений відповідно до дії муфти 76.

На рис. 2.2 представлена структурна схема контрольного блоку пральної машини.

Контрольна панель 13 може включати блок введення 14 і блок відображення 15. Блок введення 14 включає безліч кнопок для отримання команд користувача, а блок відображення 15 може включати безліч ламп і светоізлучаючих діодів для відображення стану операцій або стану установок пральної машини.



Датчик рівня води 16 вимірює рівень води, що заповнює бак 24, і надає рівень води контролеру 17.



Рис. 2.2. Структурна схема контрольного блоку пральної машини

Контролер 17 видає контрольний сигнал клапана приводу клапана 22, для того, щоб відкрити або закрити клапан подачі води 51 або відкрити або закрити зливний клапан 64 для подачі або зливу води. Привід клапана 22 може відкрити або закрити клапан подачі води 51 відповідно до контрольного сигналу клапана контролера 17. Привід клапана 22 може відкрити або закрити зливний клапан 64 відповідно до контрольного сигналу клапана контролера 17.

Контролер 17 видає приводу двигуна 20 контрольний сигнал двигуна, для того, щоб запустити двигун 72 в операційних режимах для виконання операції вимірювання ваги білизни, миючого циклу і циклу відведення води.

Привід двигуна 20 може підключати або відключати джерело електроживлення або від двигуна 72 відповідно до контрольного сигналу двигуна, так щоб включити або вимкнути двигун.

Як двигун 72 може використовуватися однофазний індукційний двигун, який досягає максимальної швидкості обертання, коли проходить заданий час з моменту подачі живлення.

Контролер 17 видає приводу муфти 23 контрольний сигнал муфти, для

того, щоб управляти муфтою 76 для періодичної передачі потужності двигуна 72. Привід муфти 23 приводить в дію муфту 76 відповідно до контрольного сигналу муфти так, щоб крутити бак, що повертається, 30 і активатор 100, або щоб обертати активатор 100 в змозі, в якому бак, що обертається, 30 зупинений.

Коли зворотна електрорушійна сила генерується двигуном 72, детектор зворотної електрорушійної сили 21 видає імпульси відповідно до зворотної електрорушійної сили. А саме, коли двигун 72 вимкнений, струм зворотної електрорушійної сили, що генерується двигуном 72, ослабляється інерцією обертання у формі синусоїди. В цей час детектор зворотної електрорушійної сили 21 формує прямокутні імпульси, засновані на переході через нуль (0 В) синусоїди, і надає прямокутні імпульси контролеру 17.

Як детектор зворотної електрорушійної сили 21 може бути використаний фотодатчик.

Коли білизна закладена в бак 24, для того, щоб почати миючий цикл, контролер 17 може виконати режим вимірювання ваги білизни перед подачею води, так щоб обчислити вагу білизни і визначити кількість подачі води, час прання і час видалення води, засновані на обчисленій вазі білизни.

У режимі вимірювання ваги білизни контролер 17 видає контрольний сигнал двигуна приводу двигуна 20, заснований на інформації управління двигуном, що зберігається в пам'яті 19, тим самим циклічно включаючи або вимикаючи двигун 72.

Коли двигун 72 вимкнений, детектор зворотної електрорушійної сили 21 подає прямокутні імпульси контролеру 17 відповідно до струму зворотної електрорушійної сили, інерції обертання, що згенерувала. Лічильник 18 підраховує число прямокутних імпульсів. Операція вимірювання ваги циклічно виконується задане число разів, числа прямокутних імпульсів, підраховані при циклічному виконанні операції вимірювання ваги, накопичуються, і вага білизни обчислюється контролером 17 згідно накопиченому рахунку. Дані про вагу білизни, відповідні накопиченому рахунку, зберігаються в пам'яті 19 наперед. Коли вага білизни обчислена згідно накопиченому рахунку, точність

обчислення ваги може бути покращувана. Проте, коли число повторних операцій вимірювання ваги збільшене, час обробки збільшується. Тому число повторних операцій вимірювання ваги адекватно визначається експериментальним шляхом.

На рис. 2.3 представлено графік, що ілюструє зворотну електрорушійну силу двигуна, змінену відповідно до того, що білизна збільшує вагу, коли застосовується спосіб вимірювання ваги білизни.

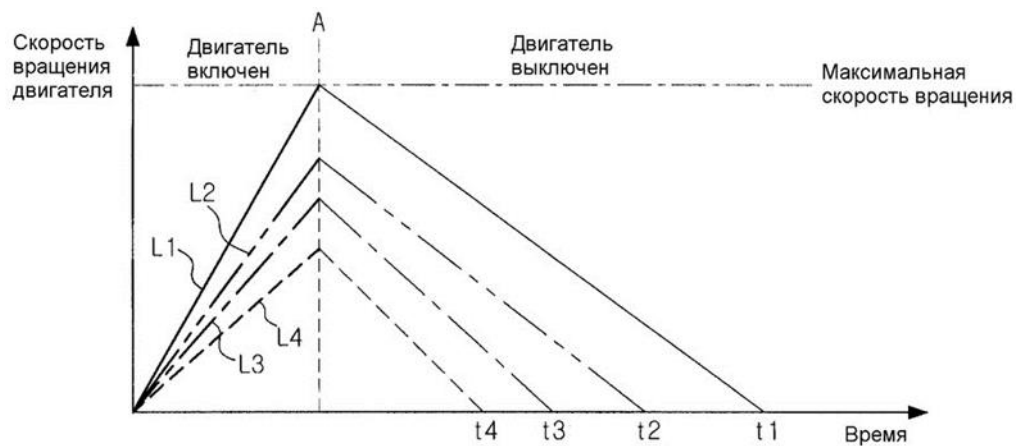


Рис. 2.3. Графік змінення швидкості обертання двигуна в залежності від ваги білизни у баку

Перша лінія швидкості обертання двигуна L1 показує швидкість обертання двигуна, утворену, коли двигун 72 послідовно включається і вимикається, в змозі, в якій білизні не закладено всередину бака 24, або мала кількість білизни закладена всередину бака 24, а з другою по четвертую лінії швидкості обертання двигуна L2, L3 і L4 показують швидкості обертання двигуна, утворені, коли двигун 72 послідовно включається і вимикається, в змозі, в якому відносна велика кількість білизни закладено всередину бака 24. На цей раз вага білизни в третій лінії швидкості обертання двигуна L3 більш того, що в другій лінії швидкості обертання двигуна L2, а вага білизни в четвертій лінії швидкості обертання двигуна L4 більш того, що в третій лінії швидкості обертання двигуна L3.

У першій лінії швидкості обертання двигуна L1 операція первинного

включення двигуна безперервно виконується до тих пір, поки швидкість обертання двигуна досягає максимальної швидкості обертання і двигун 72 вимикається у момент часу  $A$ , коли швидкість обертання двигуна досягає максимальної швидкості обертання. Згодом стан, в якому двигун 72 крутиться інерцією обертання, продовжується протягом заданого періоду від  $A$  до  $t_1$  (див. Рис. 3). Аналогічно, в лініях швидкості обертання двигуна з другою по четвертую  $L_2$ ,  $L_3$  і  $L_4$  двигун 72 вимикається після досягнення моменту часу  $A$ , після того, як двигун 72 включений, і цей стан продовжується протягом заданих часів від  $A$  до  $t_2$ , від  $A$  до  $t_3$  і від  $A$  до  $t_4$  (див. рис. 2.3).

Коли пішов час після того, як двигун вимкнений, магнітуда зворотної електрорушійної сили, інерцією обертання, що генерується, знижується. Час, необхідний для зниження магнітуди зворотної електрорушійної сили, міняється відповідно до того, що білизну збільшує вага, і число імпульсів, виданих з детектора зворотної електрорушійної сили 21, міняється відповідно до струму зворотної електрорушійної сили.

У режимі вимірювання ваги білизни час включення двигуна продовжується протягом відносного малого часу (наприклад, декілька сотень мілісекунд). Хоча магнітуда зворотної електрорушійної сили змінюється відповідно до того, що білизну збільшує вага, при вимкненому двигуні, магнітуда зворотної електрорушійної сили міняється в зумовленому діапазоні. Тому вага білизни не може бути точно обчислена на підставі підрахованого числа імпульсів.

На рис. 2.4 представлено графік, що ілюструє ефективність вимірювання ваги, показану накопиченим рахунком, отриманим шляхом підрахунку і накопичення числа імпульсів, вказуючих зворотну електрорушійну силу двигуна, яка міняється відповідно до того, що білизну збільшує вага, при неодноразовому виконанні операції вимірювання ваги, коли застосовується спосіб вимірювання ваги білизни з даної області техніки.

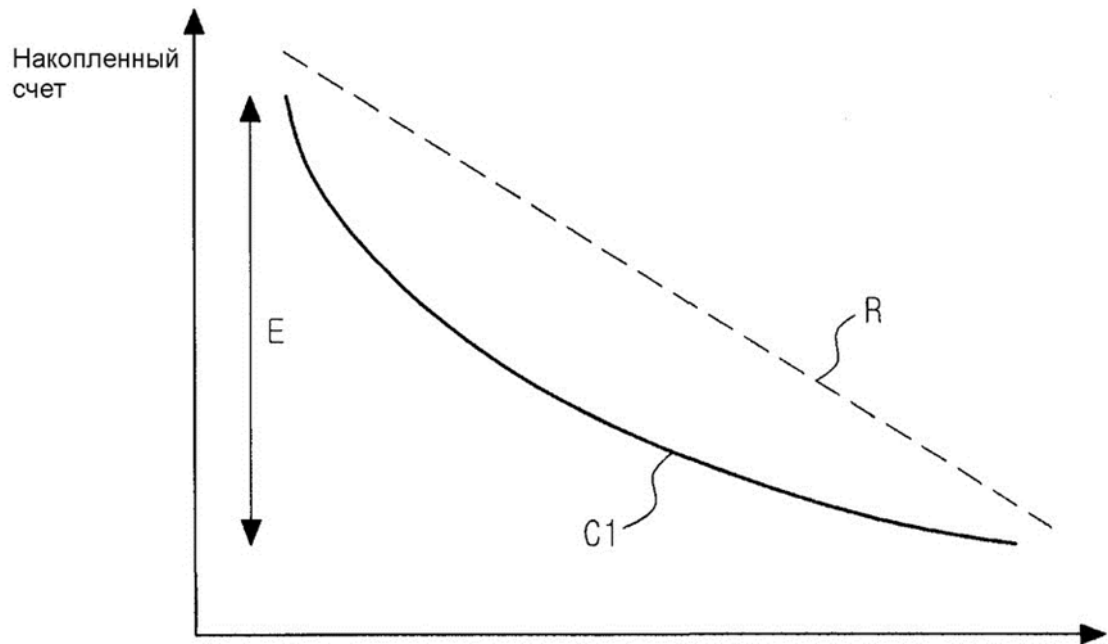


Рис. 2.4. Графіком, що ілюструє ефективність вимірювання ваги за імпульсів, від зворотної електрорушійної сили двигуна, яка міняється відповідно до того, що білизна збільшує вагу

Лінія R показує ідеальний випадок, в якому накопичений рахунок лінійно зменшується, у міру того як вага білизни збільшується.

Ефективність вимірювання ваги може бути визначена діапазоном і лінійністю накопиченого рахунку залежно від ваги білизни. Оскільки час, необхідний для зупинки двигуна зменшенням швидкості обертання двигуна інерцією обертання, коли двигун вимкнений, залежить від ваги білизни, діапазон накопиченого рахунку, отриманого шляхом підрахунку і накопичення числа імпульсів, що згенерували, коли двигун вимкнений, необхідний бути великим для того, щоб точно зміряти вагу білизни. Коли співвідношення між вагою білизни і накопиченим рахунком має лінійний характер, надійність вимірювання ваги білизни з використанням накопиченого рахунку є високою.

Порівняльна лінія C1 показує приклад, що має лінійність, гіршу по відношенню до лінії R, який показує накопичений рахунок при вимкненому двигуні відповідно до способу вимірювання ваги білизни попереднього рівня техніки. Оскільки вага білизни визначається на підставі накопиченого рахунку,

коли діапазон  $E$  накопиченого рахунку є вузьким, як в порівняльній лінії  $C1$ , ефективність вимірювання ваги погіршується.

На рис. 5 представлено графік, що ілюструє швидкість обертання двигуна, змінену унаслідок того, що білизну збільшує вага, коли застосовується спосіб вимірювання ваги білизни згідно варіанту здійснення справжнього винаходу.

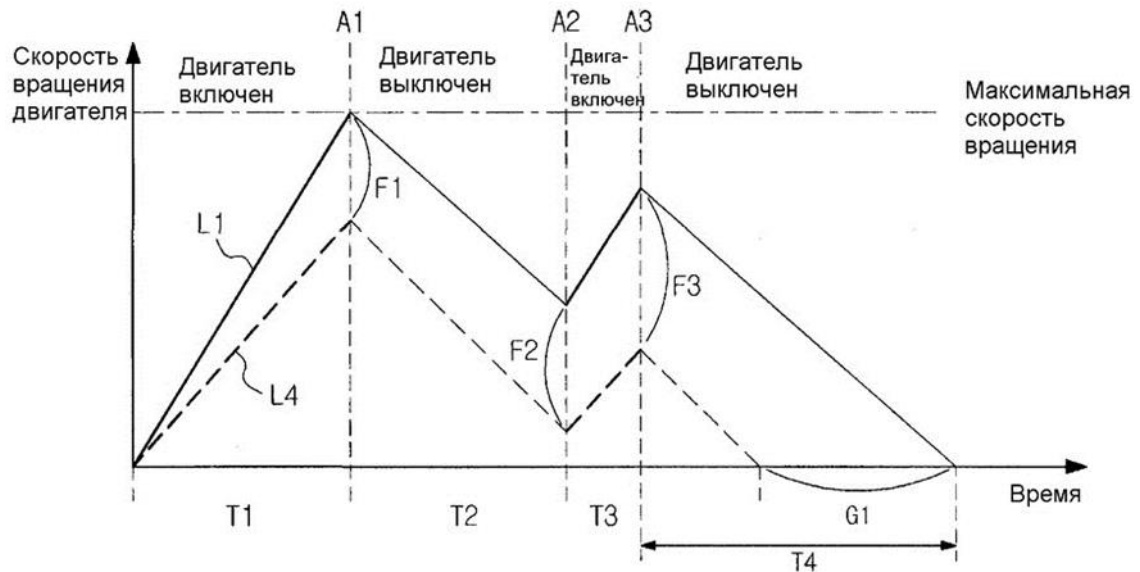


Рис. 2.5. Графік, що ілюструє швидкість обертання двигуна, змінену відповідно до того, що білизна збільшує вагу

На рис. 2.5 перша лінія швидкості обертання двигуна  $L1$  показує швидкість обертання двигуна, що генерується, коли двигун  $72$  послідовно включається і вимикається в змозі, в якій білизні не закладено всередину бака  $24$  або мала кількість білизни закладена всередину бака  $24$ , а четверта лінія швидкості обертання двигуна  $L4$  показує швидкість обертання двигуна, що генерується, коли двигун  $72$  послідовно включається і вимикається в змозі, в якому відносна велика кількість білизни закладено всередину бака  $24$ .

У способі вимірювання ваги білизни, вживаної до рис. 5, різниця між часом, необхідними для загасання зворотної електрорушійної сили унаслідок того, що білизну збільшує вага, коли двигун остаточно вимкнений, збільшена шляхом включення і виключення двигуна  $72$ , а потім включенням і

виключенням двигуна знову, перш ніж обертання двигуна зупинене. У режимі вимірювання ваги білизни операції по вимірюванню ваги білизни можуть повторюватися наперед задане число разів.

У способі вимірювання ваги білизни варіанту здійснення справжнього винаходу виконується ряд процесів включення двигуна в першому періоді управління двигуном T1, виключення двигуна в другому періоді управління двигуном T2, включення двигуна в третьому періоді управління двигуном T3 і виключення двигуна в четвертому періоді управління двигуном T4.

У першому періоді управління двигуном T1 двигун 72 включається в первинному стані спокою таким чином, що швидкість обертання двигуна 72 досягає максимальної швидкості обертання за відсутності завантаження. Перший період управління двигуном T1 може бути виставлений наперед відповідно до зміряного значення, отриманого за допомогою безлічі експериментів в змозі, в якій білизні не закладено або мала кількість білизни закладена, при використанні однофазного індукційного двигуна.

У другому періоді управління двигуном T2 двигун 72 вимикається таким чином, що швидкість обертання двигуна 72 зменшується інерцією обертання, і на цей раз двигун не зупиняється повністю. Оскільки цей період перемикається в третій період управління двигуном, знаходиться в змозі, в якому швидкість обертання двигуна не стає 0, цей період T2 спроектований бути менше, ніж час, потрібний для зупинки двигуна, після того, як двигун приводився в рух під час періоду T1 при повному завантаженні, і виходить за допомогою експериментування.

У третьому періоді управління двигуном T3 двигун 72 включається таким чином, що швидкість обертання двигуна збільшується. Третій період управління двигуном спроектований бути менше, ніж час, потрібний, коли швидкість обертання двигуна досягає максимальної швидкості обертання, коли двигун обертася за інерцією під час періоду T2 за відсутності завантаження, знову приводиться в рух, і виходить за допомогою експериментування.

У четвертому періоді управління двигуном T4 двигун 72 остаточно

вимикається таким чином, що швидкість обертання двигуна досягає 0.

З першого по четвертий періоди управління двигуном  $T1 - T4$  відповідним чином встановлюються згідно характеристикам двигуна, максимальній швидкості обертання і тому подібному. Наприклад, перший період управління двигуном  $T1$  може бути встановлений в 300 мс, другий період управління двигуном  $T2$  може бути встановлений в 600 мс, третій період управління двигуном  $T3$  може бути встановлений в 80 мс і четвертий період управління двигуном  $T4$  може бути встановлений в 1500 мс.

Спосіб вимірювання ваги білизни буде описаний детально з посиланням на рис. 2.5.

Різниця швидкості обертання двигуна  $F2$  між першою лінією швидкості обертання двигуна  $L1$  і четвертою лінією швидкості обертання двигуна  $L4$  унаслідок того, що білизну збільшує вага, в другий момент часу  $A2$ , коли двигун  $72$  включається знову, більше, ніж різниця швидкості обертання двигуна  $F1$  між першою лінією швидкості обертання двигуна  $L1$  і четвертою лінією швидкості обертання двигуна  $L4$  унаслідок того, що білизну збільшує вага, в перший момент часу  $A1$ , коли двигун  $72$  досягає максимальної швидкості обертання, а різниця швидкості обертання двигуна  $F3$  в третій момент часу  $A3$ , коли двигун остаточно вимкнений, більше, ніж різниця швидкості обертання двигуна  $F2$  в другий момент часу  $A2$ .

Різниця між часом, потрібними для зупинки двигуна загасанням зворотної електрорушійної сили, коли двигун остаточно вимкнений, збільшується унаслідок того, що білизну додає вага, і різниця між числами імпульсів, що показують зворотну електрорушійну силу, також збільшується. А саме, різниця  $G1$  між часом зворотного електрорушійного загасання першої лінії швидкості обертання двигуна  $L1$  і часом зворотного електрорушійного загасання четвертої лінії швидкості обертання двигуна  $L4$ , коли двигун остаточно вимкнений, більше, ніж таке способу вимірювання ваги білизни попереднього рівня техніки. Оскільки різниця зворотної електрорушійної сили  $G1$  збільшена, діапазон підрахованого числа імпульсів унаслідок ваги білизни



збільшується, і підраховане число імпульсів володіє лінійністю таким чином, що ефективність вимірювання ваги білизни покращена.

Проте в способі вимірювання ваги білизни даного варіанту здійснення третій період управління двигуном Т3 не встановлений, щоб бути надзвичайно великим. Якщо третій період управління двигуном Т3 встановлений бути більшим, ніж перший період управління двигуном Т1, як показано на рис. 6, двигун 72 остаточно вимикається в змозі, в якому швидкість обертання двигуна 72 досягає максимальної швидкості обертання незалежно від ваги білизни. В результаті, навіть коли двигун 72 остаточно вимикається після проходження третього періоду управління двигуном Т3, швидкість обертання знижується від максимальної швидкості обертання як в першій лінії швидкості обертання двигуна L1-1, так і в четвертій лінії швидкості обертання двигуна L4-1. Зважаючи на це різниця зворотної електрорушійної сили не є великою, і тому диференціація між значеннями ваги білизни погіршується.

Додатково, в способі вимірювання ваги білизни даного варіанту здійснення другий період управління двигуном Т2 відповідним чином встановлений так, що двигун 72 не зупиняється. Коли другий період управління двигуном Т2 встановлений бути великим, як показано на рис. 7, період перемикається в третій період управління двигуном Т3 в змозі, в якому двигун зупинений, а саме, швидкість обертання двигуна досягає 0 незалежно від ваги білизни. На цей раз, оскільки швидкість обертання двигуна збільшена від 0 в першій лінії швидкості обертання двигуна L1-2 і в четвертій лінії швидкості обертання двигуна L4-2, навіть коли двигун 72 остаточно вимкнений після проходження третього періоду управління двигуном Т3, різниця зворотної електрорушійної сили двигуна 72, унаслідок того що білизну додає вага [бака], не є великий.

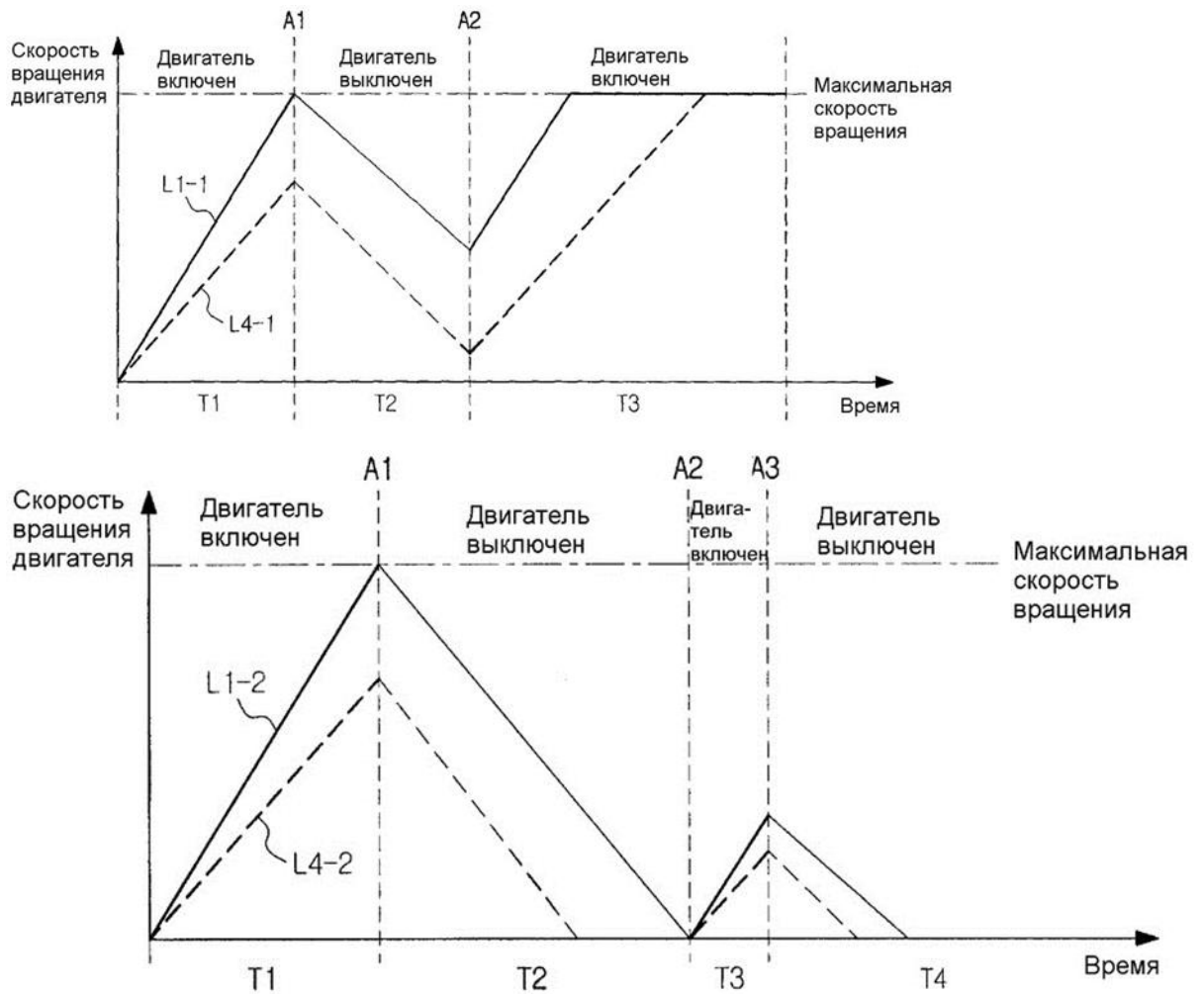


Рис. 2.6 Графіки, що ілюструють управління двигуном в способі вимірювання ваги білизни: а - випадок, коли третій період управління двигуном, в якому швидкість обертання двигуна збільшується повторним запуском двигуна; б - випадок, коли другий період управління двигуном, в якому швидкість обертання двигуна зменшується інерцією обертання

На рис. 6 представлено графіки, що ілюструють управління двигуном в способі вимірювання ваги білизни рис. 6 а - випадок, коли третій період управління двигуном, в якому швидкість обертання двигуна збільшується повторним запуском двигуна, а б - показує випадок, коли другий період управління двигуном, в якому швидкість обертання двигуна зменшується інерцією обертання.

Вага білизни може бути зміряна шляхом виконання операцій по вимірюванню ваги відповідно до способу вимірювання ваги білизни даного

варіанту здійснення справжнього винаходу один раз, в режимі вимірювання ваги білизни. Проте, для того, щоб ще більш поліпшити точність вимірювання ваги, операції по вимірюванню ваги можуть бути виконані кілька разів відповідно до способу вимірювання ваги білизни справжнього варіанту здійснення, і вага білизни вимірюється з використанням даних, отриманих шляхом акумуляції підрахованих чисел. На цей раз, оскільки із збільшенням часу вимірювання ваги збільшується пошкодження білизни, число операцій встановлюється відповідним чином через експериментування. У даному варіанті здійснення справжнього винаходу операція по вимірюванню ваги білизни повторно виконується шість разів.

У даному варіанті здійснення застосовується спосіб повторного виконання операції по вимірюванню ваги шість разів, як показано на рис. 2.7, і накопичення чисел імпульсів, підрахованих лічильником 18, коли двигун остаточно зупинений, так щоб обчислити вагу білизни з використанням накопиченого рахунку. Як описано вище, кількість операцій по вимірюванню ваги може бути змінена з потреби, і інформація про число операцій вимірювання ваги може зберігатися в пам'яті 19.

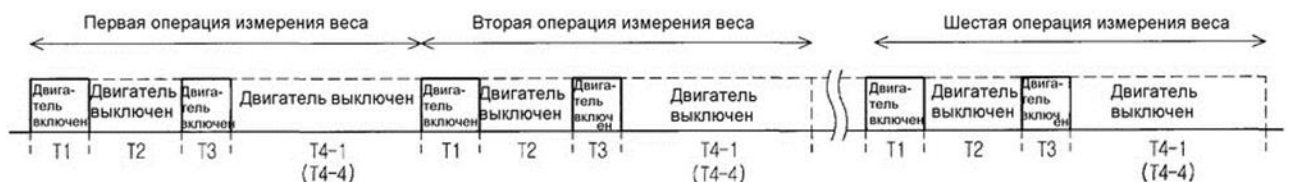


Рис. 2.7. Діаграма, що ілюструє порядок дій для неодноразового вимірювання ваги білизни в способі вимірювання ваги білизни

На рис. 2.8 представлено графіком, що ілюструє ефективність вимірювання ваги, отриману експериментально, в якому спосіб вимірювання ваги білизни відповідно до варіанту здійснення справжнього винаходу і спосіб вимірювання ваги білизни по існуючому рівню техніки застосовуються до пральної машини, що має похило змонтований активатор. Рис. 10 є графіком, що ілюструє ефективність вимірювання ваги, отриману експериментально, в якому спосіб вимірювання ваги білизни відповідно до варіанту здійснення

справжнього винаходу і спосіб вимірювання ваги білизни по існуючому рівню техніки застосовуються до пральної машини, що має горизонтально змонтований активатор.

Шляхом застосування способу вимірювання ваги білизни відповідно до даного варіанту здійснення до пральної машини, що має похило змонтований активатор, помітність між ефективностями вимірювання ваги поліпшується. На рис. 2.8 можна побачити, що перша експериментальна лінія D1, до якої застосовується спосіб вимірювання ваги білизни відповідно до даного варіанту здійснення, має лінійність, кращу по відношенню до другої експериментальної лінії D2, до якої застосовується спосіб вимірювання ваги білизни попереднього рівня техніки. На додаток, оскільки перша експериментальна лінія D1 розподілена ширше, ніж друга експериментальна лінія D2 в діапазоні накопиченого рахунку згідно вагам білизни, можна побачити, що помітність між вагами білизни точно розпізнається з використанням накопиченого рахунку і ефективність вимірювання ваги ще більш поліпшується.

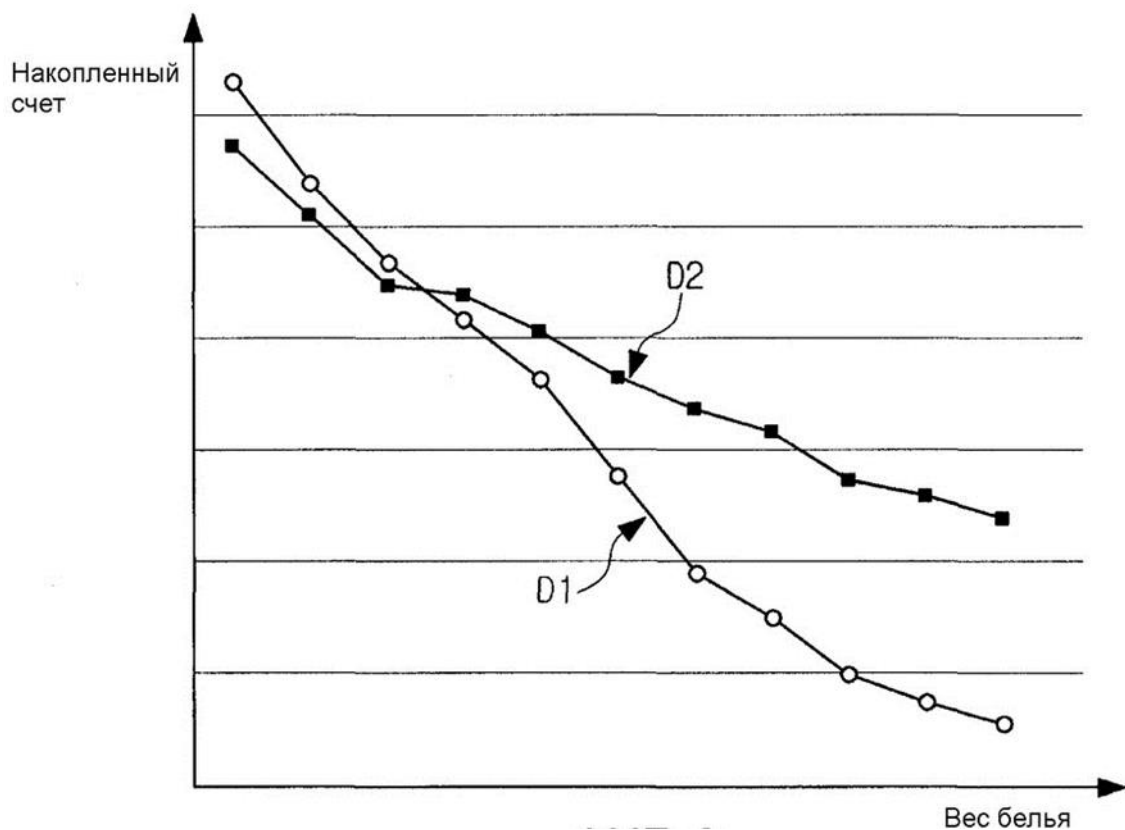


Рис. 2.8. Графік, що ілюструє ефективність вимірювання ваги, отриману експериментально, в якому спосіб вимірювання ваги білизни

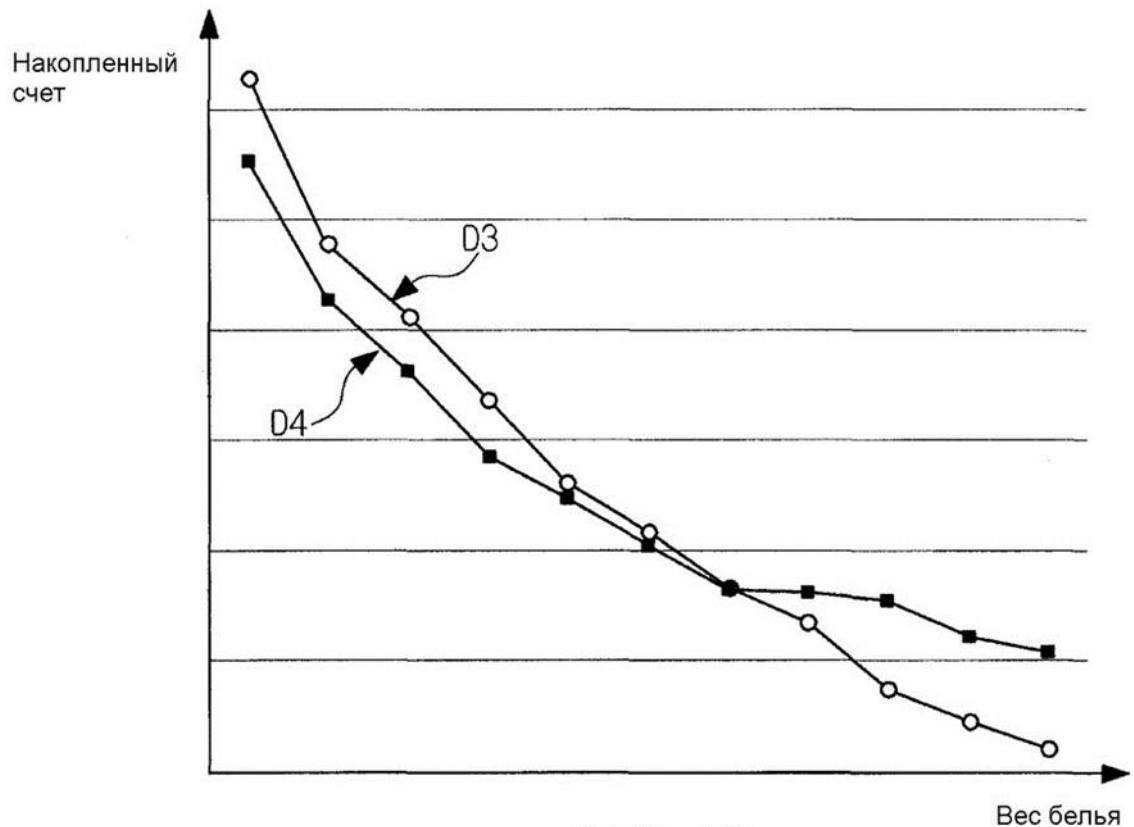


Рис. 2.9 Графік, що ілюструє ефективність вимірювання ваги, отриману експериментально

Шляхом застосування способу вимірювання ваги білизни відповідно до даного варіанту здійснення до пральної машини, що має горизонтально змонтований активатор, помітність між ефективністю вимірювання ваги поліпшується. На рис. 2.9 можна побачити, що третя експериментальна лінія D3, до якої застосовується спосіб вимірювання ваги білизни відповідно до варіанту здійснення справжнього винаходу, має лінійність, кращу по відношенню до четвертої експериментальної лінії D4, до якої застосовується спосіб вимірювання ваги білизни попереднього рівня техніки. На додаток, оскільки третя експериментальна лінія D3 розподілена ширше, ніж четверта експериментальна лінія D4 в діапазоні накопиченого рахунку згідно вагам білизни, можна побачити, що помітність між вагами білизни точно розпізнається з використанням накопиченого рахунку і ефективність вимірювання ваги ще більш поліпшується.

На рис. 2.10 представлено графік, що ілюструє швидкість обертання

двигуна, змінену унаслідок того, що білизну збільшує вага, коли застосовується спосіб вимірювання ваги білизни відповідно до іншого варіанту здійснення.

На рис. 2.10 різницю між часом загасання зворотної електрорушійної сили двигуна унаслідок того, що білизну додає вага, коли двигун остаточно вимкнений, збільшується шляхом послідовного включення і виключення двигуна 72 три рази.

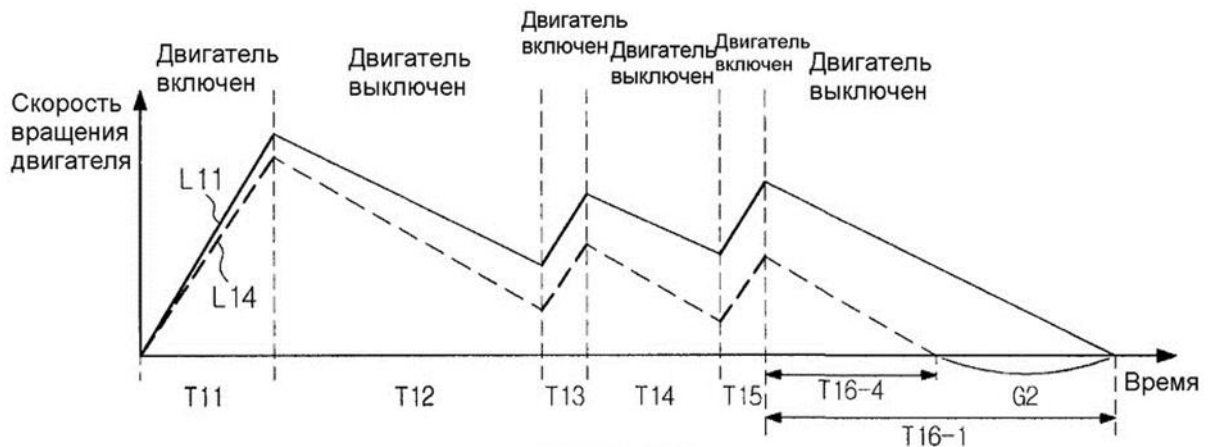


Рис. 2.10. Графік, що ілюструє швидкість обертання двигуна, змінену унаслідок того, що збільшується вага білизни

У періодах управління двигуном з першого по шостий, з T11 по T16, виконується процес включення двигуна, виключення двигуна після проходження наперед заданого часу T1 і послідовно і циклічно включення і виключення двигуна, перш ніж двигун зупинений.

У першому періоді управління двигуном T11 двигун включається таким чином, що швидкість обертання двигуна 72 досягає максимальної швидкості обертання. Перший період управління двигуном T11 відповідає першому періоду управління двигуном T1 на рис. 5.

У другому і четвертому періодах управління двигуном T12 і T14 двигун вимикається таким чином, що швидкість обертання двигуна 72 зменшується інерцією обертання. Другий і четвертий періоди управління двигуном T12 і T14 відповідають другому періоду управління двигуном T2 на рис. 5. Як описано з посиланням на фіг. 7, другий і четвертий періоди управління двигуном T12 і

T14 відповідним чином встановлюються так, що двигун 72 не зупиняється.

У третьому і п'ятому періодах управління двигуном T13 і T15 двигун 72 включається знову таким чином, що швидкість обертання двигуна збільшується. Третій і п'ятий періоди управління двигуном T13 і T15 відповідають третьому періоду управління двигуном T3 на рис. 5. Як описано з посиланням на рис. 6, третій і п'ятий періоди управління двигуном T13 і T15 не встановлені, щоб були у край великими, тобто не встановлені бути більше, ніж перший період управління двигуном T11.

У п'ятому періоді управління двигуном T15 в змозі, в якому різниця швидкості обертання двигуна між першою лінією швидкості обертання двигуна L11 і четвертій лінії швидкості обертання двигуна L14 збільшена унаслідок того, що білизну додає вага, двигун 72 остаточно вимикається. Різниця G2 між часом зворотного електрорушійного загасання T16-1 першої лінії швидкості обертання двигуна L11 і часом зворотного електрорушійного загасання T16-4 четвертої лінії швидкості обертання двигуна L14 більша, ніж таке у разі застосування способу вимірювання ваги білизни попереднього рівня техніки. Отже, діапазон накопиченого рахунку збільшується і підраховане число імпульсів володіє лінійністю таким чином, що ефективність вимірювання ваги білизни поліпшується. Оскільки для повторного включення і виключення двигуна 72 потрібний подальший час в порівнянні з рис. 5, кількість операцій вимірювання ваги білизни, що повторюються, необхідно встановлювати відповідним чином.

Тут і далі спосіб вимірювання ваги білизни пральної машини відповідно до варіанту здійснення буде описаний з посиланнями на рис. 2.5, 2.11 і 2.12. Рис. 12 є блок-схемою, що ілюструє загальну роботу органів управління пральної машини відповідно до варіанту здійснення, а рис. 13 є блок-схемою, що ілюструє спосіб вимірювання ваги білизни відповідно до варіанту здійснення.

Користувач закладає білизну в бак 24 і вводить команду прання користувача через блок введення 14 контрольній панелі 13. Потім контролер 17

перемикає режим в режим вимірювання ваги білизни, виконує наперед задане число разів операції вимірювання білизни по приведенню двигуна 72 в рух і підрахунку числа імпульсів, виданих з детектора зворотної електрорушійної сили 21, коли двигун остаточно зупинений, лічильником 18 контролера 17 відповідно до способу вимірювання білизни даного варіанту здійснення, накопичує підраховані числа і обчислює вагу білизни відповідно до накопиченого рахунку (200).

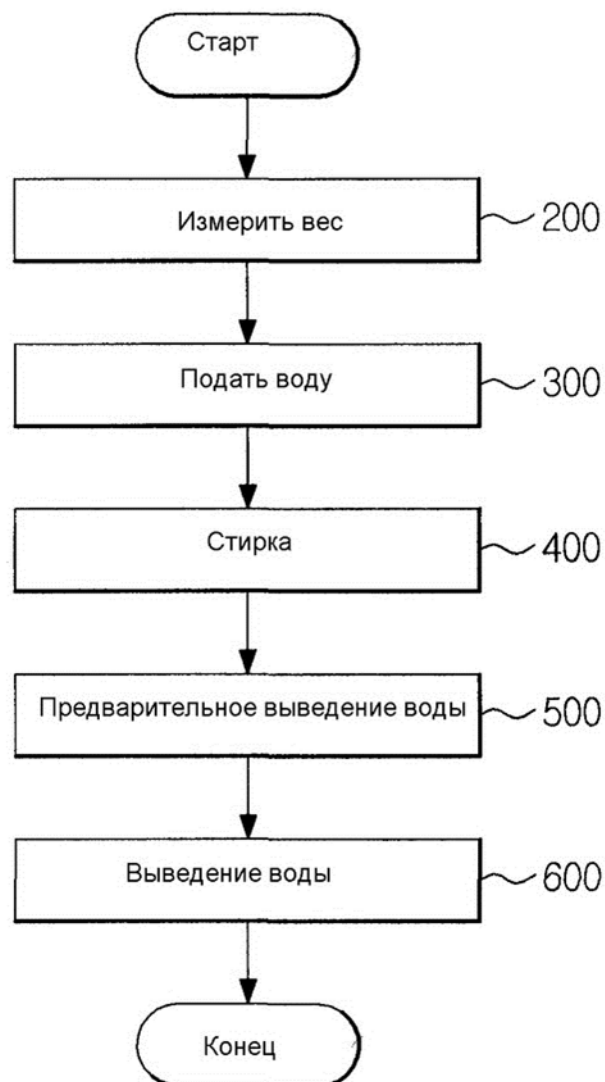


Рис. 2.11. Блок-схема, що ілюструє загальну роботу органів управління пральної машини



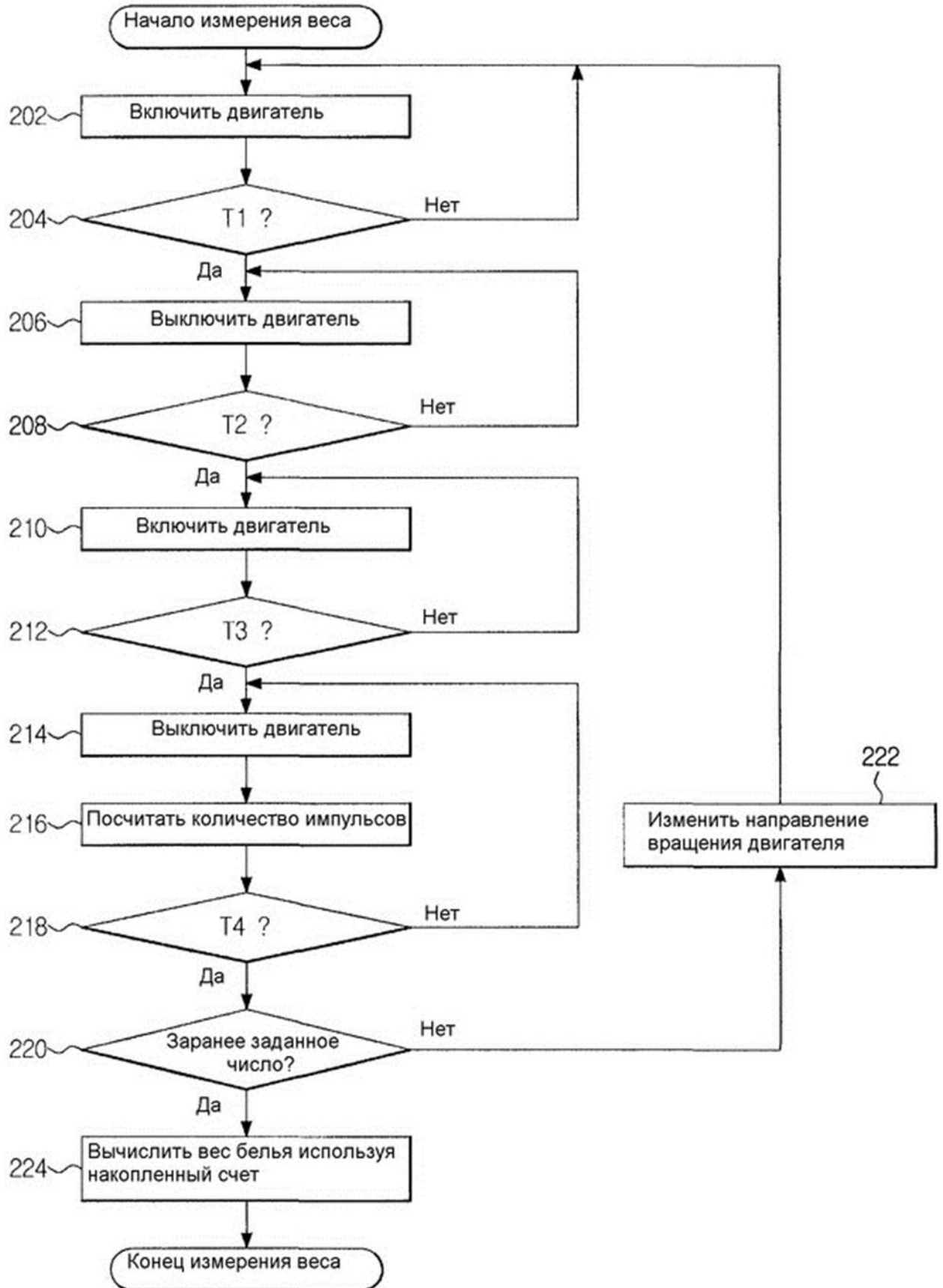


Рис. 2.12. Блок-схема, що ілюструє спосіб вимірювання ваги білизни

Потім контролер 17 визначає кількість води, що подається, засновану на

обчисленій вазі білизни, і відкриває клапан подачі води 51, для того, щоб подати воду всередину бака 24 (300).

Коли подача води завершена, контролер 17 визначає умови приведення в рух двигуна 72, які потрібно застосувати до циклу прання і циклу полоскання, засновані на обчисленій вазі білизни. Умова приведення в рух двигуна 72 включає реверсивний період напряму обертання двигуна, час включення і виключення відповідно до напряму обертання, повторюване число і час приведення в рух двигуна. Двигун 72 приводиться в рух з наперед заданою інтенсивністю приводу, щоб обертати активатор 100 і бак, що повертається, 30, так щоб цикл прання і цикл полоскання виконувалися (400).

Коли цикл прання завершений, контролер 17 визначає умову приведення двигуна 72 в рух, заснований на обчисленій вазі білизни, так щоб дана умова приводу застосовувалася до попереднього циклу відведення води для розплутування заплутаної білизни. Умова приводу двигуна 72 включає реверсивний період напряму обертання двигуна, час включення і виключення відповідно до напряму обертання і час руху двигуна (500).

Коли попередній цикл відведення води завершений, контролер 17 обертає двигун 72 в одному напрямі і виконує цикл відведення води відповідно до умови приводу, заснованої на вазі білизни (600).

По посиланню на рис. 13 контролер 17 включає двигун 72 в режимі вимірювання ваги білизни, так що двигун обертається в одному напрямі (202). Коли час роботи двигуна проходить перший період управління двигуном Т1 («ТА» в операції 204), контролер 17 вимикає двигун 72 (206), і коли час спокою двигуна проходить другий період управління двигуном Т2 («ТА» в операції 208), контролер 17 включає двигун 72 знову (210).

Потім, коли час роботи двигуна проходить третій період управління двигуном Т3 («ТА» в операції 212), контролер 17 остаточно вимикає двигун 72 (214). Коли двигун остаточно вимкнений, лічильник 18 контролера 17 підраховує імпульси, що показують струм зворотної електрорушійної сили (216).

Якщо час, необхідний для підрахунку імпульсів, коли двигун остаточно вимкнений, проходить четвертий період управління двигуном Т4 («ТА» 218), підрахунок зупиняється і проводиться визначення того, досягає чи ні кількість разів виконання операції вимірювання ваги білизни наперед заданого числа. Якщо кількість разів виконання операції вимірювання ваги білизни не досягає наперед заданого числа, напрям обертання двигуна 72 змінюється (222), і операція вимірювання ваги білизни повторюється в зміненому напрямі обертання двигуна. Напрямок обертання двигуна може змінюватися, коли операція вимірювання ваги виконується неодноразово.

Якщо кількість разів виконання операції вимірювання ваги білизни досягає наперед заданого числа («ТА» в операції 220), вага білизни обчислюється накопиченим рахунком, отриманою акумуляцією кількості імпульсів, порахованих лічильником 18, коли двигун остаточно вимкнений, у відповідних операціях (224).

Згідно способу вимірювання ваги білизни даного варіанту здійснення справжнього винаходу, оскільки двигун 72 послідовно включається і вимикається багато разів, так щоб збільшити різницю зворотної електрорушійної сили, відповідно до того, що білизну додає вага (бака), вага білизни точно вимірюється з використанням накопиченого рахунку, отриманої акумуляцією кількості імпульсів, порахованих лічильником. Отже, ефективність вимірювання ваги білизни покращується.

Хоча було показане і описане небагато варіанти здійснення, фахівцями в даній області техніки буде прийнято до уваги, що в цих варіантах здійснення можуть бути зроблені зміни без відходу від принципів і духу даного винаходу, рамки якого визначені у формулі винаходу і її еквівалентах.

## 2.2. Математичне моделювання процесу визначення маси завантаження в пральній машині

Обробка білизни в пральних машинах полягає в динамічній взаємодії мас, при обертанні барабану. На будь яку точку  $A$  масою  $m$  (рис. 2.112.1) діють такі сили: тяжіння доцентрова, і інерції. Ці сили визначають характер руху точки  $A$ . Відношення відцентрової сили  $P_{\text{ц}}$  до сили тяжіння  $P_{\text{т}}$  є критерієм Фруда (чинником розділення) [5]:

$$\text{Fr} = P_{\text{ц}}/P_{\text{т}} = m\omega^2 r/(mg) = \omega^2 r/g, \quad (2.1)$$

де  $\omega$  - швидкість барабану;  $r$  – радіус обертання точки.

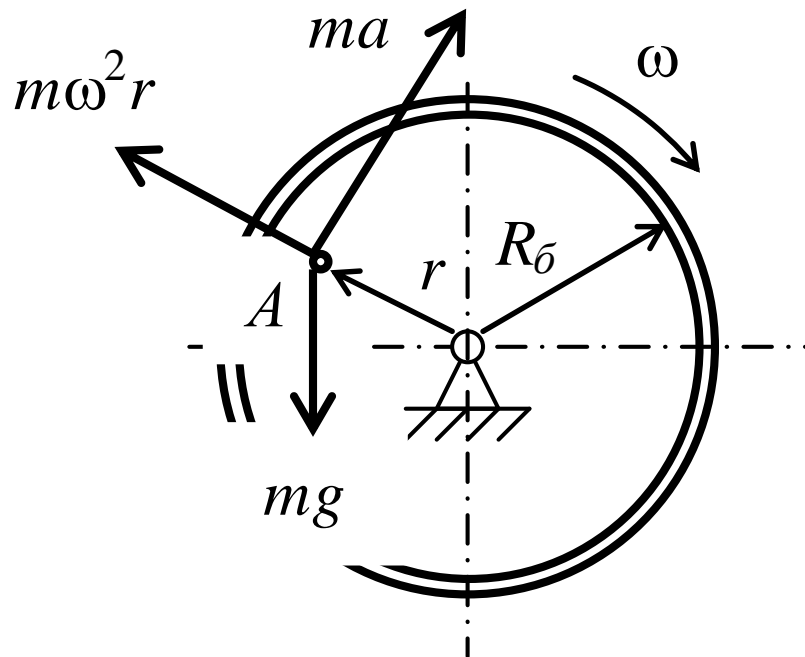


Рис. 2.11. Сили, що діють на матеріал в барабані пральної машини

Білизна рухається в барабані у бік результуючого прискорення:

$$j = a + \omega^2 r + g. \quad (2.2)$$

Рух розчину і білизни залежить від швидкості обертання барабану. Бувають чотири режими: лавиноподібний при  $\text{Fr} \geq 1$  (рис.2.2, а), лавино-водоспадний при  $\text{Fr} < 1$  (рис.2.2, б), водоспадний (критичний) при  $\text{Fr} = 1$  (рис.2.2,

в) і за критичний при  $Fr \approx 1$  (рис.2.2, г).

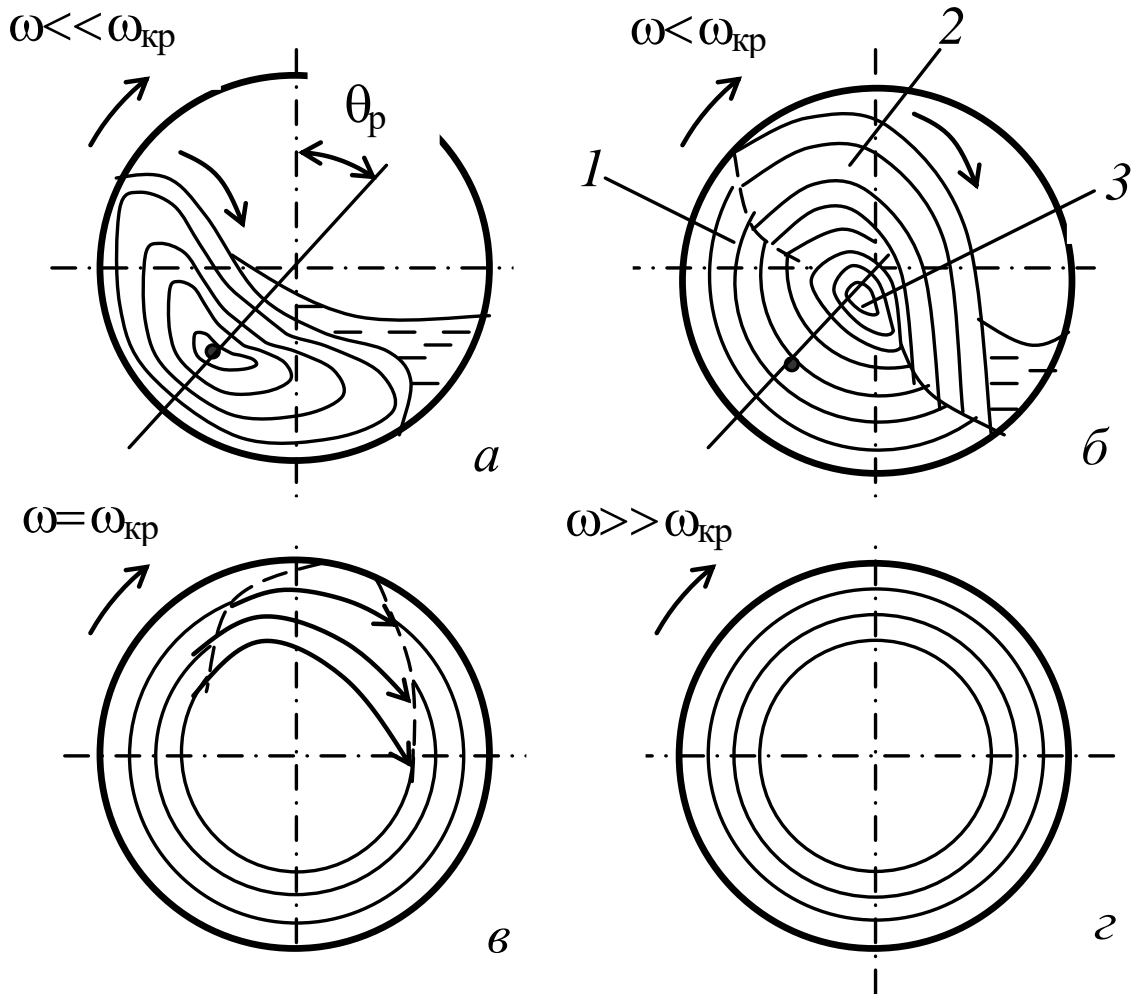


Рис. 2.2. Режими руху білизни при різних швидкостях барабану: а – лавиноподібний; б – лавино-водоспадний: 1 и 2 – східна і звідна гілки потоку; 3 – зона розділення; в – водоспадний; г – за критичний

Для прання та полоскання задають лавино-водоспадний режим руху.

Сходження потоку білизни разом з частиною рідини походить з лівого нижнього квадранта кола барабана в лівий верхній квадрант (рис.2.3).

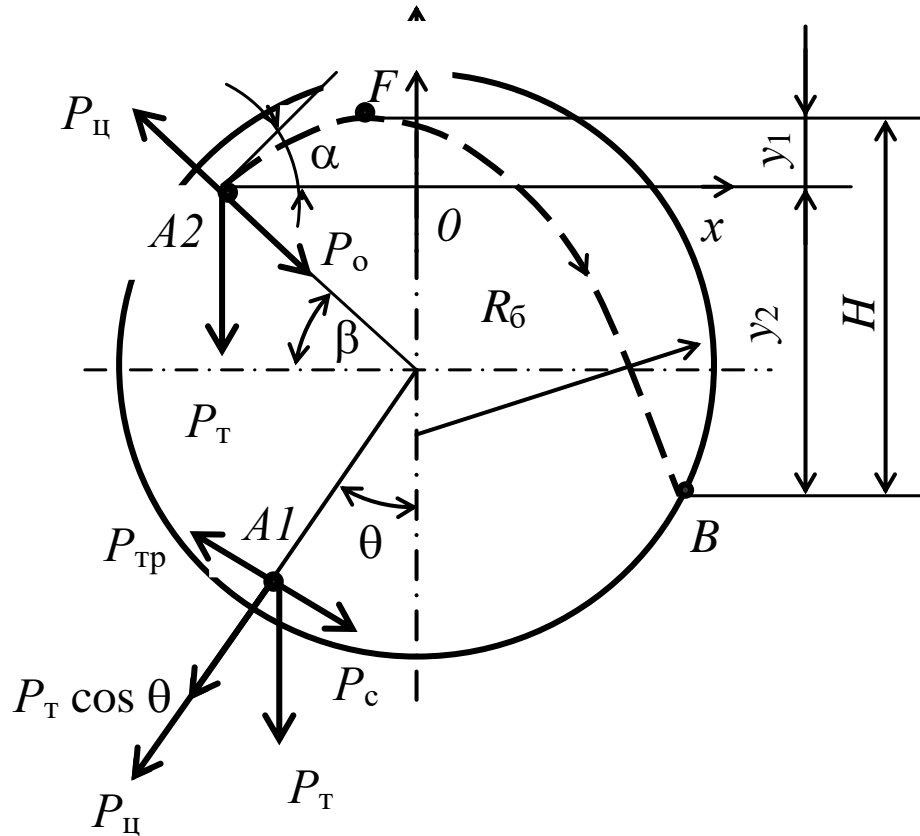


Рис.2.3. Рух матеріального потоку

Розглянемо рух точки потоку  $A1$  відносно барабану. Сила, що надає точці  $A1$  ковзання, є складовою сили тяжіння:

$$P_c = P_T \sin \theta = mg \sin \theta, \quad (2.3)$$

де  $\theta$  - кут підйому точки.

Силі ковзання протидіє сила тертя:

$$P_{тр} = f(P_{ц} + P_T \cos \theta) = f(m\omega^2 R_0 + mg \cos \theta),$$

де  $R_0$  - радіус барабана;  $f$  - коефіцієнт тертя.

Точка  $A1$  не буде ковзати по барабану, доки  $P_c = P_{тр}$ , тобто  $mg \sin \theta = f(m\omega^2 R_0 + mg \cos \theta)$ , або поки не буде виконано умову:

$$\sin \theta \geq f \left( \omega^2 R_0 + \sqrt{\left( g^2 (1 + f^2) - f^2 \omega^4 R_0^2 \right) / g (1 + f^2)} \right) \quad (2.4)$$

Якщо барабан нерухомий ( $\omega = 0$ ), то  $\sin \theta_0 = f / \sqrt{1 + f^2}$ . Узгоджуючи  $\theta_0$

з кутом тертя  $\varphi$  ( $f = \operatorname{tg} \varphi$ ), отримаємо:

$$\sin \theta_0 = \operatorname{tg} \varphi / \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \varphi = \sin \varphi. \quad (2.5)$$

Отже, при ( $\omega = 0$ ) кут  $\theta$  не може перевищити кут тертя  $\varphi$ . При обертанні барабану і підйомі точки  $A$  вище за горизонтальний діаметр барабана ( $\theta > \pi/2$ ) її положення буде характеризуватися кутом  $\beta = \theta - \pi/2$ . При цьому на точку  $A = A_2$  перестане діяти складова сили тертя від сили тяжіння  $P_t \sin \beta$ . Якщо кут  $\beta$  такий, що  $mg \sin \beta = m\omega^2 R_0$ , тобто  $\sin \beta = \omega^2 R_0 / g = Fr$ , то тіло в точці  $A_2$  падатиме в нижню частину барабана по параболі як вільне тіло, кинуте з швидкістю  $v = \omega^2 R_0$  під кутом до горизонту  $\alpha = (\pi/2) - \beta$ . Кут називають кутом відриву.

До моменту відриву рух точки може відбуватись з проковзуванням. Воно настає, якщо кут  $\theta$  досягає значення з рівнянню (2.4).

Через різні значення коефіцієнтів  $f_d$  і  $f_0$  ( $f_0 > f_d$ ) (2.4) дає два значення кута  $\theta$ :  $\theta_d$  і  $\theta_0$ . Це значить, що в барабані точка  $A$  піднімається на кут  $\theta_0$ , а потім починає опускатись вниз до положення  $\theta_d$ . Потім процес повторюється.

Рух точки  $A$  в  $i$ -му шарі потоку відбувається при відповідних значеннях  $\theta_i$ ,  $\beta_i$ ,  $\varphi_i$  і  $Fr_i$ . За рівнянням (2.4) можна зробити висновок, що кут  $\theta_i$  величина змінна, і залежить від швидкості  $v_i = \omega R_i$ .

Відносна швидкість ковзання двох суміжних шарів  $v_{ck} = v_i - v_{i-1}$  викликає взаємне тертя білизни в процесі прання і ополіскування.

Сходження потоку характеризується падінням білизни в нижню частину барабану. Траєкторія точки  $A$  є кривою  $A1FB$ , що складається з двох гілок:  $AF$  (піднімання з швидкістю  $v$ ) і  $FB$  (падіння).

Висоту  $y_1$  гілки  $A2F$  можна визначити з рівняння  $\tau_1 = v_y / g$ , але  $v_y = v \cos \beta = \pi n D_0 \cos \beta$ , отже, час падіння  $\tau_1 = (\pi n D_0 \cos \beta) / g$ , де  $n$ ,  $D_0$  – частота обертання і діаметр барабану. Враховуючи це, знаходимо:

$$y_1 = v_y \tau_1 - \frac{g \tau_1^2}{2} = \frac{(\pi n D_0 \cos \beta)^2}{g} - \frac{(\pi n D_0 \cos \beta)^2}{2g} = \frac{(\pi n D_0 \cos \beta)^2}{2g}. \quad (2.6)$$

Відрив білизни від стінки барабана відбудеться в мить, коли складова сили тяжіння стане рівною відцентровій силі, тобто:

$$P_T \sin \beta = P_{\text{ц}} = P_T (2\pi n)^2 D_0 / (2g).$$

З урахуванням даної рівності рівняння (2.6) прийме вигляд:

$$y_1 = 0,25 D_0 \cos^2 \beta \sin \beta. \quad (2.7)$$

Для визначення кута  $\beta$  і  $n$ , при яких висота падіння точки  $H$  досягає максимуму, помістимо початок координат в точку  $A$ . Рівняння параболічної траєкторії шляху центру тяжіння виробу в новій системі координат запишеться так:

$$y = x \cdot \operatorname{ctg} \beta - \frac{x^2}{2\omega^2 \sin^2 \beta} = x \cdot \operatorname{ctg} \beta - \frac{x^2}{D_0 \sin^3 \beta}. \quad (2.8)$$

Враховуючи, що  $x_A = 0,5 D_0 \cos \beta$  і  $y_A = 0,5 D_0 \sin \beta$ , рівняння кола барабана в новій системі координат приймає вид:

$$(x - x_B)^2 + (y - y_B)^2 = 0,25 D_0^2,$$

або

$$x^2 + y^2 + D_0 x \cos \beta + D_0 y \sin \beta = 0. \quad (2.9)$$

Вирішуючи спільно рівняння параболи і кола, знаходимо координати точки  $B$  падіння виробу:

$$x_2 = 2D_0 \sin^2 \beta \cos \beta; \quad y_2 = -2D_0 \sin \beta \cos^2 \beta. \quad (2.10)$$

Повна висота падіння білизни:

$$H = y_1 - y_2 = 2,25 D_0 \sin \beta \cos^2 \beta \quad (2.11)$$

Величина  $H$  досягне максимуму за умови:

$$dH/d\beta = 0;$$

$$\operatorname{tg}^2 = 0,5;$$

$$\beta = 35^\circ 20'.$$



Потужність, необхідну для обертання барабана при пранні і полосканні, можна визначити з наступної схеми (рис.2.4).

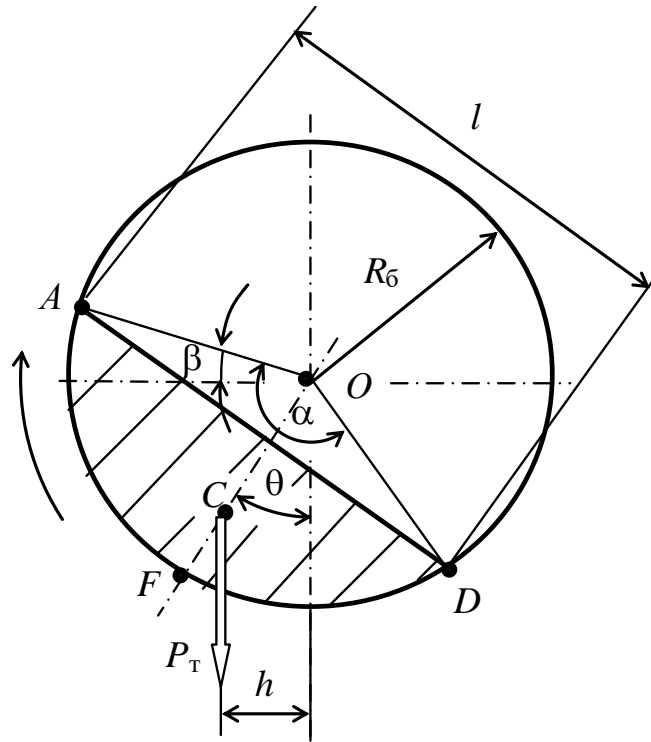


Рис.2.4. Схема для визначення корисної потужності барабана

Білизна в рідині усередині барабана, що обертається, приймає форму, близьку до форми циліндрового сегменту  $AFD$ . Центр тяжіння сегменту (точка  $C$ ) зміщується у бік обертання. Корисний момент сили опору обертанню барабана:

$$M = P_T h = P_T b \sin \theta, \quad (2.12)$$

де  $P_T = mg$  - сила ваги маси виробів і рідини в барабані;  $b = OC$  відстань від осі обертання барабана до центру тяжіння білизни і рідини;  $\theta$  - кут повороту сегменту.

Маса мокрої білизни в барабані:

$$m_M = m_{c.б.} + m_{ж.}, \quad (2.13)$$

де  $m_{c.б.}$  - маса сухої завантаженої білизни;  $m_{ж.}$  - маса рідини, ввібраної білизнаю (для води і водних миючих розчинів в тканих виробих  $m_{ж.} = (2,25 \dots 2,50)m_{c.б.}$ ).

Маса рідини, що захоплюється білизнаю:

$$m_{\text{ж.у.}} \approx 0,9m_{\text{с.б.}}$$

Загальна маса  $m = m_{\text{ж}} + m_{\text{ж.у.}} = (4,15\dots 4,4)m_{\text{с.б.}}$ .

Об'єм, займаний мокрою білизою і рідиною:

$$V = V_{\text{б}} + V_{\text{ж}} = \frac{m_{\text{с.б.}}}{\rho_{\text{с.б.}}} + \frac{(2,25\dots 2,5)m_{\text{с.б.}}}{\rho_{\text{ж}}} + \frac{0,9m_{\text{с.б.}}}{\rho_{\text{ж}}} = m_{\text{с.б.}} \left( \frac{1}{\rho_{\text{с.б.}}} + \frac{(3,15\dots 3,4)}{\rho_{\text{ж}}} \right), \quad (2.14)$$

де  $\rho_{\text{с.б.}}, \rho_{\text{ж}}$  - густина сухої білизни і рідини.

$$\rho_{\text{с.б.}} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3, \rho_{\text{ж}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

$$\text{Тоді } V = (3,8\dots 4,1) \cdot 10^{-3} m_{\text{с.б.}} (\text{м}^3).$$

Положення центру тяжіння сегменту знаходиться з геометричних співвідношень:

$$b = l^3 / 12S, \quad (2.15)$$

де  $l$  - довжина хорди сегменту;  $S$  - площа сегменту.

Площа сегменту - це частина площі поперечного перетину барабана  $S = V/L$ , де  $L$  - довжина барабана.

Довжина хорди  $l$  пов'язана з центральним кутом сегменту  $\alpha$  через радіус барабана  $R_{\text{б}}$ :  $l = 2R_{\text{б}} \sin(\alpha/2)$ , а кут  $\alpha$  знаходиться із співвідношення:  $2S/R_{\text{б}}^2 = (\pi\alpha/180^\circ - \sin \alpha)$ .

З формули (2.4) маємо:

$$\theta = \arcsin f \left( \omega^2 R_{\text{б}} + \frac{\sqrt{g^2(1+f^2) - f^2 \omega^4 R_{\text{б}}^2}}{g(1+f^2)} \right). \quad (2.16)$$

Швидкість  $\omega$  потрібно мати таку, щоб при лавино-водоспадному режимі забезпечити максимальну висоту падіння білизни. Цьому відповідає кут  $\beta = 35^\circ 20'$ . З виразів  $\theta = \pi/2 + \beta$  і  $\sin \beta = \omega_c^2 R_{\text{б}} / g$  знайдемо оптимальну кутову швидкість барабану при пранні і полосканні:

$$\omega_c = \sqrt{g \sin \beta / R_{\text{б}}} = \sqrt{0,58g / R_{\text{б}}}. \quad (2.17)$$

Підставивши  $\omega_c$  і інших параметрів у вираз (2.16), визначимо  $\theta$ .

Потужність на валу барабана повинна бути:

$$N_{\text{п}} = k_{\text{уд}} mgb\omega_c \sin \theta, \quad (2.18)$$

де  $k_{\text{уд}}$  – коефіцієнт нерівномірності корисного навантаження через падіння і удари білизни ( $k_{\text{уд}} = 1,1 \dots 1,2$ )

Потужність подолання сили тертя в підшипниках:

$$N_{\text{тер}} = 0,5 f_{\text{п}} ((m + m_{\text{б}})g + P_3) \omega_c d \quad (2.19)$$

де  $f_{\text{п}}$  – коефіцієнт тертя кочення підшипників ( $f_{\text{п}} = 0,001 \dots 0,004$ );  $m_{\text{б}}$  - маса барабану ( $m_{\text{б}} = (20 \dots 30)R_{\text{б}}(2L + R_{\text{б}})$ , кг);  $P_3$  - вектор сили від пасу приводу ( $P_3 = 50 \dots 100$  Н).

При пуску барабану необхідна додаткова потужність:

- на підйом сегменту:  $N_{\text{під}} = P_{\text{т}} b (1 - \cos \theta) \omega / \theta$ ;

- на подолання сил інерції барабана, білизни і рідини при розгоні:

$$N_{\text{ін}} = (J_{\text{б}} + J_{\text{бж}}) \omega_c^2 / 2\tau,$$

де  $J_{\text{б}}, J_{\text{бж}}$  - моменти інерції барабану, білизни і рідини  
 $J_{\text{б}} = (20 \dots 30)R_{\text{б}}^3(2L + 0,5R_{\text{б}})$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{кг}$ ;  $J_{\text{бж}} = b^2 m$ ;  $\tau$  - час розгону.

Якщо вважати, що розгін барабана відбувається за пів оберту, то:

$$N_{\text{ін}} = (J_{\text{б}} + J_{\text{бж}}) \omega_c^3 / 2\tau. \quad (2.20)$$

Повна потужність при пранні і полосканні:

$$N_c = N_{\text{п}} + N_{\text{тер}} + N_{\text{під}} + N_{\text{ін}}. \quad (2.21)$$

### 2.3. Визначення функції залежності струму електродвигуна від маси завантаження пральної машини

Потужність обертання барабану з білизнаю, при його повороті на кут, що менший  $180^\circ$  визначається сумою:

$$N_c = N_{\text{тер}} + N_{\text{під}} + N_{\text{ін}}. \quad (2.22)$$

Підставляємо в (2.22) вирази для складових і маємо рівняння:

$$N_c = 0,5 f_{\text{п}} \left( (m + m_6) g + P_3 \right) \omega_c d + m g b (1 - \cos \theta) \omega_c / \theta + (J_6 + b^2 m) \omega_c^3 / 2\pi \quad (2.23)$$

Для визначення залежності потужності від маси завантаження перетворимо вираз (2.23):

$$N_{\text{контр}} = 0,5 f_{\text{п}} g \omega_c d m + 0,5 f_{\text{п}} g \omega_c d m_6 + P_3 \omega_c d + m g b (1 - \cos \theta) \omega_c / \theta + \frac{J_6 \omega_c^3}{2\tau} + \frac{b^2 m \omega_c^3}{2\tau}$$

$$N_{\text{контр}} = m \left[ 0,5 f_{\text{п}} g \omega_c d + g b (1 - \cos \theta) \omega_c / \theta + \frac{b^2 \omega_c^3}{\omega_c^3} \right] + 0,5 f_{\text{п}} g \omega_c d m_6 + P_3 \omega_c d + \frac{J_6 \omega_c^3}{2\tau}$$

$$m = \frac{N_{\text{контр}} - 0,5 f_{\text{п}} g d m_6 \omega_c - P_3 d \omega_c - \frac{J_6 \omega_c^3}{2\tau}}{0,5 f_{\text{п}} g d \omega_c + g b (1 - \cos \theta) \omega_c / \theta + \frac{b^2 \omega_c^3}{2\tau}};$$

$$m = \frac{N_{\text{контр}} - 0,5 f_{\text{п}} g d m_6 \omega_c - P_3 d \omega_c - \frac{J_6 \omega_c^3}{2\tau}}{0,5 f_{\text{п}} g d \omega_c + g b (1 - \cos \theta) \omega_c / \theta + \frac{b^2 \omega_c^3}{2\tau}}. \quad (2.24)$$

Електрична потужність електродвигуна:

$$N_{\text{ел}} = M \cdot \omega, \quad (2.25)$$

де  $M$  - крутний момент.

$$M = C_M \left( \frac{\Phi_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \right) \cdot I_a \cdot \cos \delta \quad (2.26)$$

де  $C_M$  - постійна двигуна;  $\Phi_{\text{max}}$  — максимальне значення магнітного потоку;  $\delta$  — кут зсуву фаз між струмом збудження і магнітним потоком, через магнітні втрати.

Підставимо (2.26) в (2.25) і отримаємо:

$$N_{\text{ел}} = C_M \left( \frac{\Phi_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \right) \cdot I_a \cdot \cos \delta \cdot \omega_{\text{об}} \quad (2.27)$$

Враховуючи, що  $N_{\text{контр}} = N_{\text{ел}}$ , отримаємо з (2.24):

$$m = \frac{C_M \left( \frac{\Phi_{\max}}{\sqrt{2}} \right) \cdot I_a \cdot \cos \delta \cdot \omega_{\text{об}} - 0,5 f_{\text{п}} g d m_{\text{о}} \omega_c - P_3 d \omega_c - \frac{J_{\text{о}} \omega_c^3}{2\tau}}{0,5 f g d \omega_c + g b (1 - \cos \theta) \omega_c / \theta + \frac{b^2 \omega_c^3}{2\tau}}. \quad (2.28)$$

Визначення маси білизни є можливим при повертанні барабану на кут менший  $180^\circ$  зі швидкістю, меншою за першу критичну.

З (2.28) видно, що для визначення маси необхідно контролювати ряд параметрів:

- струм електродвигуна  $I$
- швидкість обертання барабану  $\omega_c$
- час, за який відбувається обертання барабану  $\tau$ .

При наявності пасової передачі потрібно враховувати її передаточне відношення, тобто:

$$\omega_c = \frac{\omega_{\text{об}}}{i},$$

де  $\omega_{\text{об}}$  - вимірювана швидкість;  $i$  - передаточне відношення пасової передачі.

Але, якщо система керування електродвигуном буде підтримувати швидкість його обертання постійною, то можна контролювати тільки струм і напругу.

Звичайно, що програмувати контролер на розрахунок маси за формулою (2.28) не доцільно через велику кількість коефіцієнтів. Тому представимо (2.28) у вигляді:

$$m = \frac{A_1 I - A_2}{A_3}, \quad (2.29)$$

$$\text{де } A_1 = C_M \left( \frac{\Phi_{\max}}{\sqrt{2}} \right) \cdot \cos \delta \cdot \omega_{\text{об}};$$

$$A_2 = 0,5 f_{\text{п}} g d m_{\text{о}} \omega_c + P_3 d \omega_c + \frac{J_{\text{о}} \omega_c^3}{2\tau};$$

$$A_3 = 0,5 f g d \omega_c + g b (1 - \cos \theta) \omega_c / \theta + \frac{b^2 \omega_c^3}{2\tau} - \text{постійні коефіцієнти.}$$

Отримана функція виду (2.29) є лінійною і може бути визначена для конкретної пральної машини експериментально. Для цього необхідно виміряти струм і напругу при різних значення маси завантаження машини і виконати апроксимацію отриманих даних функцією двох змінних виду:

$$m = a \cdot I + b, \quad (2.30)$$

де  $a = \frac{A_1}{A_3}$ ;  $b = -\frac{A_2}{A_3}$ .

Оскільки геометрично функція (2.30) представляє собою похилу пряму, то для визначення коефіцієнтів достатньо поставити досліди у трьох точках, тобто при трьох різних масах завантаження:

- без завантаження (рівень -1);
- при максимальному завантаженні (рівень +1);
- при середньому завантаженні (рівень 0).

При цьому, дослід на нульовому рівні потрібний для перевірки адекватності отриманої моделі лінійній.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ

#### 3.1. Структурна схема і алгоритм роботи системи управління пральної машини

Згідно отриманій аналітичній моделі, маса завантаженої білизни може бути визначена шляхом вимірювання струму в колі живлення електродвигуна, приводу барабана при його провертанні на кут, менший за  $180^\circ$ . Отже, для цього система повинна мати датчик струму. Пристрій управління машини на початку роботи повинен подавати команду на провертання барабану із стану спокою на заданий кут, менший за  $180^\circ$ . Після зупинки барабану провертання повинно відбутись в іншій бік (рис. 3.1). При цьому вимірюється струм, електродвигуна. Значення струму зберігається у оперативній пам'яті мікроконтролера і використовується при розрахунку маси завантаження. В програмі мікроконтролера повинно бути використана лінійна залежність виду (2.30):

$$m = a \cdot I + b.$$

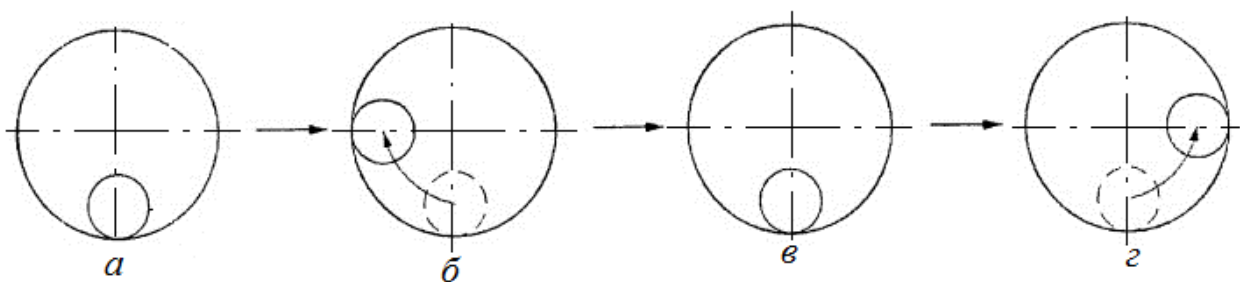


Рис. 3.1. Порядок обертання барабану для вимірювання маси білизни

Структурна схема системи управління пральної машини представлена на рис. 3.2. Схема складається з прального барабану, електродвигуна, пристрою керування, датчика струму, кнопки керування і дисплею.

Згідно схемі, пристрій починає працювати при подачі сигналу з кнопки керування.

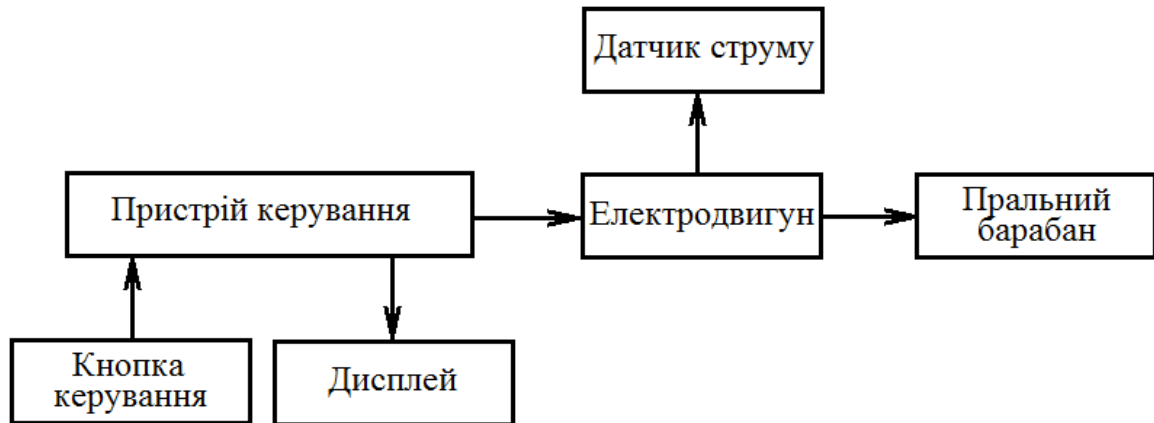


Рис. 3.2. Структурна схема системи управління пральної машини

Пристрій керування повинен реалізовувати алгоритми управління електродвигуном для виконання циклів прання, полоскання і видалення води, а також процесу віджимання білизни.

Пристрій керування також може відображати робочі стани пральної машини за допомогою дисплея.

Датчик струму вимірює величину струму живлення електродвигуна при його роботі.

Пристрій керування може визначати кількість білизни на підставі величини струму електродвигуна при обертанні барабану на кут менший  $180^\circ$ . Кут може бути, наприклад,  $90^\circ$ .

На рис. 3.3. представлено алгоритм роботи системи управління приводу пральної машини.





Рис. 3.3. Алгоритми управління приводом пральної машини при визначенні маси білизни

Також пральна машина може додатково включати датчик для вимірювання величини дисбалансу барабана на підставі зміни швидкості обертання електродвигуна, або вимірювання амплітуди коливань підвішеної на демпферах частини приводу машини.

На рис. 3.4. представлено функціональну схему системи управління приводом пральної машини для визначення маси білизни.

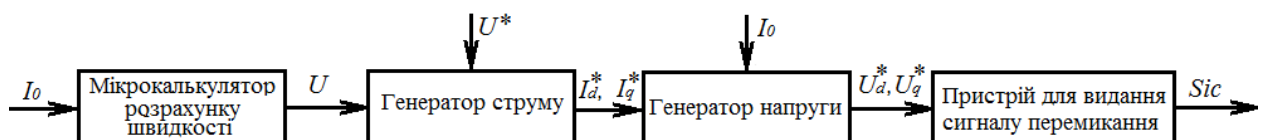


Рис. 3.4. Функціональна схема системи управління приводом пральної машини

Згідно функціональній схем на рис. 3.4, пристрій керування

(мікроконтролер) має мікрокалькулятор для розрахунку швидкості на основі величини вхідного сигналу струму  $I_0$  (рис. 3.4).

Генератор струму генерує величини струмів  $I_d^*$ ,  $I_q^*$  команди на підставі розрахованої швидкості  $v$  і величини  $v^*$  швидкості команди.

### 3.2. Вибір датчика для вимірювання струму електродвигуна

Вимірювання і контроль струму є принциповою вимогою для широкого кола задач, включаючи схеми захисту від перевантаження за струмом.

Для вимірювання струму електродвигуна пральної машини було запропоновано використати спеціалізований датчик струму ACS712.

Датчик струму ACS712 заснований на принципі, відкритому в 1879 році Едвіном Холлом (Edwin Hall), і названим його ім'ям. Ефект Хола полягає в наступному: якщо провідник із струмом поміщений в магнітне поле, то на його краях виникає ЕРС, направлена перпендикулярно, як до напрямку струму, так і до напрямку магнітного поля. Ефект ілюструється на рис. 3.5. Через тонку пластину напівпровідникового матеріалу, звану елементом Холу, протікає струм  $I$ . За наявності магнітного поля на рухомі носії заряду (електрони) діє сила Лоренца, яка скривлює траєкторію руху електронів, що приводить до перерозподілу об'ємних зарядів в елементі Холу. Внаслідок цього на краях пластини, паралельних напрямку протікання струму, виникає ЕРС, звана ЕРС Холу. Ця ЕРС пропорційна векторному добутку індукції  $B$  на щільність струму  $I$  і має типове значення близько декількох мікрвольт.

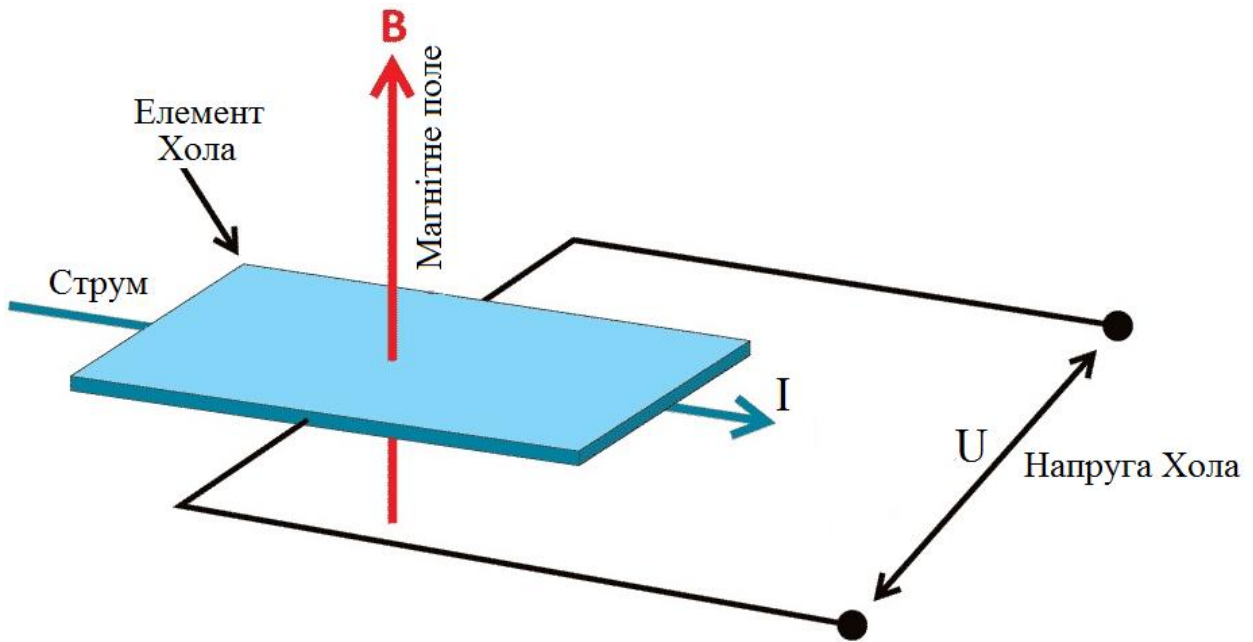


Рис. 3.5. Схема принципу дії датчика Хола

Мікросхема ACS712 складається з прецизійного лінійного датчика Хола і мідного провідника, який виконує роль сигнального шляху для струму. Струм, що протікає через мідний провідник, створює магнітне поле, яке сприймається вбудованим в кристал елементом Хола. Сила магнітного поля лінійно залежить від струму, що проходить через провідник. Вбудований формувач сигналу фільтрує створювану чутливим елементом напругу і підсилює її до рівня, який може бути зміряний за допомогою мікроконтролера.

На рис. 3.6 показано розташування виводів ACS712 і схема його включення.

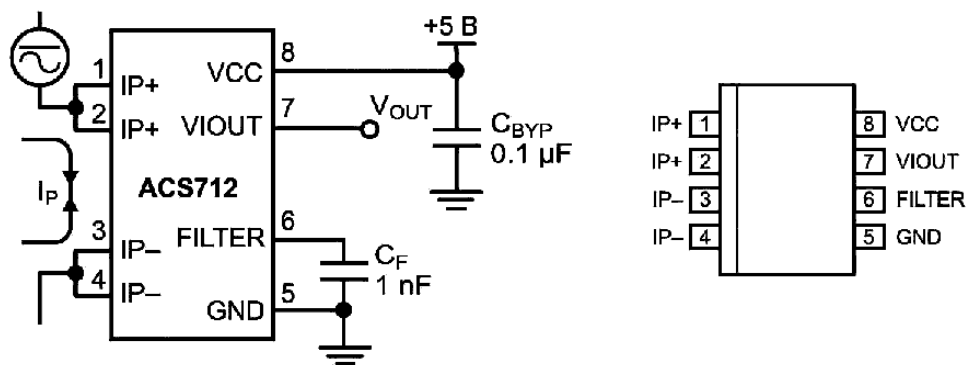


Рис. 3.6. Розташування виводів датчика ACS712 і типова схема включення

У низькочастотних пристроях часто потрібно включити на виході пристрої простій  $RC$  фільтр, щоб поліпшити відношення сигнал-шум. ACS712 містить внутрішній резистор  $R_F$ , що сполучає вихід вбудованого підсилювача сигналу з входом вихідної буферної схеми (див. рис. 3.7). Один з виводів резистора доступний на виведенні 6 мікросхеми, до якого підключається зовнішній конденсатор  $C_F$ . Слід зазначити, що використання конденсатора фільтру приводить до збільшення часу наростання вихідного сигналу датчика і, отже, обмежує смугу пропускання вхідного сигналу. Максимальна смуга пропускання складає 80 кГц при ємності фільтруючого конденсатора рівної нулю. Із зростанням ємності  $C_F$  смуга пропускання зменшується. Для зниження рівня шуму за номінальних умов рекомендується встановлювати конденсатор  $C_F$  ємністю 1 нФ.

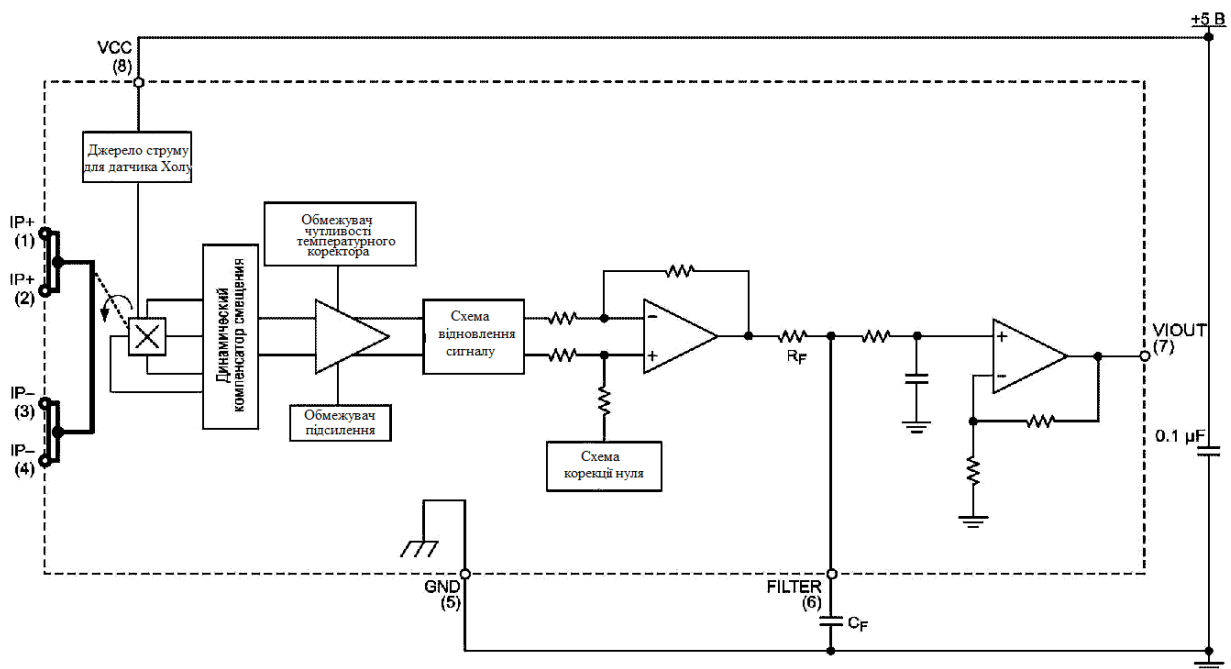


Рис. 3.7. Функціональна схема датчика струму ACS712

### Чутливість і вихідна напруга ACS712

Вихідна напруга датчика пропорційна струму, що протікає через провідний шлях (від виводів 1 і 2 до виводів 3 і 4)..

Відповідні рівні чутливості складають 185 мВ/А, 100 мА/В і 66 мВ/А.

При нульовому струмі, що протікає через датчик, вихідна напруга рівна половині напруги живлення ( $V_{cc}/2$ ). Необхідно відмітити, що вихідна напруга при нульовому струмі і чутливість ACS712 пропорційні напрузі живлення. Це особливо корисно при використанні датчика спільно з АЦП.

Точність будь-якого АЦП залежить від стабільності джерела опорної напруги. У більшості схем на мікроконтролерах як опорного використовується напруга живлення. Тому при нестабільній напрузі живлення вимірювання не можуть бути точними. Проте якщо опорною напругою АЦП зробити напругу живлення датчика ACS712, його вихідна напруга компенсуватиме будь-які помилки аналого-цифрового перетворення, обумовлені флуктуаціями опорної напруги.

Розглянемо цю ситуацію на конкретному прикладі. Допустимо, що для опорної напруги АЦП і живлення датчика ACS712 використовується загальне джерело  $V_{cc} = 5.0$  В. При нульовому струмі через датчик його вихідна напруга складе  $V_{cc}/2 = 2.5$  В. Якщо АЦП 10-розрядний (0.1023), то перетвореній вихідній напрузі датчика відповідатиме число 512. Тепер припустимо, що унаслідок дрейфу напруга джерела живлення встановилася на рівні 4.5 В. Відповідно, на виході датчика буде  $4.5 \text{ В}/2 = 2.25$  В, але результатом перетворення, все одно, буде число 512, оскільки опорна напруга АЦП теж знизилася до 4.5 В. Точно також, і чутливість датчика знизиться в  $4.5/5 = 0.9$  разів, склавши 166.5 мВ/А замість 185 мВ/А. Як бачите, будь-які коливання опорної напруги не будуть джерелом помилок при аналого-цифровому перетворенні вихідної напруги датчика ACS712.

На рис. 3.8 представлені номінальні передавальні характеристики датчика ACS712 при напрузі живлення 5.0 В. Дрейф вихідної напруги в робочому діапазоні температур мінімальний завдяки інноваційній технології стабілізації.

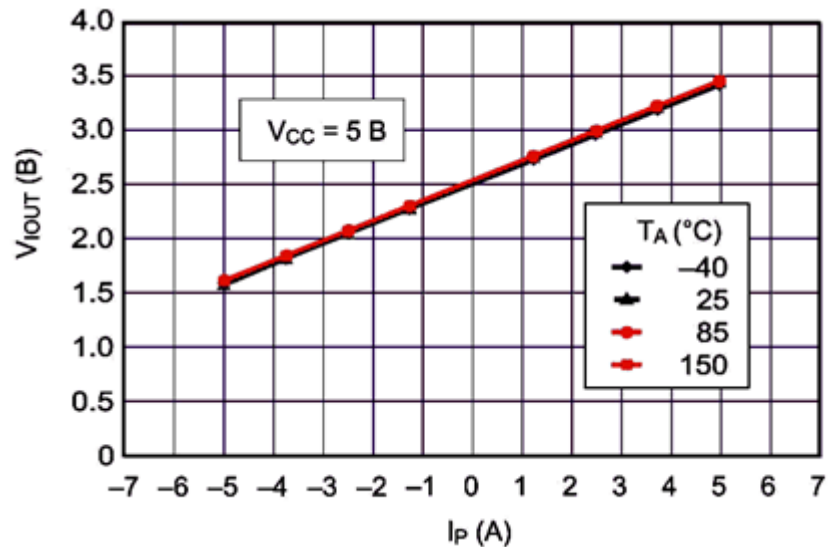


Рис. 3.8. Залежність вихідної напруги ACS712 від вимірюваного струму при напрузі живлення 5.0 В і різних робочих температурах

Для вимірювання струму датчик підключається в розрив кола живлення електродвигуна.

### 3.3. Вибір схеми регулятора швидкості двигуна пральної машини

Обрана нами схема управління двигуном приводу пральної машини представлена на рис. 3.9. Ця схема з невеликими змінами досить широко застосовується і в машинах багатьох фірм. Схема забезпечує стабільність частоти обертання колекторного двигуна зі встановленим на його валу датчиком обертів - тахогенератором.

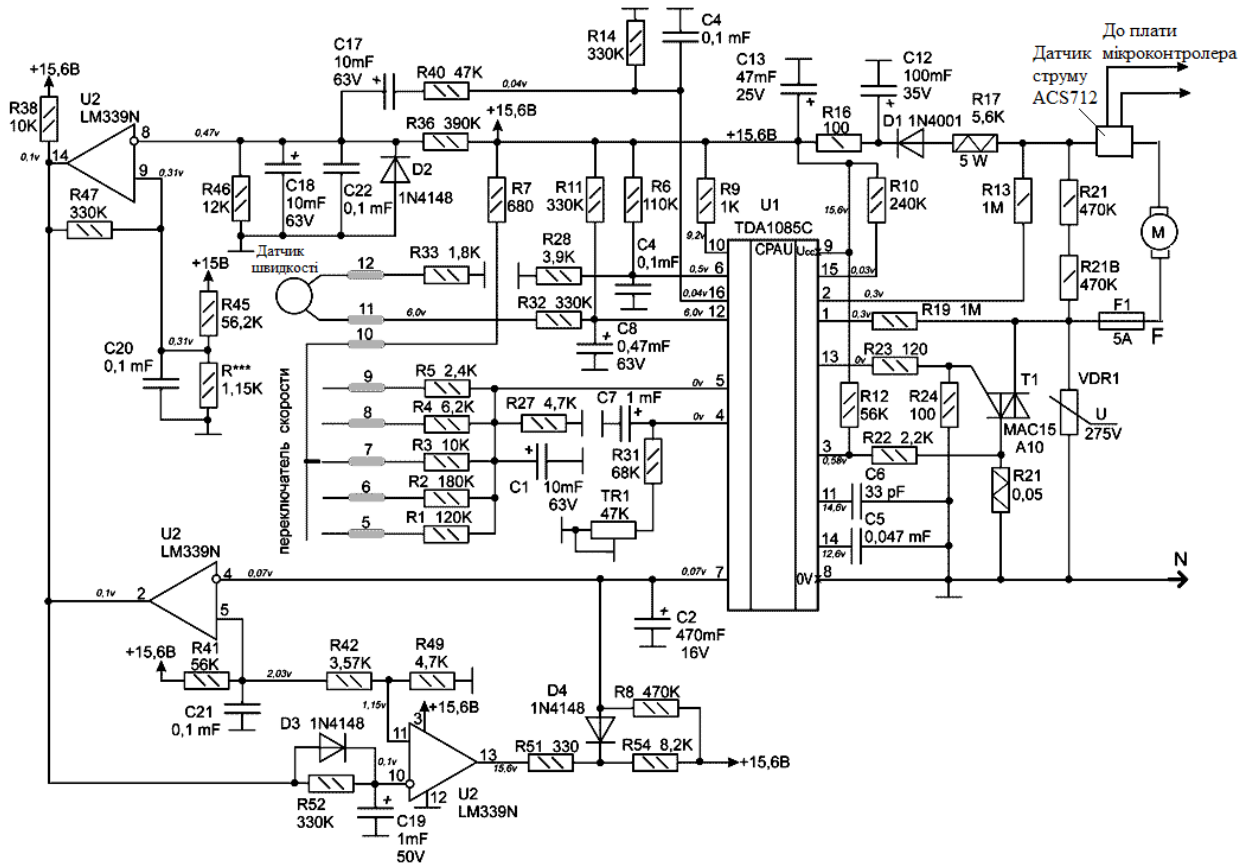


Рис. 3.9. Схема управління двигуном приводу пральної машини

В схемі використовуються компаратори для отримання режиму плавної зміни оборотів двигуна, що обертає барабан пральної машини. Управління оборотами двигуна здійснюється шляхом подачі на вхід 5 мікросхеми сигналу, що управляє, 0 ... 10 В. Як тахогенератор використовується малогабаритний електродвигун постійного струму.

Змінним резистором TR1 задають початковий режим обертання. Резистор R21 визначає струм захисту від перевантаження і його опір підбирається виходячи з параметрів конкретного електродвигуна.

Датчик струму ACS712 увімкнений послідовно в коло живлення електродвигуна. Вихід з датчика ACS712 подається на вхід АЦП плати мікроконтролера блоку керування пральної машини.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В магістерській роботі проведений огляд і аналіз ефективності систем визначення маси завантаження в сучасних пральних машинах.
2. Встановлено доцільність удосконалення системи вимірювання кількості білизни.
3. Проведено аналітичне дослідження роботи приводу барабану пральної машини в режимі прання.
4. Визначено, що вимірювання кількості білизни можна здійснювати за рахунок контролю величини струму, що протікає через електродвигун при повороті барабану на 90 градусів.
5. Отримано залежність струму електродвигуна від маси завантаження пральної машини
6. Розроблено електричну схему регулятора оборотів основного двигуна пральної машини, яка містить датчик Холу для вимірювання струму.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://cosmo-frost.ru/stiralnye-mashiny/kak-opredelit-ves-belya-dlya-stiralnoj-mashiny/>
2. [https://www.elremont.ru/stirm/st\\_eng/steng\\_rem76.php](https://www.elremont.ru/stirm/st_eng/steng_rem76.php)
3. <https://cosmo-frost.ru/stiralnye-mashiny/chto-takoe-funkciya-fuzzy-logic-v-stiralnoj-mashine/>
4. Патент РФ 2484191 Способ измерения веса белья 10.06.2013.
5. Способ определения массы влажного белья в барабане стиральной машины. Патент (Ru) №2123550 опубл. 20.12.1998
6. Способ определения массы белья, находящегося в барабане стиральной машины, и стиральная машина, реализующая этот способ Патент (Ru) №2418118 опубл. 22.11.2006.
7. Ильинский, Н.Ф. Общий курс электропривода / Н.Ф. Ильинский, В.Ф. Казаченко. М.: Энергоиздат, 1992. 544 с.
8. Современные стиральные машины. Серия "Ремонт", выпуск 53. В. Коляда. Издательство "СОЛОН - Р", в 2001 г., 247 с.
9. Набережных, А. И. Бытовые стиральные машины : учеб. пособие / А. И. Набережных, Л. В. Сумзина. — Москва : Изд-во МГУС, 2000. — 176 с.
10. Фетисов, И. В. Исследование случайных воздействий на вибрационные характеристики стиральных машин барабанного типа при отжиге : дис. ... канд. техн. наук / И. В. Фетисов. — Шахты, 2011. — 199 с.