

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Система автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою
Назва теми

КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконала:

студентка IV курсу, група АКІТ-20-1


Підпис

Анастасія ВИСОБРОШНА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис, дата

Денис МАКАРИШКІН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації
та комп'ютерно-інтегрованих
технологій


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«25» червня 2024 р.

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав/кафедрою АІТГР

В. Вергичев
«10» _____ 01 _____ 2024р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Висоброшна Анастасія Степанівна

1. Тема роботи: Система автоматичного керування крапельною електричною
кавоваркою

керівник роботи Макаришкін Д.А., к.т.н, доцент

Затверджено наказом по університету від «15» лютого 2024р. №8.

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 01.06.2024р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ.
Огляд та аналіз існуючих електричних кавоваркою та принципу їх роботи.
Проектування системи автоматичного керування крапельною електричною
кавоваркою. Програмно-алгоритмічне забезпечення системи автоматичного
керування крапельною електричною кавоваркою. Висновки.





5. Перелік графічного матеріалу: 40 презентаційних слайдів.

Завдання отримала

Керівник

[Signature]
[Signature]

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2024р.	Виконано
2	Огляд та аналіз існуючих електричних кавоварою та принципу їх роботи	15.03.2024р.	Виконано
3	Проектування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою	10.04.2024р.	Виконано
4	Програмно-алгоритмічне забезпечення системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою	10.05.2024р.	Виконано
5	Висновки	15.05.2024р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи	25.05.2024р.	Виконано
7	Оформлення креслень, презентаційних матеріалів	01.06.2024р.	Виконано

Студентка


Підпис

Анастасія ВИСОБРОШНА

Ім'я, прізвище

Керівник роботи

Денис МАКАРИШКІН

Ім'я, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою».

Автор роботи: Висоброшна Анастасія Степанівна.

Керівник роботи: Макаришкін Денис Анатолійович.

Пояснювальна записка: 105 с., 56 рис., 9 табл., 40 джерел.

Графічна частина: 40 презентаційних слайдів.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ, КРАПЕЛЬНА КАВОВАРКА, ARDUINO, ПЛК, CODESYS.

Метою роботи є розробка системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою.

Для розробки програмного забезпечення було використано систему проектування CoDeSys та платформу Arduino IDE. Розробка включає апаратні компоненти: датчики рівня води, датчики температури, тензометричний датчик, електромагнітні клапани та теплоелектронагрівачі. Було проведено аналіз об'єкту автоматизації крапельної електричної кавоварки та досліджено уже існуючі системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою, розглянуто та описано види кавових пристроїв. Окрім цього було описано типові помилки, які виникають під час роботи крапельної електричної кавоварки та сформульовано задачі на проектування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою, розроблено структурну схему системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою, підбрано та описано усі основні технічні засоби та обґрунтовано їх вибір, розроблено алгоритм керування системою автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою в ПЛК. ПЛК керує процесом приготування кавового напою, налаштування параметрів температури та кількості порцій, підігрівання готового напою.

03.06.2024

дата


Підпис

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	4
ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАВОВАРОК ТА ПРИНЦИПУ ЇХ РОБОТИ.....	7
1.1. Загальні відомості про процес приготування кавових напоїв та огляд типових кавових пристроїв	7
1.2. Постановка задачі на проектування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою	18
1.3. Висновки до першого розділу.....	21
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ	23
2.1. Розробка структурної схеми системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою	23
2.2. Вибір апаратних засобів системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою.....	25
2.2.1. Мікроконтроллер	25
2.2.2. Датчик рівня води	27
2.2.3. Датчик температури	31
2.2.4. Тензометричний датчик	36
2.2.5. Теплоелектронагрівач	43
2.2.6. Електромагнітний клапан	47
2.3. Висновки до другого розділу	49
3 ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ	50

КвРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ								
Вип.	Аркулл	№ Докум.	Пі Апис	Дата	Система автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою Пояснювальна записка	Літера	Аркулл	Аркуллн
Розробляв		Писоброшні А.С.		25.06.24				
Перевіряв		Максимчик Д.А.		25.06.24			2	107
Р. контр.		Корсичан Л.О.		25.06.24				
Затв.		Мартинюк В.В.		25.06.24				ХНУ, гр. АКІТ-20-1

3.1.Алгоритм керування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою	48
3.2.Проектування прикладної програми системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою у середовищі CoDeSys	86
3.3.Розробка прикладної програми керування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою на платформі Arduino	94
3.4. Висновки до третього розділу	99
ВИСНОВКИ	100
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	101
ДОДАТКИ	

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ДЖ – джерело живлення

ДТ – датчик температури

ДРВР – датчик рівня води резервуару

ЕМК – електромагнітний клапан

ГП – граф переходів

КВ – кавоварка

КЕКВ – крапельна електрична кавоварка

КМ – кавова машина

МККЛ – мікроконтролер

МККП – мікрокомп'ютер

НЕ – нагрівальний елемент

НС – несправний стан

ПАККЕКВ – програмний автомат керування крапельною електричною кавоваркою

ПЗ – програмне забезпечення

ПЗСК – програмне забезпечення систем керування

РдВ – резервуар для води

САККЕКВ – система автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою

ТЕН – теплоелектронагрівач

ТМП – тензометричний датчик

ТП – технологічний процес

					КвРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Протягом останніх років, особливо у теперешній час, значно і стрімко зростає зацікавленість до кавових напоїв, і прогнозується (розраховується), що у майбутньому потреба (попит) у них зросте значно більше. Зважаючи на цей фактор, пристрої для приготування кави, зокрема КВ, стануть невід'ємною (незамінною) частиною життя людства, однак, незважаючи на різноманіття існуючих моделей КВ, далеко не всі вони забезпечують достатній та належний рівень автоматизації ТП приготування кави з необхідними показниками, що створює незручності для користувачів та знижує якість кінцевого продукту, тому вдосконалення САККЕКВ може значно підвищити зручність використання, стабільність та якість приготування кавових напоїв.

Головною метою кваліфікаційної роботи є розробка САККЕКВ (системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою).

Аби досягти цієї мети необхідно впоратися із переліком таких завдань:

- провести аналіз об'єкту автоматизації (КЕКВ) та дослідити уже існуючі системи керування (САККЕКВ);
- розробити структурну схему САККЕКВ на основі об'єкту автоматизації (КЕКВ);
- обрати й обґрунтувати вибір технічних засобів для САККЕКВ;
- розробити схеми з'єднання МККЛ системи із іншими технічними засобами у САККЕКВ;
- розробити алгоритм керування САККЕКВ;
- розробити програмне забезпечення САККЕКВ.

Об'єктом дослідження є процес керування крапельною електричною кавоваркою.

Предметом дослідження є системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою.

Таким чином, розробка САККЕКВ є актуальним завданням, яке значно покращує функціональність (ефективність) та зручність використання

					КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		5

(ергономічність) КЕКВ. Впровадження цієї САККЕКВ не лише оптимізує процес приготування кави, але й підтримуватиме стабільну (незмінну) якість напоїв, що відповідає постійно зростаючим стандартам та очікуванням сучасних споживачів.

					КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		6

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАВОВАРОК ТА ПРИНЦИПУ ЇХ РОБОТИ

1.1. Загальні відомості про процес приготування кавових напоїв та огляд типових кавових пристроїв

За останні декілька років популярність кави значно (прогресивно) зростає у світових масштабах. Приблизно 30-40% населення розпочинає свій ранок із порції еспресо (кількість кавових напоїв рахуються таким чином) і вважає це своєрідною рутиною. Інші ж можуть насолодитись нею в перерві між роботою, або на зустрічі в громадському закладі. З кожним днем це стає все звичнішим та буденнішим. [1]



Рисунок 1.1 – Зростання пристроїв для приготування кави на світовому ринку впродовж 2023-2030 років. [2]

Згідно статистики, розпочинаючи із 2020 року щодобово у світі споживається близько 2.25 млрд порцій кави, що становить понад 500 млрд порцій кави за рік. Як мінімум, в середньому, на одного українця припадає від 100 до 120 порції кави на рік. [1] Вже у 2022 році світовий ринок пристроїв для приготування кави було

оцінено у 6.41 млрд доларів. Прогнозують, що у період із 2023 до 2030 року світовий ринок зросте, як мінімум, на 4,9% (рисунок 1.1). [2]

Останіми роками спостерігається велика потреба на побутові КМ із-за зростання споживання кави (рисунок 1.2). Більше того, технологічний прогрес у виробництві КВ стимулює зростання сегменту. [2]

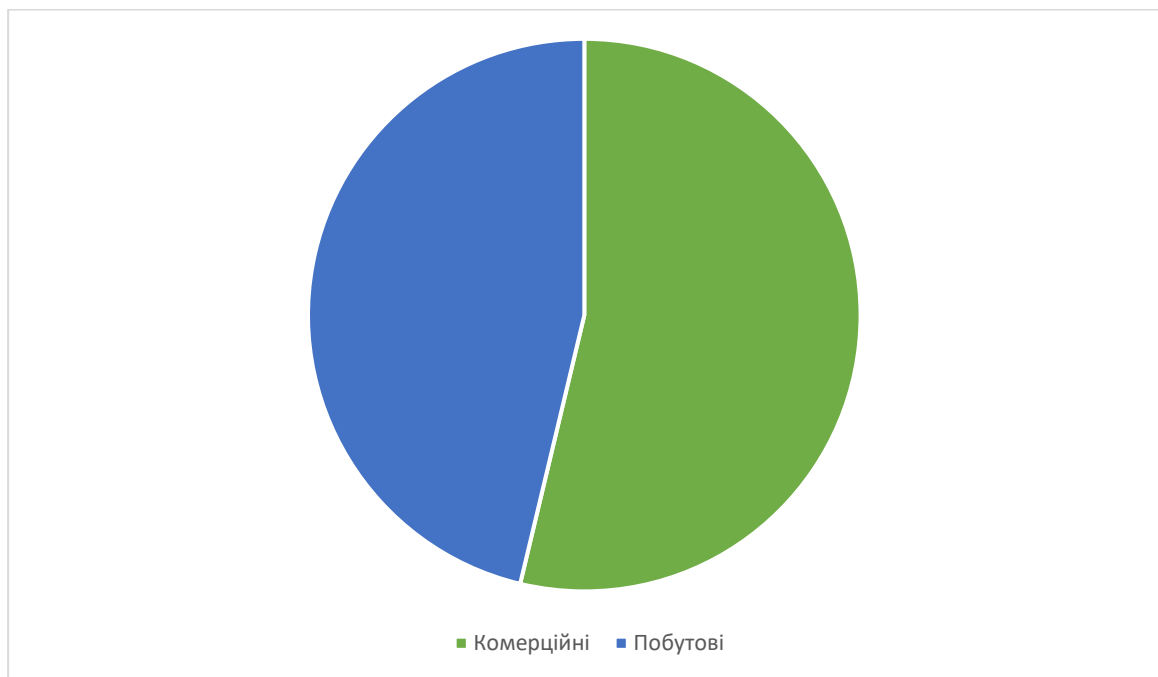


Рисунок 1.2 – Співвідношення потреби комерційних та побутових пристроїв для приготування кави. [2]

З урахуванням значного попиту на каву, на ринку присутні різноманітні пристрої, що відрізняються дизайном, розміром та формою. Для зрозуміння принципу роботи різних моделей КМ важливо дослідити існуючі типи та їх відмінності. Незважаючи на загальний процес екстракції кави, підходи до його реалізації у КМ відрізняються. Це обумовлено використанням різних технологій та можливостей, які пропонуються. [3]

Загалом, пристрої для приготування кави поділяються на дві основні категорії: кавоварки (КВ) та кавові машини (КМ). Обидва типи пристроїв працюють за подібною схемою, проте їх відмінність полягає у рівні автоматизації

процесу приготування кави та у залученні користувача до цього процесу. На рисунку 1.3 зображено усі види пристроїв для приготування кавових напоїв. [4]



Рисунок 1.3 – Види кавових пристроїв.

Компактна, проста у використанні та догляді, тиха та надзвичайно швидка у роботі. Саме так проявила себе капсульна КВ (рисунок 1.4). Вона потребує найменшого догляду, працює повністю в автоматичному режимі та базується на принципі приготування кави, яка упакована у окремі порційні капсули. [5][6]

Перед початком роботи обов'язково необхідно залити дистильовану або фільтровану воду у спеціальний резервуар, який розташовано у задній частині КВ. Після цього необхідно вставити капсулу із меленою та спресованою кавою, укладеною в герметичну упаковку, у спеціальний відсік для заварювання, де голка автоматично її проколить під час приготування. Далі вмикається КВ та користувач обирає режим на панелі керування (якщо це звичайна КВ, то у неї лише одна кнопка для запуску, у професійних КВ - їх більше). Вода з резервуара, за допомогою компресійного насоса, поступово піддається обробці у термоблоці, де нагрівається під високим тиском до 95 °С. Після цього проходить через пробитий отвір у капсулі і там заварюється. Готовий напій фільтрується, видаляючи всі великі та дрібні частинки кави, та подається у чашку. Весь цей процес триває максимум 2 хвилини, що дуже економить час користувача. [5]

Незважаючи на велику кількість плюсів, мінуси також присутні, але не такі суттєві. Після покупки капсульної КВ користувач обмежує себе в експериментах, оскільки до кожної моделі відносяться суворо визначені капсули. Також до цього

ще додається обмежений список брендів, які випускають цей тип КВ, але всі вони дуже хорошої якості. Останнім мінусом є ціна. Для такого простого механізму вона є досить високою, так само як і капсули, але кожна копійка того варта і смак просто чудовий. [6]

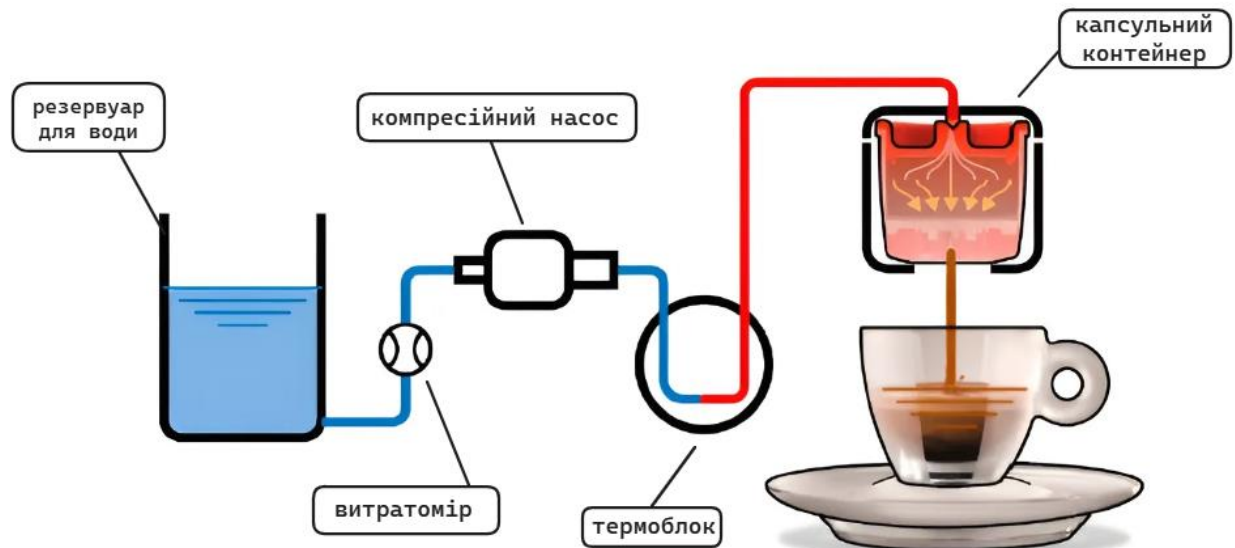


Рисунок 1.4 – Схема роботи капсульної КВ.

Найпопулярнішою у світі вважається саме гейзерна КВ або так звана мока. На кухні вона займає мінімально місця й рахується найбільш економічно доступною. Вона складається всього із 5 частин, які вкручуються одна в одну:

1. РдВ. Нижня та найважча частина гейзерної КВ. На ньому завжди розташовано клапан для аварійного випускнення пари.
2. Лійка-фільтр, так званий відсік для заварювання кави. Трубка у цієї лійки має бути занурена у резервуар, але так щоб холодна вода не попадала на сітку. [7][8]
3. Ущільнююча гумова прокладка.
4. Сито, яке слугує верхнім допоміжним фільтром. Через нього проходить уже заварена кава і фільтрується від кавової гущі.
5. Ємність для готової кави. [7]

Процес приготування надзвичайно простий. У нижню частину заливається холодна вода, а ситечко заповнюється меленою кавою. Вода нагрівається і утворює пару. Під тиском пари воду із резервуару підіймає у лійку-фільтр, де вона потрапляє безпосередньо у мелену каву і там же заварюється. Після цього, уже насичена всіма потрібними екстрактами, проходить через допоміжний фільтр та уже через трубку, яка знаходиться у ємності для готової кави, надходить всередину та виливається крізь отвори. [8] Принцип роботи гейзерної КВ зображено на рисунку 1.5.

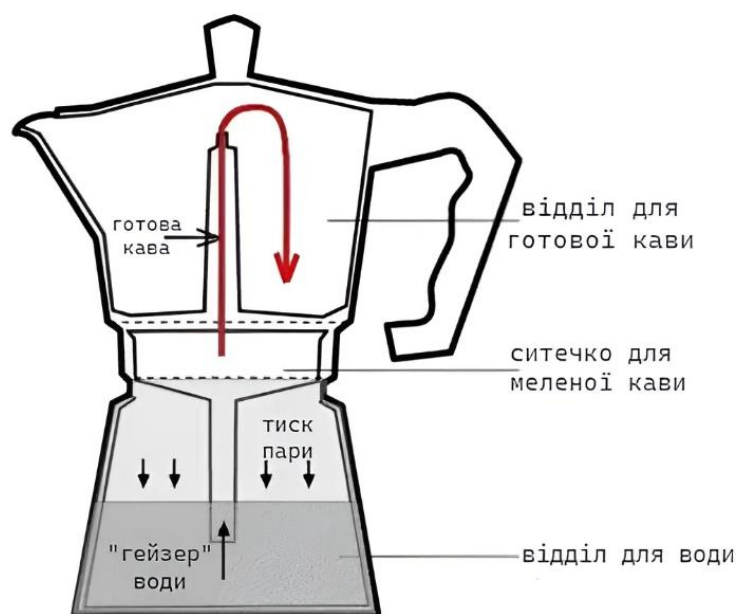


Рисунок 1.5 – Принцип роботи гейзерної КВ.

Кава, приготована даним типом КВ має фантастичний запах, насичений смак із помітною гірчинкою та післясмаком крему. [9]

Гейзерні КВ виготовляються будь-яких розмірів, від маленьких до великих. Хтось обирає малесеньку КВ на 30-40 мл, а комусь більше подобаються великі на 18 порцій (540-720 мл). Також є можливість обрати матеріал, який більше імпонує, (алюмінієві, сталеві, скляні) та дизайн. А також по типу нагрівання : ті, які потребують електричної мережі або ті, які підходять для зовнішнього джерела

нагрівання (на електричній плиті, газовій плиті або на індукційних нагрівальних поверхнях). [10] [38]

За рахунок простого використання, легкого обслуговування та здатності на довгий проміжок часу підтримувати певну температуру готового напій КЕКВ завжди користувалась великою популярністю серед інших і часто купується задля приготування великої порції кави за невеликий проміжок часу. Ця машина значно виграє серед інших, коли необхідно приготувати не одну порцію не надто міцної чорної кави. [11] [36]

КЕКВ має просту конструкцію, яка включає в себе РдВ, бойлер, ТЕН, фільтр для меленої кави, колба для готового напою та платформа із автопідігрівом звареної кави. [12] Схему принципу роботи КЕКВ показано на рисунку 1.6.

Перед початком роботи РдВ заповнюється фільтрованою (дистильованою) водою. Для запуску кавоварки необхідно не менше 200 мл води, максимум залежить від виробника та моделі. [13] [14] На дні РдВ КВ знаходиться отвір, який простягається від основи до першого ЕМК. Всередині розташована трубка, яка призначена для подачі гарячої води в зону збору крапель кавоварки. [15]

Після того як ми натиснули на кнопку «Ввімкнути (розпочати приготування кави)», то першим чином КЕКВ відкриває вхідний ЕМК, який відповідає за набирання води із РдВ. [16] Вона поступає до нагрівального елемента (ТЕН). Він в КЕКВ працює за принципом протікання (у проточному режимі). [37] Розташовано його у нижній частині приладу і це надає можливість пропускати через себе воду уникаючи її контакту з поверхнею. [17] ТЕН працює із потужністю від 0,65 до 1,2 кВт (залежно від моделі та виробника). Малопотужніші варіанти (до 0,7 кВт готують міцніші кавові напої, із даним ТЕНом пристрій довше працює та готує дуже ароматну каву з насиченим смаком. [18] [19]

Під час нагрівання води ТЕНом утворюється конденсат, який підіймається по трубці вгору до вихідного ЕМК. Він відкривається тоді, коли вся вода досягає необхідної температури (100°C). [20] А конденсат, в свою чергу, допомагає підтримувати правильну температуру води (92-95°C) та забезпечує додаткову екстракцію кави. Вихідний ЕМК випускає пару до фільтра КЕКВ. [21]

					КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		12

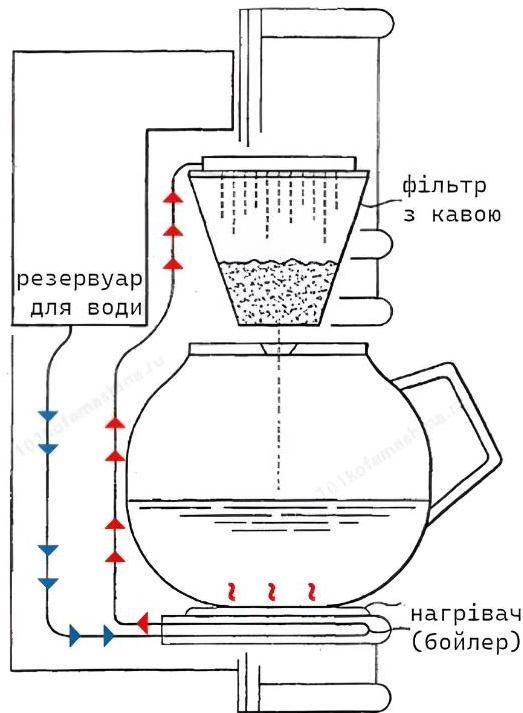


Рисунок 1.6 – Принцип роботи КЕКВ

Після нагрівання конденсат подається через трубку у зону збору крапель КЕКВ, де відбувається її контакт з меленою кавою. Конденсат проходить через мелену каву, витягуючи з неї смак та аромат, і капає в у спеціальний резервуар для готового напою. [22] [23]

Колба – це резервуар (посудина), в який стікає готовий кавовий напій. Стандартний об'єм для колби у КЕКВ складає 1 л, але зазвичай даний показник вимірюють кількістю чашок. Колба КЕКВ, яка вміщує в собі 1250 мл розрахована на 10 великих чашок (по 200 мл) або 15 маленьких (по 150 мл). На поверхні може бути зображена шкала з позначеннями об'єму. [24] [25]

Найдешевшими є пластикові колби, але вони мають суттєвий недолік – присмак хімії, яким насичується напій. Колби із термостійкого скла є значно кращими у використанні, аніж пластикові, оскільки напій не насичується неприємними речовинами і тримає температуру протягом певного часу. Але важливо обирати резервуар з теплоізолюваною ручкою. Найдорожчими вважають металеві колби. Візуально вони схожі на термоси з герметичною кришкою. Вони

найкраще підтримують температуру готового напою та значно кращі у експлуатації. У деяких моделях КЕКВ колбу виготовляють із жароміцного скла, яке витримує навіть підігрів у мікрохвильовій печі. [16] [26]

Обов'язковим елементом КЕКВ є фільтр для меленої кави. Всі фільтри мають форму конуса. Вони бувають лише чотирьох видів : нейлоновими, «золотими», металевими та паперовими. [27] Їх зображено на рисунку 1.7.

Простий нейлоновий фільтр складається із пластикового каркасу на який натягнуто сітку з нейлону. Його вистачає на 60 використань. Не зважаючи на те, що він багаторазовий, після кожного використання його потрібно очищувати та промивати. [27] [28]

Золотий фільтр також виготовляється із нейлону, але ще, крім того його додатково покрито нітридом титану, який додає міцності та забезпечує стійкість до агресивного середовища. Такі фільтри використовують у дорожчих моделях КЕКВ. Його вистачає на більше використань, аніж звичайний нейлоновий, але він потребує ідентичного постійного догляду. [27] [28]

Металевий фільтр також є багаторазовим та ефективно відділяє напій від кавової гущі. Він виготовлений із тонкого дроту має структуру сітки з дрібними отворами, в яких затримуються частинки кави і не попадають усередину колби. Даний тип фільтру не потребує постійної заміни, але з часом може призводити до появи у кавовому напої неприємного металевого присмаку. Потребує очищення після постійного використання. [28] [29]

Паперові фільтри є найбільш гігієнічними, зручними та вигідними. Вони одноразові, тому вистачає їх лише на одне використання, а потім можна викидати разом із кавовою гущею. Це дозволяє економити час та уникнути появи стороннього присмаку. [28] [40]



Рисунок 1.7 – Різновиди фільтрів в крапельній кавоварці.

Багато КЕКВ оснащені функцією автопідігріву, яка підтримує температуру готового напою протягом певного часу після приготування. Це дозволяє зберігати каву гарячою і готовою до вживання навіть через деякий час після приготування. [30] [31]

Протикапельна система забезпечує зупинку подачі кави після завершення циклу приготування, щоб запобігти капанню залишків напою на НЕ або панель кавоварки. Це допомагає зберігати кавоварку чистою та полегшує її обслуговування. [30] [32]

Деякі моделі КЕКВ оснащені таймером, який дозволяє програмувати час початку приготування кави. Це зручно для того, щоб КЕКВ автоматично почала працювати у певний час, наприклад, вранці перед пробудженням, приготувавши необхідну порцію кави до потрібного моменту. [39]

Щоб забезпечити тривалу та безперебійну роботу КЕКВ, важливо регулярно чистити РДВ, трубки, фільтри та НЕ. Також варто використовувати фільтровану або дистильовану воду для запобігання утворенню накипу на елементах КЕКВ. [35]

Розглянемо типові НС (поломки), які виникають у КЕКВ, їх причини та способи ліквідування у таблиці 1.1. [33] [34]

Таблиця 1.1 – Типові поломки КЕКВ, їх причини та способи усунення

Несправність (НС)	Причина НС	Ліквідування НС
КЕКВ не вмикається	Пошкоджений шнур живлення; несправність у внутрішніх електричних компонентах	Перевірити шнур живлення на наявність пошкоджень. Якщо він цілий, віднести кавоварку до сервісного центру для діагностики та ремонту електроніки
Не нагрівається вода	Несправність НЕ; несправність термостата	Перевірити НЕ або термостат, в разі поломки замінити
КЕКВ не пропускає воду	Забитий фільтр або водяні трубки	Промити фільтр та очистити водяні трубки від накипу, використовуючи розчин з оцту та води
КЕКВ протікає	Пошкоджені ущільнення; тріщини в РдВ	Перевірити РдВ, в разі необхідності замінити пошкоджені ущільнення або РдВ
КЕКВ не вимикається автоматично	Несправність у системі автоматичного вимкнення	Несправність у системі автоматичного вимкнення
Приготована кава дивна на смак	Забруднення кавоварки; використання неякісної води	Регулярно очищувати кавоварку та використовувати фільтровану (дистильовану) воду

Кінець таблиці 1.1 – Типові поломки КЕКВ, їх причини та способи усунення

КЕКВ працює дуже повільно	Утворився накип на нагрівальному елементі або трубках	Очистити кавоварку від накипу, використовуючи розчин оцту та води або спеціальні засоби для видалення накипу
Приготована кава занадто слабка/занадто міцна	Неправильна пропорція кави до води; неякісна кава	Перевірити та змінити пропорції кави до води та використовувати свіжі зерна кави відповідного помелу
КЕКВ видає дивні звуки	Повітря в трубках; знос насосного механізму.	Видалити повітря з трубок, заповнивши РдВ та запустивши КЕКВ без кави. Якщо звуки не зникають, перевірити насосний механізм і замінити його за необхідності
КЕКВ не подає каву рівномірно	Неправильне розподілення води через забитий розпилувач	Очистити розпилувач від накипу та залишків кави, використовуючи голку або зубочистку для очищення отворів.

1.2. Постановка задачі на проектування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою

На рисунку 1.8 зображено спрощену модель КЕКВ, яка дає змогу за допомогою дисплею обрати необхідну температуру кави і кількість порцій.

Перерахуємо основні елементи КЕКВ :

1. РдВ.
2. ДРВР(нижнього).

3. ДРВР (верхнього).
4. Ємність для кипіння (бойлер).
5. ДТ води.
6. Вхідний ЕМК.
7. Вихідний ЕМК.
8. ТЕН кип'яченої води.
9. ТЕН підігріву готової кави.
10. Фільтр з меленою кавою.
11. Колба для готового напою.
12. ДТ готового напою.
13. ТМД.
14. Вхідний та вихідний ЕМК, ємність для кипіння, нагрівач кип'яченої води утворюють бойлер.
15. Дисплей.
16. Кнопка «Підтвердити» (ОК).
17. Кнопка «Відміна» (CANCEL).
18. Кнопка «Збільшити параметр» (+).
19. Кнопка «Зменшити параметр» (-).

Без втручання користувача, КЕКВ постійно працює у автоматичному режимі (режимі очікування). У цьому режимі (стані) дисплей КЕКВ вимкнено. Загалом, керування КЕКВ відбувається за допомогою чотирьох кнопок на дисплеї КЕКВ: кнопка «Збільшити параметр» (+), кнопка «Зменшити параметр» (-), кнопка «Підтвердити» (ОК), кнопка «Відміна» (Cancel).

Кнопки керування «Збільшити параметр» (+) та «Зменшити параметр» (-) відповідають за два види (типи) функцій, залежно від стану в якому перебуває КЕКВ: зміну температури заварювання кави у КЕКВ та зміну кількості порцій, яку в результаті (на виході) отримує користувач.

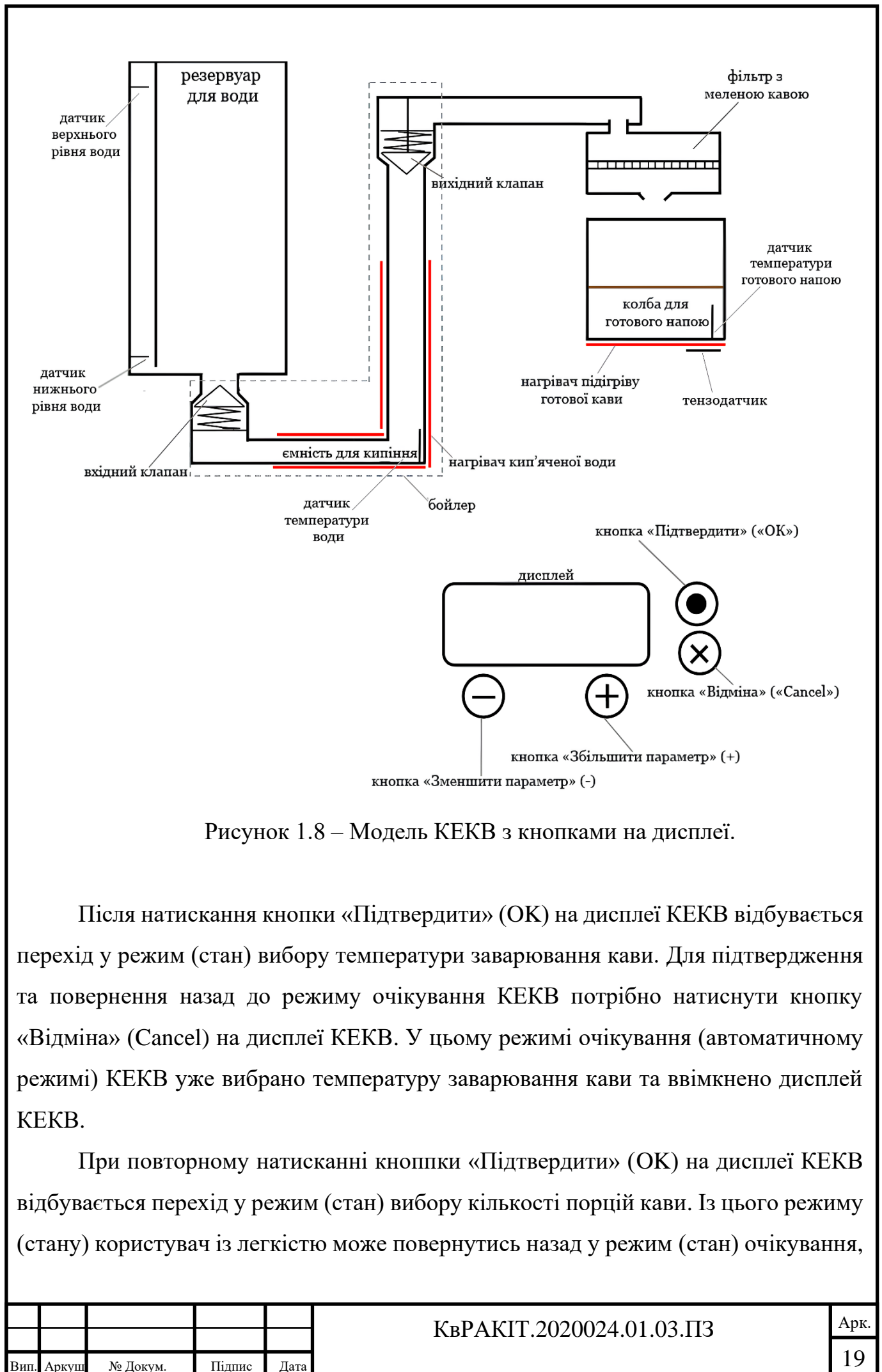


Рисунок 1.8 – Модель КЕКВ з кнопками на дисплеї.

Після натискання кнопки «Підтвердити» (OK) на дисплеї КЕКВ відбувається перехід у режим (стан) вибору температури заварювання кави. Для підтвердження та повернення назад до режиму очікування КЕКВ потрібно натиснути кнопку «Відміна» (Cancel) на дисплеї КЕКВ. У цьому режимі очікування (автоматичному режимі) КЕКВ уже вибрано температуру заварювання кави та ввімкнено дисплей КЕКВ.

При повторному натисканні кнопки «Підтвердити» (OK) на дисплеї КЕКВ відбувається перехід у режим (стан) вибору кількості порцій кави. Із цього режиму (стану) користувач із легкістю може повернутись назад у режим (стан) очікування,

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

але на дисплеї КЕКВ відобразатимуться, налаштовані параметри користувачем, а саме вказана кількість порцій та обрана температура заварювання кави.

Якщо ж користувач зразу після режиму (стану) вибору температури заварювання натисне кнопку «Підтвердити» (ОК) на дисплеї КЕКВ, то автоматично буде обрано одну порцію кави (200 мл).

Після натискання кнопки «Підтвердити» (ОК) на дисплеї КЕКВ переходить у режим (стан) підготовки до початку роботи. У даному режимі (стані) КЕКВ проводить аналіз (перевірку) справності усіх складових бойлера, а саме вхідного ЕМК КЕКВ, вихідного ЕМК КЕКВ, ТЕНа (нагрівача кип'яченої води) КЕКВ та ТЕНа (підігрів готової кави у колбі) КЕКВ.

Якщо все працює, то КЕКВ відкриє вхідний ЕМК, набере достатню кількість води із РдВ та після його закриття КЕКВ розпочне нагрівання води першим ТЕНом. Далі після досягнення певної температури КЕКВ відкриє вихідний ЕМК, який слугує для випускання пари до фільтру із меленою кавою, де під дією конденсату вона заварюється. Після закриття вихідного ЕМК КЕКВ покаже на дисплеї, що роботу виконано і запропонує для натискання однієї із кнопок на дисплеї: кнопка «Підтвердити» (ОК) або кнопка «Відміна» (Cancel).

Кнопка «Підтвердити» (ОК) у даному випадку слугуватиме задля повторення цього циклу. Кнопка «Відміна» (Cancel) дає змогу повернутись у початковий режим (стан) очікування КЕКВ.

У будь-який момент роботи КЕКВ можна призупинити процес, натиснувши кнопку «Відміна» (Cancel). Подвійне натискання кнопки «Відміна» (Cancel) поверне користувача у початковий режим (стан) очікування.

Також КЕКВ може перейти у аварійний режим (несправність), коли один із елементів бойлера, а саме вхідний ЕМК КЕКВ, вихідний ЕМК КЕКВ, ТЕН (нагрівач кип'яченої води) КЕКВ та ТЕН (підігрів готової кави у колбі) КЕКВ не коректно або не досконало виконує свою функцію.

1.3. Висновки до першого розділу

У світі, де кава стає все більш популярною, КВ здобувають увагу користувачів усього світу. Для необізнаної, але зацікавленої в цьому, людини різноманіття видів КВ та їх функцій може здатись навіть лякаючим, оскільки останні роки їх кількість значно збільшується. Але не всі КВ є зручними та повністю автоматизованими, що стає мінусом для певного прошарку людей. Саме тому в розділі 1 ознайомлено із основними типами та принципами роботи КВ.

У першому розділі, а саме у підпункті «Загальні відомості про процес приготування кавових напоїв та огляд типових кавових пристроїв», особливою увагою користується КЕКВ. Оскільки це найпоширеніший та доступний тип КВ. Її робота ґрунтується на простому принципі: вода нагрівається, проходить через фільтр з меленою кавою, а потім заварена кава стікає в колбу. Деякі моделі КЕКВ мають додаткові функції, такі як автопідігрів, таймер та регулювання міцності кави.

У підпункті «Постановка задачі на проектування САККЕКВ» було спроектовано САККЕКВ, яка дозволить користувачеві вибирати температуру заварювання та кількість порцій, а також нести певний контроль роботи бойлера. В даній САККЕКВ користувач керує системою КЕКВ за допомогою дисплея та кнопок. Система (САККЕКВ) буде працювати за наступним алгоритмом:

1. КЕКВ знаходиться у режимі очікування.
2. Користувач обирає температуру заварювання кави.
3. Користувач обирає кількість порцій кави.
4. КЕКВ перевіряє справність бойлера.
5. Якщо все гаразд, КЕКВ набирає воду та розпочинає її нагрівання.
6. Після досягнення заданої температури вода подається до фільтра з кавою.
7. Після завершення приготування кави користувач може повторити цикл або повернутися у режим очікування.

8. В разі поломки, КЕКВ призупиняє процес та повідомляє про це користувача.

Ця САККЕКВ зробить КЕКВ більш зручною у використанні та дозволить користувачеві готувати каву за своїм смаком.

					КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		22

2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ

2.1. Розробка структурної схеми системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою

Важливою частиною процесу створення САККЕКВ – є структурна схема, яку зображено на рисунку 2.1, адже вона дає змогу візуалізувати всі компоненти даної САККЕКВ та показати їх взаємозв'язки. Структурна схема є фундаментом для подальшого проектування і впровадження САККЕКВ, забезпечуючи ясне розуміння принципів її функціонування.

Ключовими елементами САККЕКВ є МККЛ, нагрівальні елементи, ЕМК, датчики, керуючі кнопки та дисплей. МККЛ відіграє найважливішу роль, оскільки є центральним компонентом, що управляє усіма наступними елементами. Він насамперед отримує дані від датчиків чи користувача, обробляє їх та після цього вже віддає команди виконавчим механізмам. Датчики контролюють важливі параметри, такі як температура води у бойлері або приготованого напою у колбі, рівень води в резервуарі, кількість отриманих порцій і цим самим він забезпечує точною інформацією МККЛ, який приймає подальші рішення. Не менш важливими елементами є нагрівальні елементи (ТЕНи) та ЕМКи, що виконують фізичні дії, необхідні для приготування кави КЕКВ, а кнопки та дисплей в свою чергу забезпечують зручність взаємодії користувача з системою та керування нею.

Структурна схема також надає можливість візуалізувати інформаційні потоки та сигнали, що циркулюють між компонентами САККЕКВ. Цей аспект насамперед робить схему цінним інструментом для аналізу та діагностики можливих проблем у роботі САККЕКВ.

Окрім того, структурна схема може бути використана для розробки модифікацій та покращення САККЕКВ. Завдяки чіткому уявленню про

взаємозв'язки компонентів, можна легко ідентифікувати місця, де можна додати нові функції або оптимізувати існуючі.

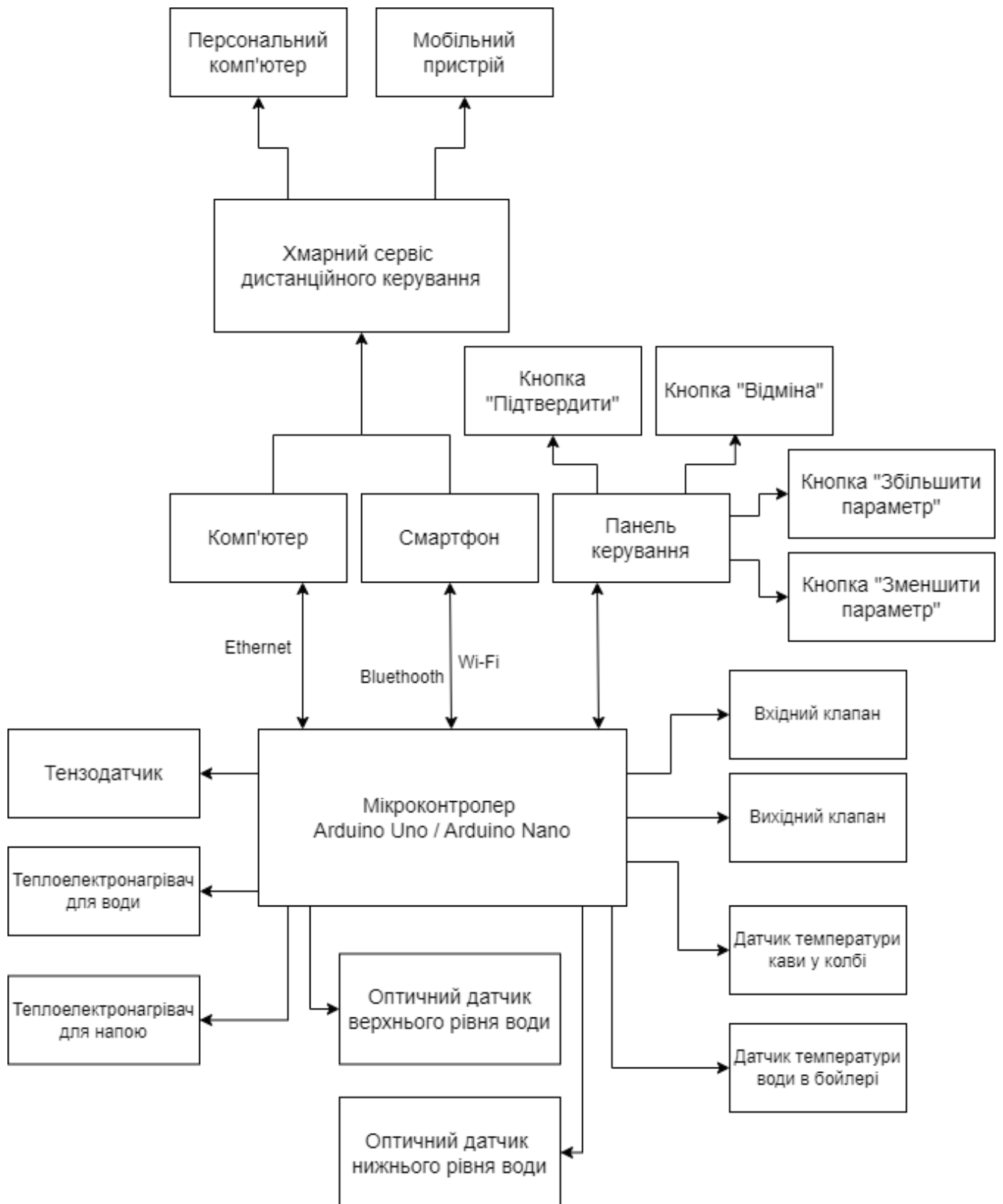


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи автоматичного керування КЕКВ.

До того ж, структурна схема є лише одним із етапів розробки САККЕКВ. Наступними кроками стануть детальне проектування прикладної програми та її компонентів, написання програмного забезпечення для МККЛа та тестування всієї системи.

2.2. Вибір апаратних засобів системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою

2.2.1. Мікроконтроллер

Для роботи із САККЕКВ було обрано для використання МККП Arduino UNO. При потребі його із легкістю можна замінити меншою версією - МККП Arduino Nano.

Основою будь-якого Arduino є МККЛ, який відповідає за видачу напруги, бере на себе здійснення загальних обчислень, може зчитувати та зразу запам'ятовувати певні дані у свою власну вбудовану пам'ять. Під час видавання та приймання електричного сигналу МККЛ зчитує дані із вставлених у роз'єм карток пам'яті, підключених датчиків і кнопок. Також МККЛ без проблем може приймати дані через використання мобільної мережі або ж той самий Wi-Fi.

МККЛ - це найважливіший елемент у МККП. Всі інші елементи вважаються додатковими компонентами, які відповідають за зручне користування. На одній платі МККП Arduino зібрано всі можливі порти задля підключення, обов'язковий стабілізатор напруги та зарядня вбудований програматор USB тощо.

Arduino UNO виконана на МККЛ модель ATmega328P, який має тактову частоту 16 МГц. На платі знаходиться аж 20 вхідних портів, що робить її зручною для підключення усіх датчиків моєї САККЕКВ. Основні елементи плати МККП Arduino UNO показано на рисунку 2.2.

Arduino Nano дуже схожа своєю більшою версією Arduino UNO. Вона ідентично попередній, виконана на МККЛ ATmega328P, але має тільки 14 вхідних портів. Основні елементи плати МККП Arduino Nano показано на рисунку 2.3.

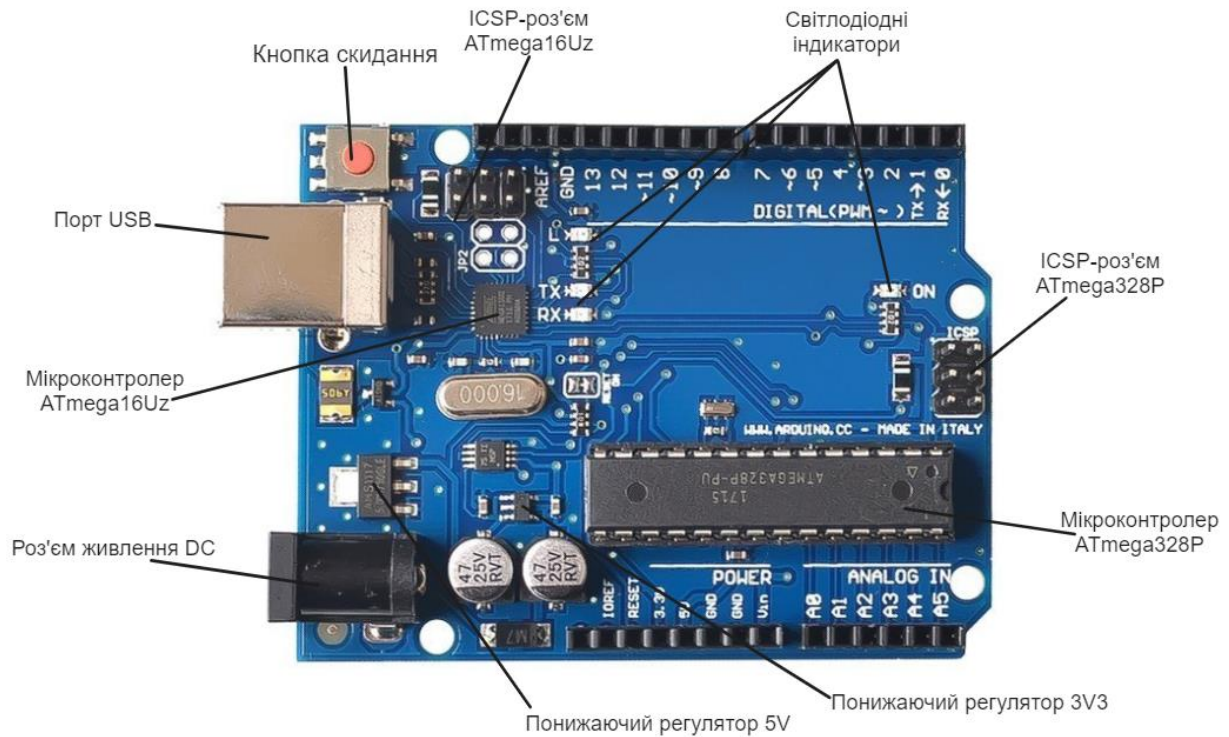


Рисунок 2.2 – Основні елементи плати МККП Arduino UNO.

Основні технічні характеристики МККЛ ATmega328P у Arduino UNO або Arduino Nano представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики МККЛ ATmega328P.

№	Параметр МККЛ	Значення МККЛ
1	Назва МККЛ	ATmega328P (сімейство AVR)
2	Тактова частота МККЛ	16 МГц (під час програмування можна задавати, зробити меншою)
3	Ядро МККЛ	8 біт (1байт)
4	Розміри МККЛ	69 мм x 53 мм (довжина та ширина)
5	Піни входу-виходу платформи з МККЛ	20 (14) штук
6	Піни із АЦП платформи з МККЛ	6 штук

Кінець таблиці 2.1 – Технічні характеристики МККЛ ATmega328P.

7	Піни із перериванням платформи з МККЛ	2 штуки
8	Піни із ШІМ платформи з МККЛ	6 штук
9	Розрядність АЦП платформи з МККЛ	10 біт (1 байт і 2 біта)
10	Розрядність ШІМ платформи з МККЛ	8 біт (1байт)

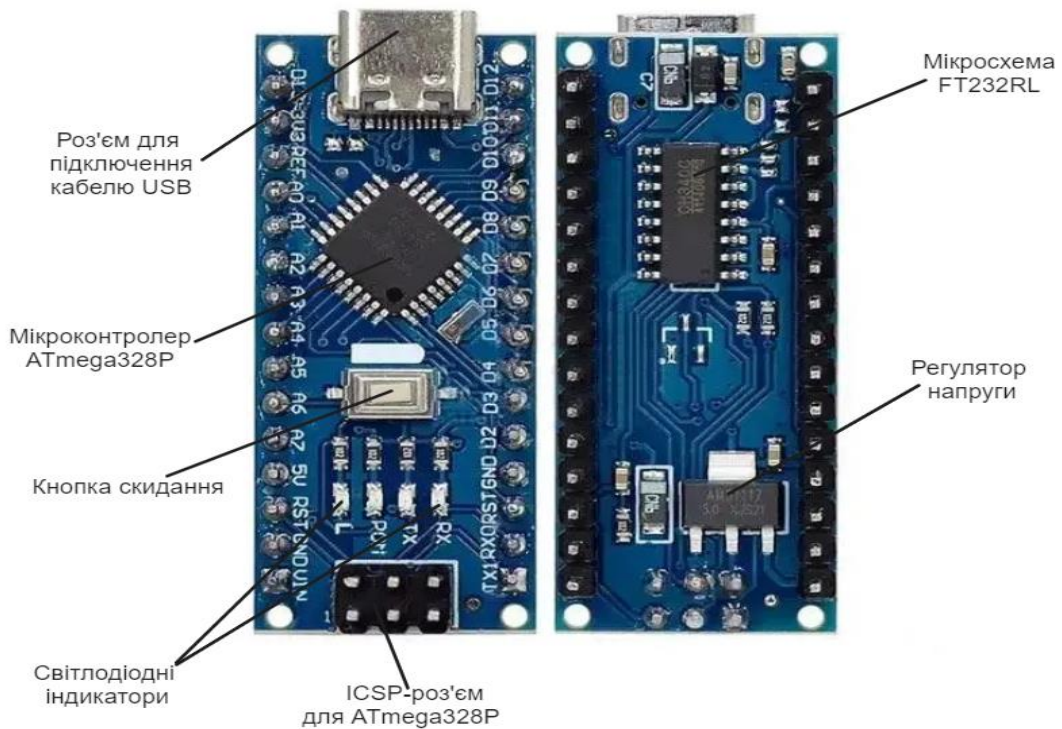


Рисунок 2.3 – Основні елементи плати МККП Arduino Nano.

2.2.2. Датчик рівня води

Датчики рівня води поширені у використанні в усіх сферах, для того аби проводити моніторинг рівня води, для системи виявлення витоків або просто для автоматизації процесів керування. Працюють вони для вимірювання глибини

занурення, тим самим ґрунтуючись на переміні електричного опору між двома електродами. Чим більше датчик занурений у воду, тим менший створено опір між електродами. Саме цей сигнал, в результаті, перетворено на аналогове значення, яке Arduino з легкістю може обробити.

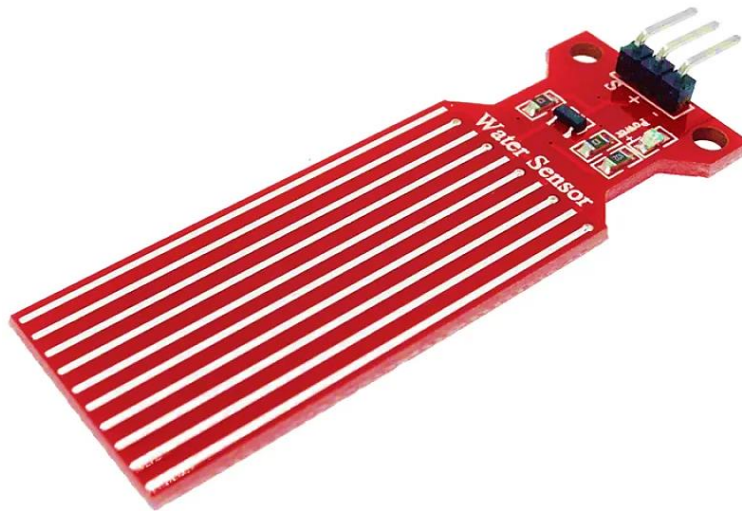


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд ДРВР К-0135.

У розробці САККЕКВ було використано два ДРВР 1 та ДРВР 2. ДРВР 1 було встановлено у верхній частині резервуару із метою вимірювання максимального рівня води резервуару. ДРВР 2 було встановлено у нижній частині резервуару із метою вимірювання мінімального рівня води резервуару.

Ці ДРВР складаються із двох основних компонентів: мікросхеми та електрода. Мікросхема займається вимірюванням опору, що виникає між електродами, а електрод безпосередньо занурюється у воду. Опір між електродами, в свою чергу, залежить від глибини занурення електрода, тому він ідеально підходить для визначення рівня води. На рисунку 2.4 представлено ДРВР моделі К-0135.

Мікросхема ДРВР зазвичай має аналоговий вихід, по якому передається значення, яке відповідає глибині занурення. Цей вихід може бути підключений до МККЛА Arduino (рисунок 2.5), який може його обробити та візуалізувати дані.

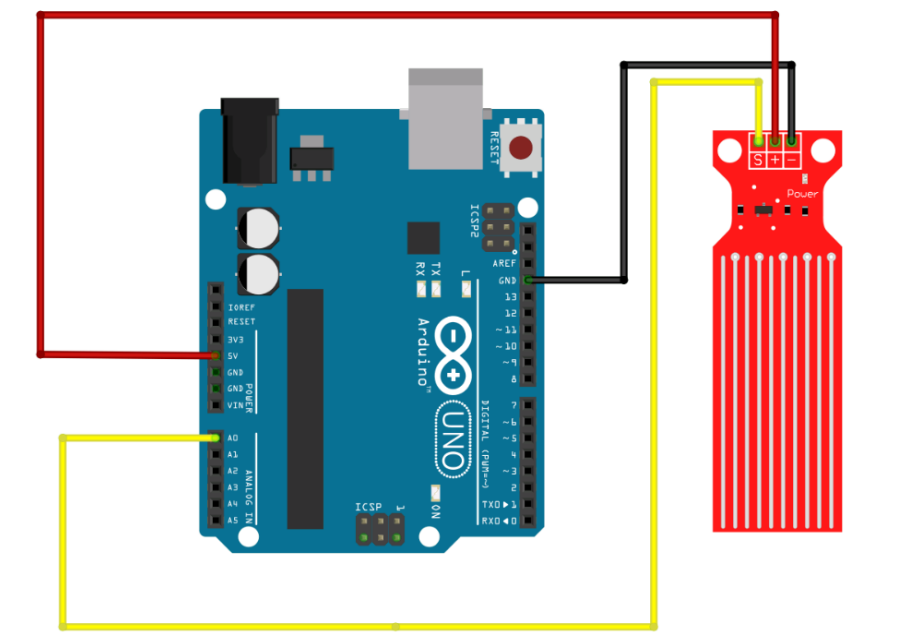


Рисунок 2.5 – Підключення ДРВР моделі К-0135 до Arduino UNO

Підключення ДРВР моделі К-0135 до Arduino UNO здійснюється поступово трьома кроками. Для початку потрібно підключити VCC датчика (на К-0135 він позначений «+») до 5V Arduino. Далі необхідно підключити GND датчика (на К-0135 він позначений «-») до GND Arduino. Останнім здійснюється підключення виходу датчика (DATA) а К-0135 він позначений «S») до аналогового піна A0 Arduino.

Підключення ДРВР моделі К-0135 до Arduino Nano здійснюється ідентично (рисунок 2.6), як до Arduino UNO. Обираються ті ж самі контакти на ДРВР моделі К-0135 і підключають до тих самих контактів, але на Arduino Nano.

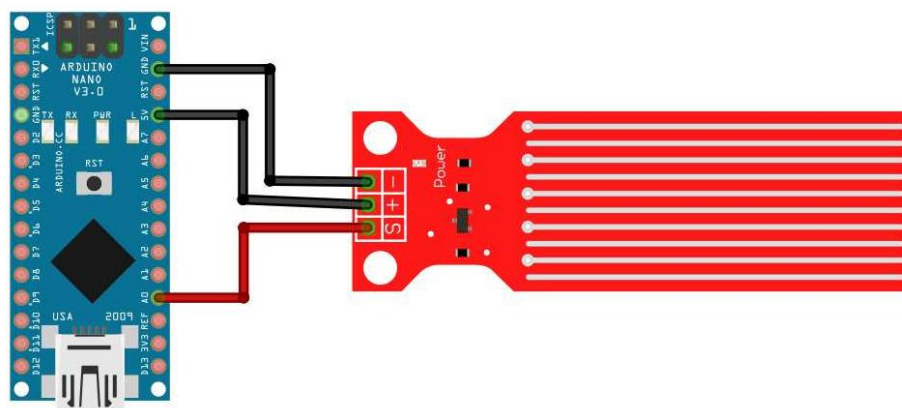


Рисунок 2.6 – Підключення ДРВР моделі К-0135 до Arduino Nano.

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

За бажанням можна додатково підключити резистор на 10 кОм між VCC («+») і DATA («S») датчика моделі К-0135 та конденсатор на 0,1 мкФ між DATA («S») і GND («-») датчика моделі К-0135.

Отже, ДРВР моделі К-0135, стають незамінними інструментами для автоматизації та контролю у САККЕКВ. Завдяки своїй простоті, надійності та універсальності, вони забезпечують точність, надійність та простоту використання. А використання саме двох датчиків дає можливість чіткого контролю мінімального та максимального рівня води.

Основні технічні характеристики ДРВР моделі К-0135 представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2– Технічні характеристики ДРВР моделі К-0135.

№	Параметр ДРВР	Значення ДРВР
1	Назва ДРВР	Модель К-0135
2	Тип сенсору ДРВР	Аналоговий (неперервний)
3	Вага ДРВР	3 гр (0.003 кг)
4	Розміри ДРВР	65 мм x 20 мм x 8 мм (ширина-довжина-висота (товщина))
5	Площа контакту ДРВР	40 мм x 1 мм (довжина-ширина)
6	Вольтаж ДРВР	DC5V 4 (direct current)
7	Робоча напруга ДРВР	< 20мА (до 20мА)

2.2.3. Датчик температури

Не менш важливу, а іноді і найбільш важливу, роль у КЕКВ відіграють ДТ, які дозволяють регулювати режим температури та на основі цього отримати ідеальний результат. У своїй роботі було використано ДТ моделі DS18B20 від компанії DALLAS, який завдяки своїм характеристикам став одним з найпопулярніших виборів для КЕКВ.

Було обрано ДТ моделі DS18B20 із-за широкого діапазону вимірювання температури від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$, оскільки це робить його ідеальним для використання в КВ, де температура постійно коливається в залежності від етапу приготування та налаштувань користувача. Вражає те, що в цього ДТ також привілеگیєю є висока точність, з абсолютною похибкою менше 0.5°C в діапазоні від -10 до $+85^{\circ}\text{C}$, а в діапазоні від -55 до $+125$ вона дорівнює всього 2°C . Саме це гарантує стабільність та контроль над процесом.

Окрім цього, у ДТ моделі DS18B20 є ряд переваг. Наприклад, простота підключення (DS18B20 постійно використовує шину (1-Wire Bus System), що дозволяє підключити незлічену кількість ДТ всього-навсього до однієї лінії. Це також виграє у його виборі у КЕКВ, оскільки це є дуже зручно для використання в КВ, де зачасту пристрою може знадобитися контроль температури не в одному, а в декількох місцях. Також у цього ДТ висока енергоефективність. Він з легкістю може житися як і від зовнішнього ДЖ, так і отримувати живлення від лінії даних (а це, в свою чергу, значно економить енергію й усуває потребу у додатковому ДЖ). Хорошою перевагою є те, що роздільну здатність АЦП DS18B20 може бути змінено користувачем у програмі, аби гнучко налаштувати його під свої конкретні потреби.

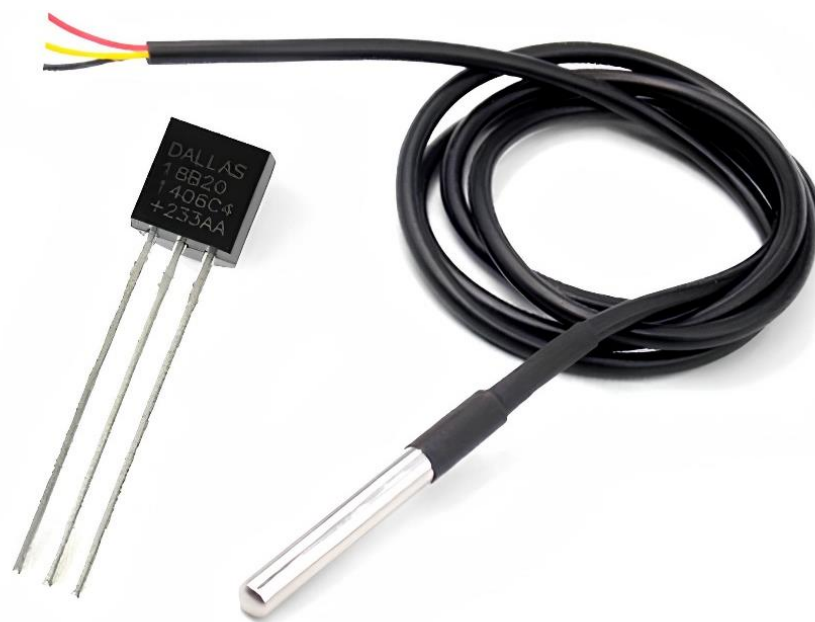


Рисунок 2.7 – ДТ моделі DS18B20.

В розробці САККЕКВ було використано два ДТ моделі DS18B20: один для вимірювання та контролю температури води, яку нагрівають, у бойлері, а другий - для вимірювання та контролю температури готового кавового напою у колбі. Завдяки цьому система та користувач точно контролює процес приготування, обираючи найкращу температуру води для заварювання та найкращу температуру готового напою. На рисунку 2.7 зображено ДТ моделі DS18B20 компанії DALLAS. Зліва показано водостійку версію, справа – не водостійку.

Основні технічні характеристики ДТ моделі DS18B20 представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики ДТ моделі DS18B20.

№	Параметр ДТ	Значення
1	Назва ДТ	Модель DS18B20
2	Тип ДТ	Цифровий (дискретний)
3	Вага ДТ	2.8 гр (0.028кг.)
4	Розмір ДТ	9.2 мм x 3.8 мм (довжина-ширина)
5	Корпус ДТ	Стандарт TO-99
6	ДЖ ДТ	3.0 - 5.5 В (від 3В до 5.5В)
7	Діапазон вимірювання температури ДТ	-55°C до +125°C (широкий діапазон)
8	Точність ДТ	±0.5°C (2)
9	Робоча напруга ДТ	2.7 – 5.5 В (від 2.7 В до 5.5 В)

Отже, ДТ моделі DS18B20 завдяки своїм технічним характеристикам та легкості у використанні став корисним інструментом для КЕКВ, адже його точність, програмованість й енергоефективність вказують на його ідеальність для контролю температури, а також ідеальний результат приготування кави.

ДТ моделі DS18B20 має три контакти для підключення (їх показано на рисунку 2.8) :

- DQ (або ж Data). Цей контакт використовується для передачі даних про виміряну температуру на МККЛІ або інший пристрій, що обробляє інформацію.
- VDD (повна назва Supply voltage). Цей контакт призначений для підключення до ДЖ з напругою від 3.0 до 5.5 В.
- GND (повністю Ground). Цей контакт відповідає назві і призначений для підключення до заземлення на МККЛІ.

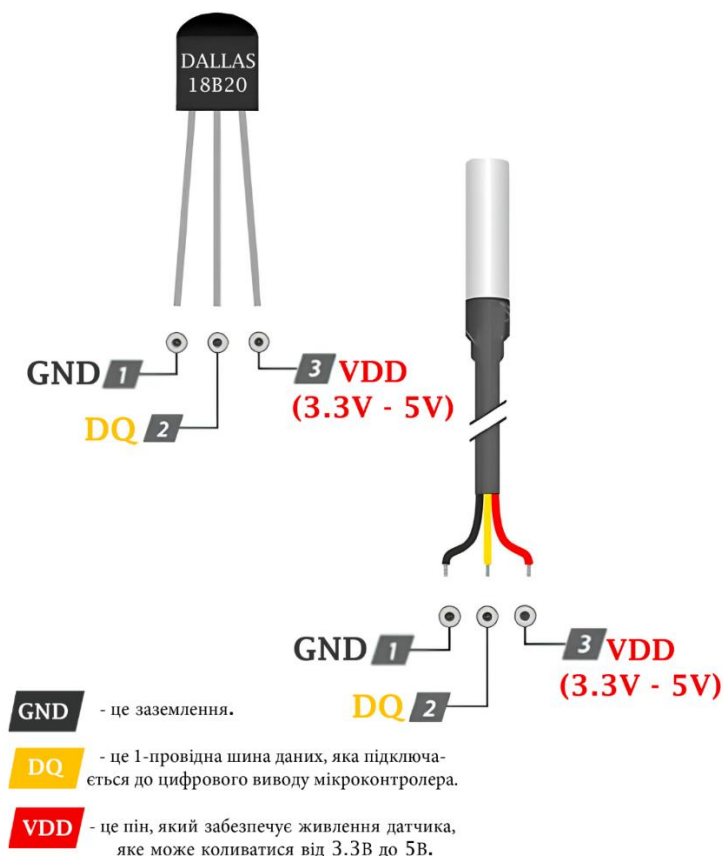


Рисунок 2.8 – Схема підключення ДТ моделі DS18B20 до МККЛа

Підключення ДТ моделі DS18B20 до Arduino UNO виглядає наступним чином:

1. Контакт VDD ДТ моделі DS18B20 підключено до контакту 5V на платі Arduino UNO.
2. Контакт GND ДТ моделі DS18B20 підключено до контакту GND на платі Arduino UNO.

3. Контакт DQ ДТ моделі DS18B20 підключено до обраного цифрового піна на платі Arduino (в моєму випадку до 2).

4. Один кінець резистора із значенням 4.7 кОм підключено до виводу VDD, а інший кінець - до виводу DQ.

Схему даного підключення зображено на рисунку 2.9.

Підключення ДТ моделі DS18B20 до Arduino Nano здійснюється ідентично (рисунок 2.10), як до Arduino UNO. Обираються ті ж самі контакти на ДТ моделі DS18B20 і підключають до тих самих контактів, але на Arduino Nano.

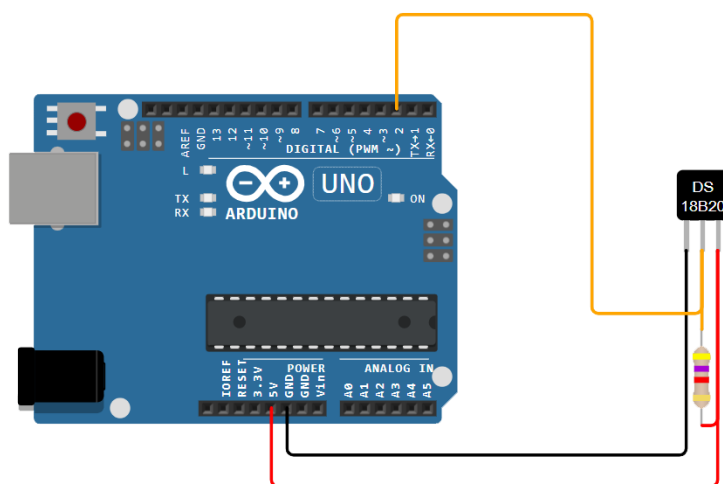


Рисунок 2.9 – Схема підключення ДТ моделі DS18B20 до Arduino UNO

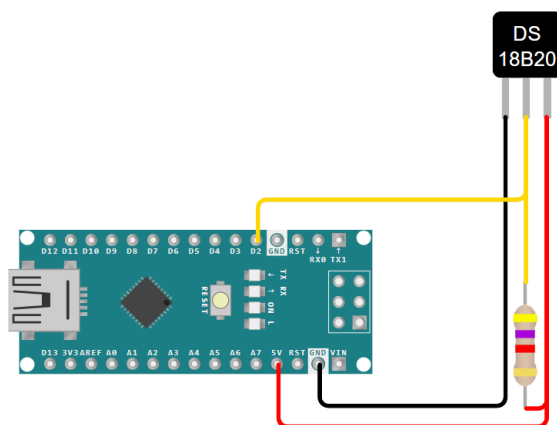


Рисунок 2.10 – Схема підключення ДТ моделі DS18B20 до Arduino Nano

2.2.4. Тензометричний датчик

ТМД являє собою датчик ваги. Його вимірний електричний опір змінюється під дією деформації, яка являється результатом застосованої напруги. Напруга – це сила, що діє по одиниці площі матеріалу й розраховується діленням прикладеної сили до площі поперечного перерізу. ТМДи просто трансформують цю прикладену силу (напругу) у електричний сигнал, який в подальшому можна виміряти.

Коротко описуючи принцип його роботи, він надзвичайно нескладний: сила прикладається до ТМДа, він деформується і це сприяє зміні електричного опору датчика. Внаслідок цього зміна опору ТМДа вимірюється вимірювальним мостом.

Головною складовою ТМД предсталає собою покладена паралельними петлями решітка, виготовлена з константанового або ж ніхромового дроту, який викладено паралельними петлями. Довжина (повна протяжність) цієї решітки має назву база. Саму решітку наклеюють на тонку підкладку із тканини або паперу, полімерної плівки або слюди. Поверх вона покривається таким же самим матеріалом, як і нижня підкладка. До виводів решітки прикріплюються дроти, що з'єднують резистор із вимірювальним мостом, а сама решітка прикріплюється так, аби база збігалась із напрямком, у якому необхідно вимірювати деформацію. На рисунку 2.11 зображено побудову ТМДа.

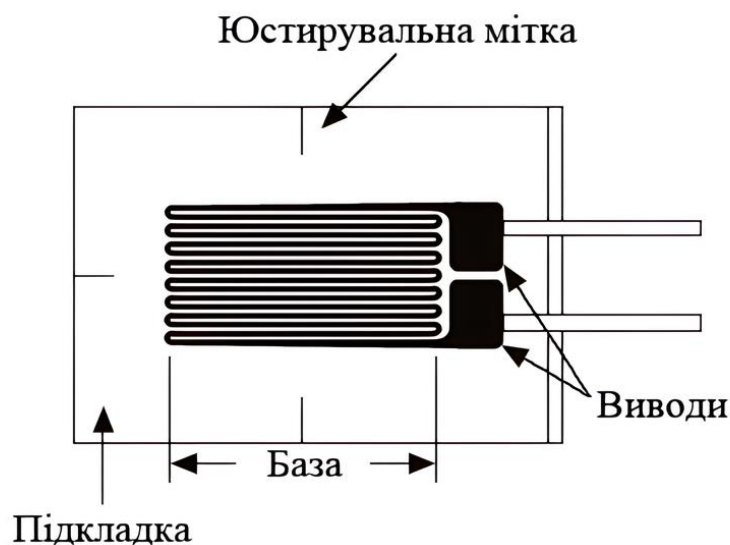


Рисунок 2.11 – Будова ТМД

На базі ТМД утворено одноточковий датчик сили. Гнучкий елемент цього датчика виконаний у вигляді прямокутного металевого бруска із алюмінієвого сплаву або нержавійної сталі. На середині датчика виготовлено наскрізний фігурний отвір, який надає можливість зробити точки закріплення для резисторів якнайбільш тонкими. З метою підсилення точності вимірювань, на поверхні вимірювального пристрою, у тих зонах, де може створитися гранична напруга розміщуються тензорезистори, які поєднуються раніше згаданим способом мостової схеми.

Один із кінців ТМД закріплюється до неподвижної констукції, тоді як другий розташовують в місці дії деформуючої сили. Якщо до рухомої частини прикласти навантаження, силу або вагу, то в районі закріплення тензорезисторів з'являється порогова напруга металу (рисунок 2.12).

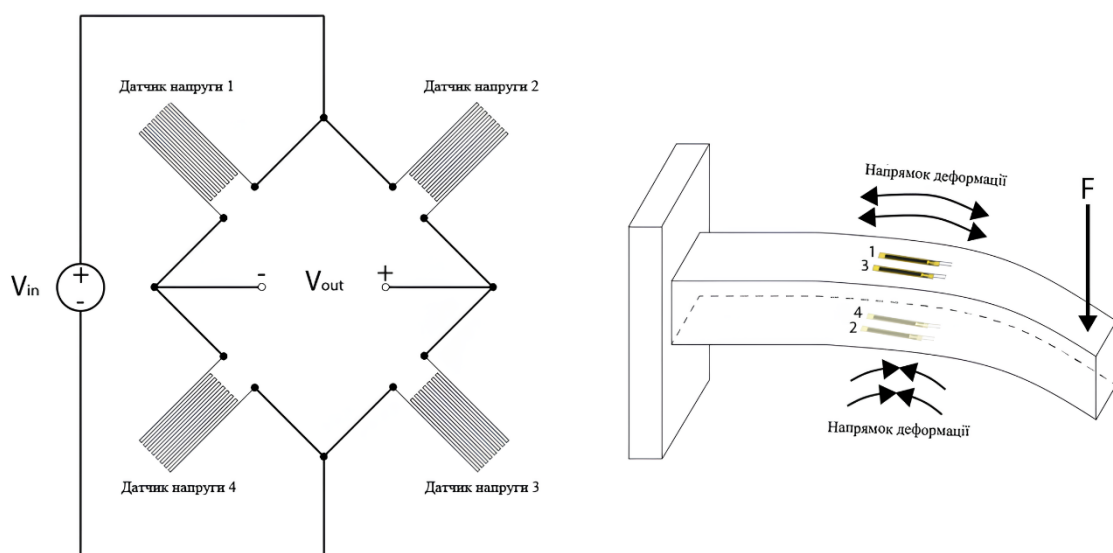


Рисунок 2.12 – Принцип роботи ТМД та розміщення датчиків напруги на ньому

На величину опору тензочутливої деталі, окрім деформації, великий вплив надає ще й температура. Саме тому задля вирівнення похибки за умови вимірювання навантаження на поверхні гнучкого елемента перпендикулярно

активним опорним чутливим елементам розміщуються допоміжні опорні елементи, що відповідають за термокомпенсацію.

У своїй САККЕКВ було використано ТМД моделі SC133 (рисунок 2.13), із метою вимірювання кількості порції кави. Він розташовується під плитою автопідігріву колби.

В деяких видах КМ його розташовують у бойлері та використовують для вимірювання тиску води, яка потім проходить через кавову гущу. Найважливішим їхнім привілеєм є змога утворення ваговимірювальної системи, використовуючи при цьому лише один-єдиний датчик. Ця модель ТМД також використовується у дозувальному й фасувальному спорядженні, а також ще і у конструкціях малих ваг платформми із невеликим навантаженням на неї.

Основні технічні характеристики ТМД моделі SC133 представлені у таблиці 2.4.



Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд ТМД моделі SC133.

Для зручної і коректної роботи із ТМД у САККЕКВ було використано спеціально розроблений для роботи із ним АЦП моделі НХ711 (рисунок 2.16). Плата із АЦП моделі НХ711 має 2 штирьових роз'єми (так звані гребінки). Одна із них використовується для підключення до контактів у Arduino, а друга безпосередньо підключається до ТМД. Також плата має 2 незалежних канали, кожен із яких має свій коефіцієнт посилення по входу.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики ТМД моделі SC133.

№	Параметр ТМД	Значення ТМД
1	Назва ТМД	Модель SC133
2	Тип ТМД	Одноточковий(singlepoint)
3	Номинал ТМД	2 кг (2000)
4	Розміри ТМД	80 мм x 12.7 мм x 12.7 мм (довжина – ширина -висота)
5	Вхідний опір ТМД	1066±20 Ом (номінальне значення)
6	Вихідний опір ТМД	1000±20 Ом (номінальне значення)
7	Робоча напруга ТМД	5 В (номінальна напруга)
8	Матеріал ТМД	Алюмінієвий сплав

АЦП моделі НХ711 насамперед це двадцятирозрядний АЦП, який виготовлено у шістнадцятиконтактному корпусі SOP-16L. Його інтегральна схема призначена безпосередньо для зважування предметів.

Для підключення контактів АЦП до ТМД використовується саме роз'єм J1. Він складається із двох важливих каналів (А+, А- та В+, В-) і контактів Е+, Е-. У своїй САККЕКВ я задіяла лише один канал А+, А- та контакти Е+, Е-. А роз'єм JP2 я використовувала для підключення АЦП із Arduino.

У даного, мною використаного, ТМД є 4 вихідних проводи:

- червоний провід (підключається до виходу Е+ на вихід АЦП НХ711);
- чорний провід (підключається до виходу Е- на вихід АЦП НХ711);
- білий провід (підключається до виходу А+ на вихід АЦП НХ711);
- зелений провід (підключається до виходу А- на вихід АЦП НХ711).

Схему підключення ТМД моделі SC133 для САККЕКВ за допомогою АЦП моделі НХ711 до Arduino UNO зображено на рисунку 2.14. А схему підключення ТМД моделі SC133 за допомогою АЦП моделі НХ711 до Arduino Nano показано на рисунку 2.15.

Підключення ТМД моделі SC133 за допомогою АЦП моделі HX711 до Arduino виглядає наступним чином:

1. Контакт VCC АЦП моделі HX711 підключено до контакту 5V на платі Arduino UNO або Arduino Nano.
2. Контакт GND АЦП моделі HX711 підключено до контакту GND на платі Arduino UNO або Arduino Nano.
3. Контакт DT АЦП моделі HX711 підключено до обраного цифрового піна на платі Arduino UNO або Arduino Nano (в даному випадку до 2).
4. Контакт SCK АЦП моделі HX711 підключено до обраного цифрового піна на платі Arduino UNO або Arduino Nano (в даному випадку до 3).

Основні технічні характеристики АЦП моделі HX711 представлені у таблиці 2.5.

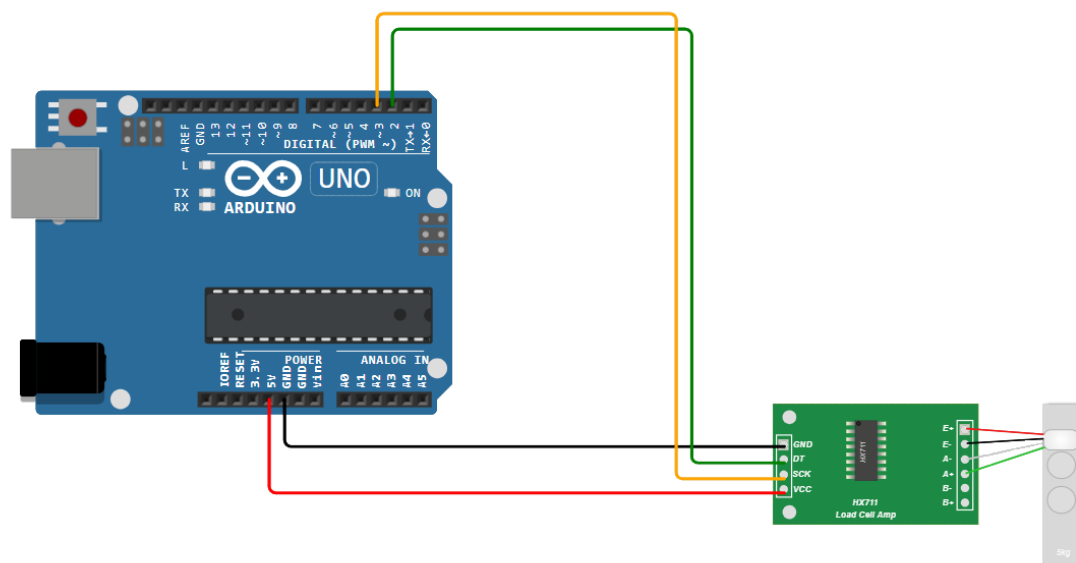


Рисунок 2.14 – Схема підключення ТМД за допомогою АЦП моделі HX711 до Arduino UNO

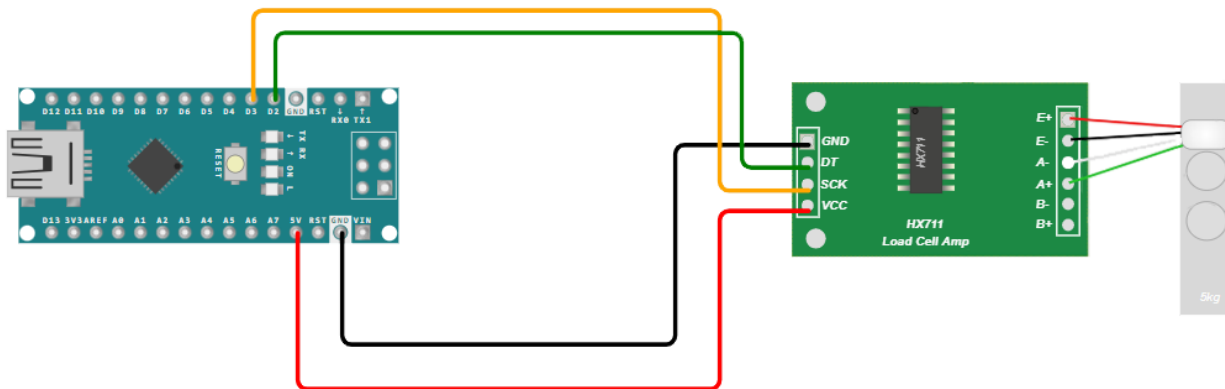


Рисунок 2.15 – Схема підключення ТМД за допомогою АЦП моделі HX711 до Arduino Nano.

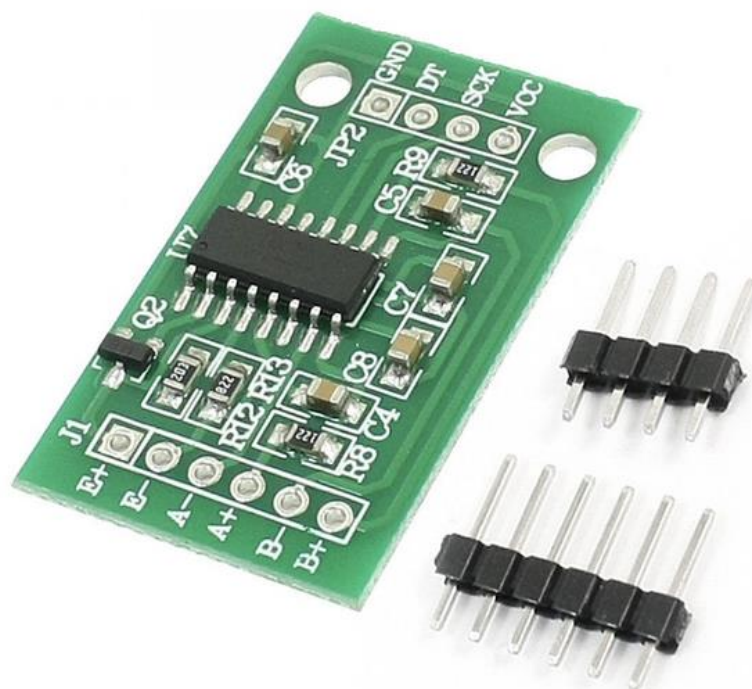


Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд АЦП HX711 для ТМДа моделі SC133

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики АЦП моделі НХ711

№	Параметр моделі НХ711	Значення моделі НХ711
1	Назва	Модель НХ711
2	Тип	АЦП
3	Вага	3 гр (0.003кг.)
4	Розмір	38 мм x 21 мм x 10 мм (довжина – ширина -висота)
5	Кількість каналів підключення	2 (двоканальний)
6	ДЖ	6 – 5.5 В (діпазон живлення)
7	Частота вимірювань	80 Гц (номінальна частота вимірювань)
8	Розрядність	24 біт (3 байта)
9	Робоча напруга	5 В (номінальна напруга)
10	Робоча температура	-40°C – +85 °C (широкий діапазон температур)
11	Робочий струм	<10 мА (до 10 мА)
12	Коефіцієнт посилення (вхід А)	64 або 128
13	Коефіцієнт посилення (вхід В)	32

2.2.5. Теплоелектронагрівач

ТЕН – це електричний механізм, що використовується для перетворення електричної енергії в теплову енергію. Він складається із нагрівального елемента, зазвичай він із ніхрому чи фехралю, та знаходиться у металевій трубці. Коли електричний струм проходить через провідник із високим опором (той самий НЕ), він зіштовхується із атомами матеріалу, яке в свою чергу призводить до тертя уже на атомному рівні. Саме це тертя генерує тепло, яке обігріває воду в КЕКВ.

У САККЕКВ було використано два ТЕНи. Перший для автоматичного підігрівання колби із вже готовим напоєм, а другий безпосередньо для нагрівання води, яка призначена для приготування кавового напою.

Першим ТЕНом є модель ХВ628 (650 Вт) КW714472 (рисунок 2.17). Ідеальний ТЕН, який використовує принцип джоулевого нагрівання. В даній САККЕКВ він є надзвичайно важливим компонентом, який відповідає за підігрівання кавового напою у колбі.

Перевагами даного ТЕНа є швидке нагрівання води для підтримування правильної температури кави, вся електрична енергія, яка подається в ТЕН, перетворюється в теплову енергію. ТЕН моделі ХВ628 КW714472 виготовлений з якісних матеріалів, стійких до корозії, тому досить довго служитиме, а якщо вийде з ладу, то заміна цього ТЕНа не потребує спеціальних навичок і є надзвичайно простою.

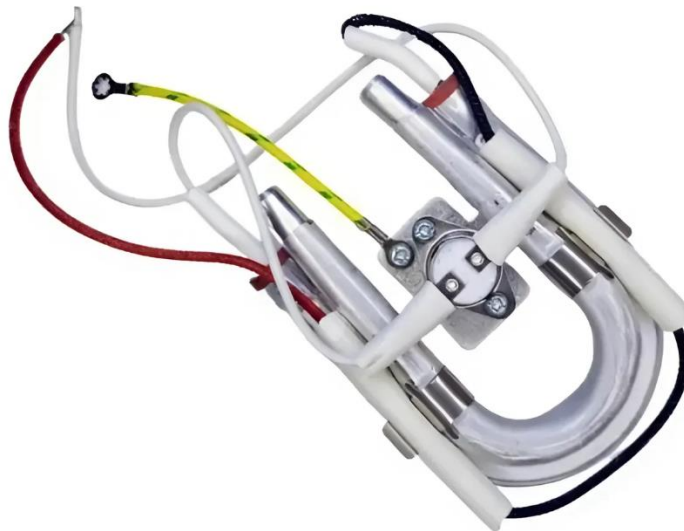


Рисунок 2.17 – ТЕН моделі ХВ628 (650 Вт) КW714472.

А завдяки своїм характеристикам ТЕН моделі ХВ628 (650 Вт) КW714472 забезпечує швидке та ефективне нагрівання води, що робить його ідеальним вибором для кавоварок. Основні технічні характеристики ТЕН моделі ХВ628 КW714472 представлені у таблиці 2.6.

Отже, ТЕН моделі XB628 KW714472 – це якісний та ефективний НЕ, який використовується в КЕКВ. Завдяки своїм хорошим технічним характеристикам він забезпечує дуже швидке та безпечне для користувача і КВ нагрівання води, що робить його незамінним компонентом для користувачів КЕКВ.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики ТЕН моделі XB628 KW714472.

№	Параметр ТЕН	Значення ТЕН
1	Назва ТЕН	Модель XB628 KW714472
2	Тип ТЕН	ТЕН
3	Вага ТЕН	200 гр (0.2кг.)
4	Розміри ТЕН	15 см х 5 см х 2 см (довжина-ширина-висота)
5	Площа контакту ТЕН	0.03 м ² (300 см ²)
6	Вольтаж ТЕН	220 В (номінальна напруга)
7	Робоча напруга ТЕН	220 В (номінальна напруга)
8	Матеріал ТЕН	Нержавіюча сталь

Другий ТЕН, який слугує в кавоварці безпосередньо для нагрівання води для заварювання кавового напою це модель DeLonghi 1000 Вт 225 (рисунок 2.18). Він працює за ідентичним принципом, який опирається на виділення тепла у провіднику, крізь який проходить електричний струм. У даній моделі виробник використовує спіраль із ніхрому. На рисунку хз якому зображено ТЕН моделі DeLonghi 1000 Вт 225.

Цей ТЕН має таку ж саму кількість переваг. Наприклад, у нього досить висока ефективність, оскільки практично уся енергія перетворюється у тепло. Він, як і попередній має дуже просту конструкцію. Швидко нагрівається, надзвичайно стійкий та довговічний.

Однак, також він має і свої недоліки: його нагрівальні елементи досягають високих температур, що потребує обережності при їх використанні, а ще під час

роботи цього нагрівача відбувається висушування значної кількості води, що може призвести до дискомфорту і меншою міцнішою порції кави в подальшому.



Рисунок 2.18 – ТЕН моделі DeLonghi 1000 Вт 225.

ТЕН DeLonghi 1000 Вт 225 В - це ефективний, зручний та надійний пристрій для САККЕКВ. Завдяки своїм характеристикам він може стати чудовим вибором для домашнього користування. Основні технічні характеристики ТЕНа DeLonghi 1000 Вт 225 представлені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики ТЕН моделі DeLonghi 1000 Вт 225

№	Параметр ТЕН	Значення ТЕН
1	Назва ТЕН	Модель DeLonghi 1000 Вт 225 В
2	Тип ТЕН	ТЕН
3	Вага ТЕН	1.5 кг (1500гр)
4	Розміри ТЕН	30 см x 20 см x 15 см (довжина-ширина-висота)
5	Площа контакту ТЕН	0.06 м ² (довжина-ширина)
6	Вольтаж ТЕН	225 В (номінальна напруга)
7	Робоча напруга ТЕН	220 В (номінальна напруга)
8	Матеріал ТЕН	Ніхром

2.2.6. Електромагнітний клапан

ЕМК для САККЕКВ - це пристрій, що використовує для керування потоком рідини або газу електромагнітне поле. ЕМК САККЕКВ складається із котушки, сердечника й затвора. В момент, коли на котушку передається електричний струм, вона утворює магнітне поле, що притягує сердечник, який, в свою чергу, відкриває або ж закриває затвор, контролюючи потік. ЕМК використовуються в широкому спектрі побутової техніки, систем водопостачання й промислового обладнання.

У САККЕКВ було використано два ЕМК. Перший є вхідним ЕМКом, який дозволяє впустити у бойлер певну кількість води і закривається по закінченню таймеру. А другий є вихідним і він, в свою чергу, випускає із трубки пару до фільтру із меленою кавою. Він також закривається по закінченню часу на таймері. Обидва ЕМК використано моделі 6000BH-K5FV IRN001UN виробника OLAB. Його зображено на рисунку 2.19.

ЕМК модель 06000BH-K5FV IRN001UN працює за принципом електромагнітного притягання. Коли електричний струм подається на котушку ЕМК, то вона створює відповідне магнітне поле, яке притягує залізний сердечник, який, у свою чергу, відкриває або закриває прохід для рідини або газу.



Рисунок 2.19 – ЕМК 06000BH-K5FV IRN001UN.

Перевагами цього ЕМК є:

- Універсальність, оскільки він сумісний із великою кількістю різних типів техніки.
- Надійність, тому що його виготовлено із якісних матеріалів.
- Ефективність -це швидке та точне спрацьовування, незважаючи на обставини.
- Простота монтажу, його легко встановити та замінити.

Основні технічні характеристики універсального ЕМК модель 06000BH-K5FV IRN001UN представлені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики універсального ЕМК модель 06000BH-K5FV IRN001UN.

№	Параметр ЕМК	Значення ЕМК
1	Назва ЕМК	Модель 06000BH-K5FV IRN001UN
2	Тип ЕМК	ЕМК
3	Вага ЕМК	400 гр (0.4кг)
4	Розміри ЕМК	40 мм x 40 мм x 116 мм. (довжина-ширина-висота)
5	Робочий тиск ЕМК	0.1-6 бар (номінальний тиск)
6	Споживана потужність ЕМК	12.5 В (номінальна потужність)
7	Робоча напруга ЕМК	220 В (номінальна напруга)

2.3. Висновки до другого розділу

Отже, САККЕКВ поєднує апаратні та програмні компоненти для повної автоматизації процесу приготування кави КЕКВ. Структурна схема САККЕКВ схема чітко описує взаємозв'язки та принципи роботи всіх основних елементів. У САККЕКВ підбрано та описано усі основні елементи та обґрунтовано їх вибір: МККЛ Arduino UNO або Arduino Nano , два ДРВР моделі К-0135, ДТ моделі

DS18B20, ТМД моделі SC133 із додатковим АЦП моделі НХ711, ТЕН 1 моделі ХВ628 (650 Вт) КW714472 та ТЕН 2 моделі DeLonghi 1000 Вт 225, а також два ЕМК моделі 06000ВН-К5FV IRN001UN та інтерфейс користувача.

Наступними кроками в реалізації проекту будуть детальне проектування компонентів, розробка програмного забезпечення для МККЛІ та проведення комплексного тестування системи. Ці етапи дозволять не лише забезпечити правильну роботу САККЕКВ, а й виявити та виправити можливі помилки, забезпечивши оптимальну ефективність її функціонування.

					КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		47

3 ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ

3.1 Алгоритм керування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою

Нині все більше набирає поширення галузь застосування SWITCH-технології (автоматний підхід до створення ПЗ) розробки ПЗСК різними елементами. SWITCH-технології ґрунтуються на теорії скінченних автоматів.

Структури, в основі яких використовується теорія скінченних автоматів, мають обумовлену поведінку, очевидними показниками проходження тестування, простою оцінкою, документуванням та супроводженням впродовж усього етапу розвитку системи. З метою використання SWITCH-технології в створенні ПЗ необхідно ліквідувати послідовність обмежень, які затримують її поширене використання.

Мови програмування сучасності виявляються об'єктно-орієнтованими й впроваджують подієву модель для розроблення ПЗ, яка досконало стверджується із ключовими моментами SWITCH-технології. Втім ні одна програмувальна мова широкого застосування не включає в собі жодних спеціальних засобів підтримки SWITCH-технологій. Саме тому створення автоматних типових схем проектування забезпечить можливістю цілком втілити плюси цієї технології.

У сфері розробки управляючих систем ПЗ здобули технічні комплекси, засновані на кінцевому автоматі Мура, принцип роботи якого формулюється виразом :

$$\begin{aligned}c(t + 1) &= f[c(t), k(t)], \\j(t) &= f(c(t));\end{aligned}\tag{3.1}$$

де $c(t + 1)$ – це стан автомата у певний момент часу $t + 1$; $c(t)$ - стан автомата у певний момент часу t ; $k(t)$ - вхідний вплив чи певна подія на автомат у певний момент часу t ; $j(t)$ – керуючий вплив, що відповідає результуючій функції автомата у певному стані c у момент часу t .

На рисунку 3.1 показано модель програмування автомата Мура, яка містить в собі наступні входять наступні змінні: k – для закріплення вхідної дії K , c – для закріплення актуального стану автомата C , j – для індикації на функцію керування J , яка запускається у актуальному стані автомата:

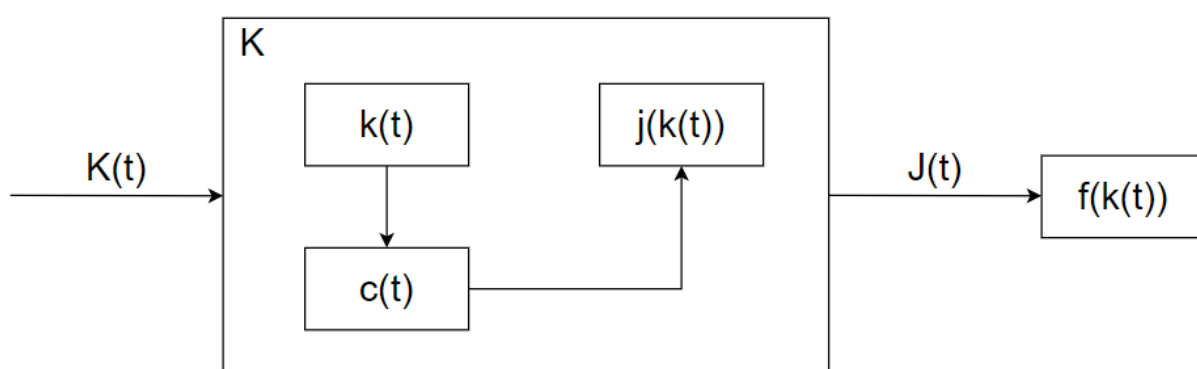


Рисунок 3.1 – Модель програмування автомата Мура

Проаналізувавши зазначену модель, можна зробити висновок, що система ПЗ, яка має у своїй суті зазначену модель, є зовсім нежиттєздатною, у зв'язку із проігноруванням всієї низки факторів, характерним фізичним об'єктам керування й умов, які висуваються до програм керування. Як от, очікування закінчення завершення дії функції $f(c)$ спричиняє «зависання» програми й неспроможності системи відповідати на початкові дії. Розв'язання складності утрати керування системи в процесі очікування закінчення завершення функції $f(c)$ може мати такі дві альтернативи розв'язання:

- вихід із стану (припинення) очікування після завершення тимчасової затримки;
- запуск (активація) функції $f(c)$ в окремому потоці із встановленням обмеження часу.

Обов'язковою передумовою коректної роботи автомата є оцінка виконання результату функції $f(c)$, інакше кажучи, функція після закінчення зобов'язана провокувати подію P , яка включає у себе наслідок закінчення. Наступною на черзі проблемою є непевність під час повернення автомата із стану $c(t)$ у стан $c(t-1, t-2, t-3, \dots, t-n)$ під час повтору однакових подій X_0 (на рисунку 3.2).

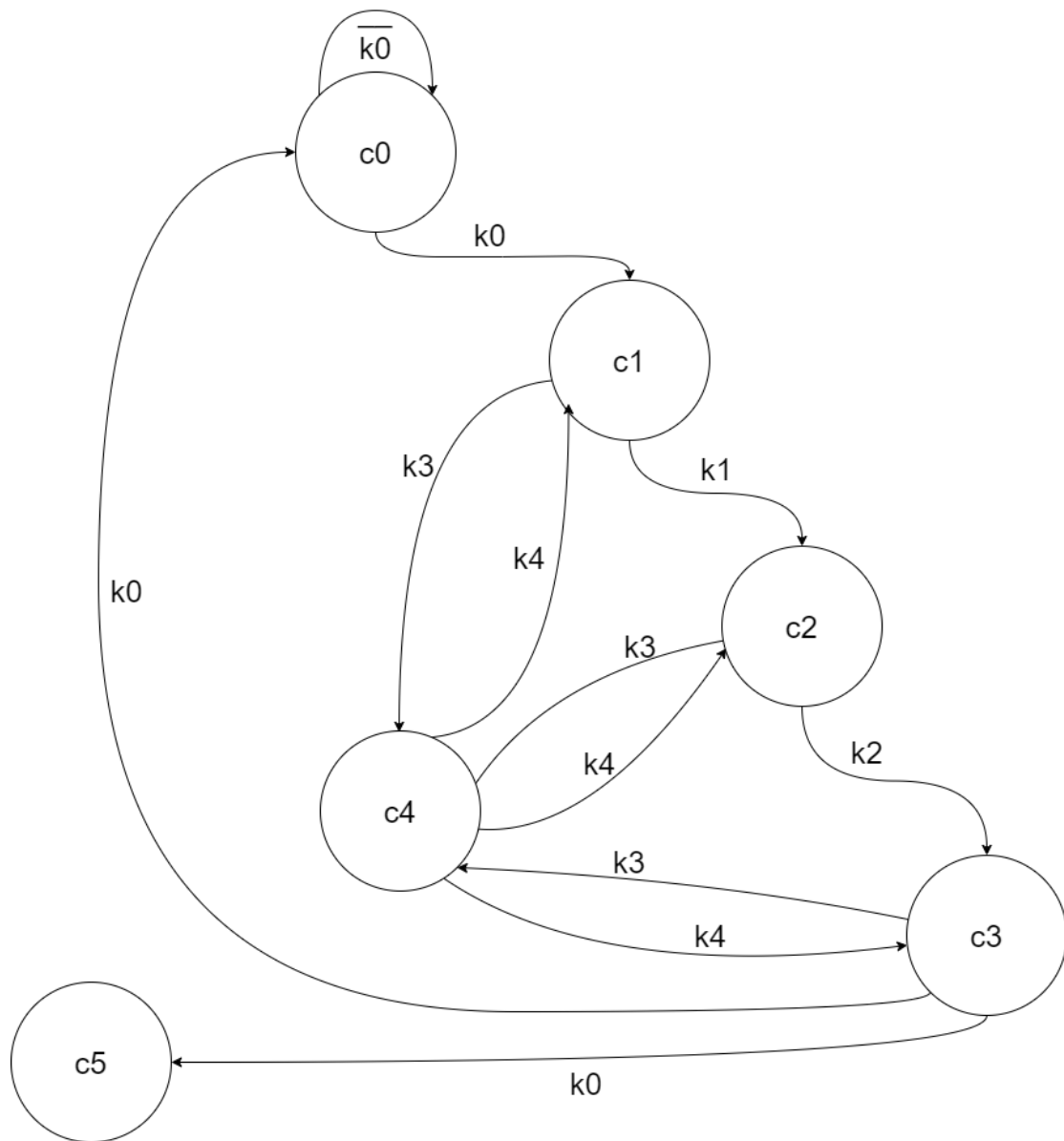


Рисунок 3.2 – Непевність під час повернення автомата до попереднього стану.

Вирішенням питання цієї невизначеності є запровадження в модель автомата стека станів S . Ще одна невизначеність виникає у стані c_3 під час надходження події k_0 , саме тоді необхідно реалізувати перехід автомата, у ході здійснення циклу

(рисунок 3.2). Але якщо цей цикл ніяк не доведено до кінця, то очікується перехід автомата зі стану $c3$ назад у стан $c0$, бо в протилежному випадку – переходить уперед у стан $c5$ задля завершення роботи.

Для достовірної поведінкової реакції моделі автомата, у неї передбачено та введено лічильник циклів L . У такому випадку, приймаючи до уваги усі розширення, вираз (3.1) набуває такого вигляду:

$$c(t + 1) = f[c(t), k(t), To(f(c)), P(f(c)), S(c(i)), L(k(y))],$$

$$j(t) = f(c(t)); \quad (3.2)$$

Враховуючи отриманий вигляд функції (3.2) модель остаточного автомата для утворення шаблону базового класу матиме саме таку структуру, як зображено на рисунку 3.3):

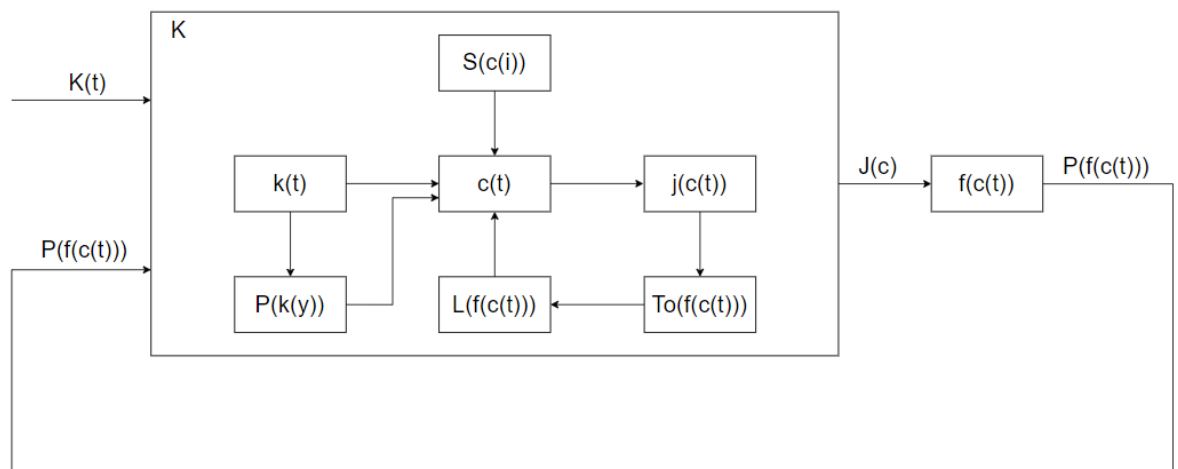


Рисунок 3.3 – Структура моделі остаточного автомата для утворення шаблону базового класу.

Отриману структуру моделі остаточного автомата легко надалі реалізувати у термінах усіх мов програмування (C++, Java тощо).

Виконання загального класу кінцевого автомата із опорою на створену модель й вихідними даними роботи тестової системи дає змогу винести рішення

стосовно життєздатності та достатнього рівня ефективності управлінських програм на фундамент SWITCH-технології.

На рисунку 3.4 зображено ПАККЕКВ А0, на якому реалізовано програму керування КЕКВ у САККЕКВ.

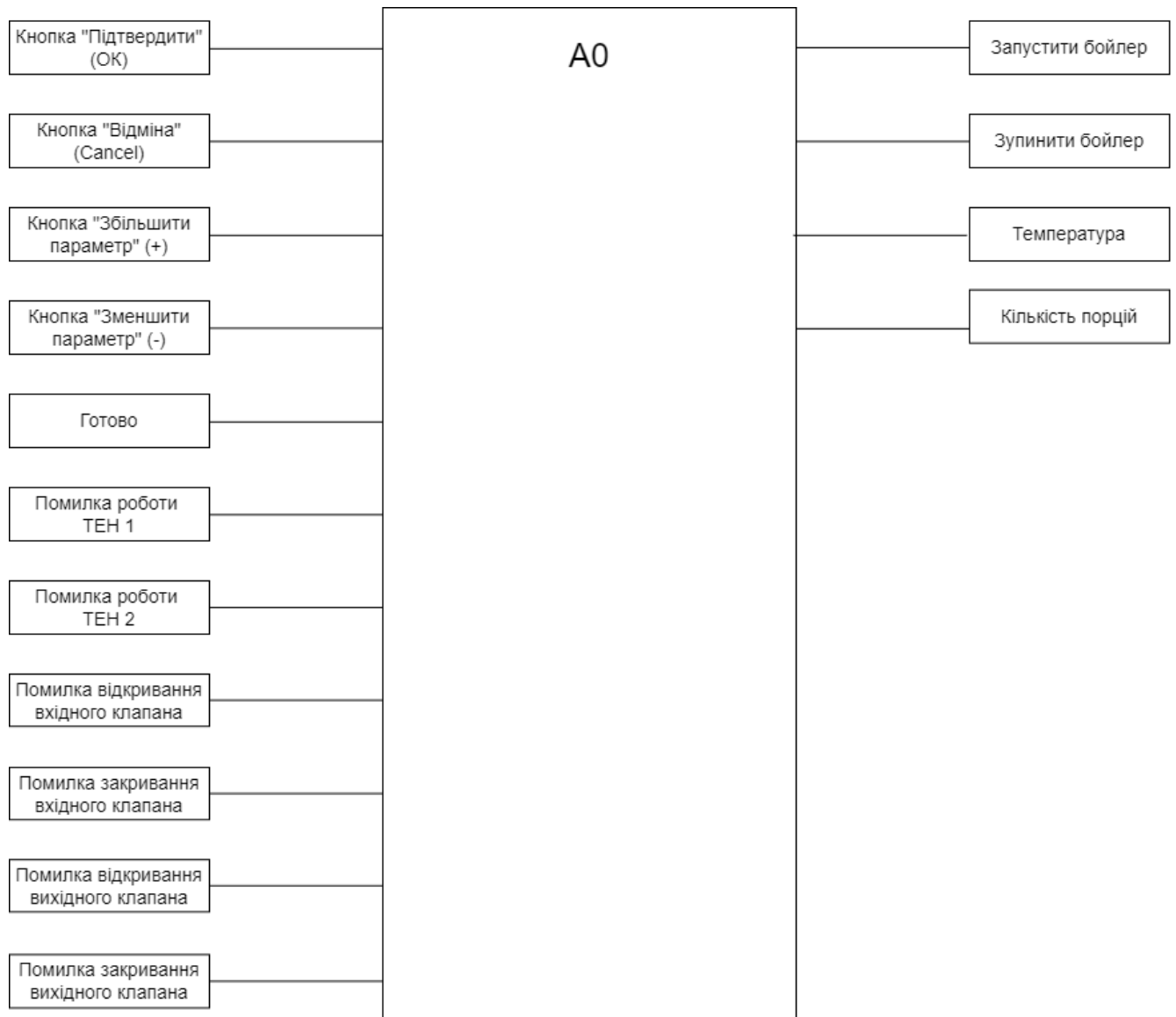


Рисунок 3.4 – ПАККЕКВ А0, який реалізує роботу КЕКВ.

На рисунку 3.5 представлено ГП, який демонструє роботу ПАККЕКВ А0, який відповідає за роботу КЕКВ.

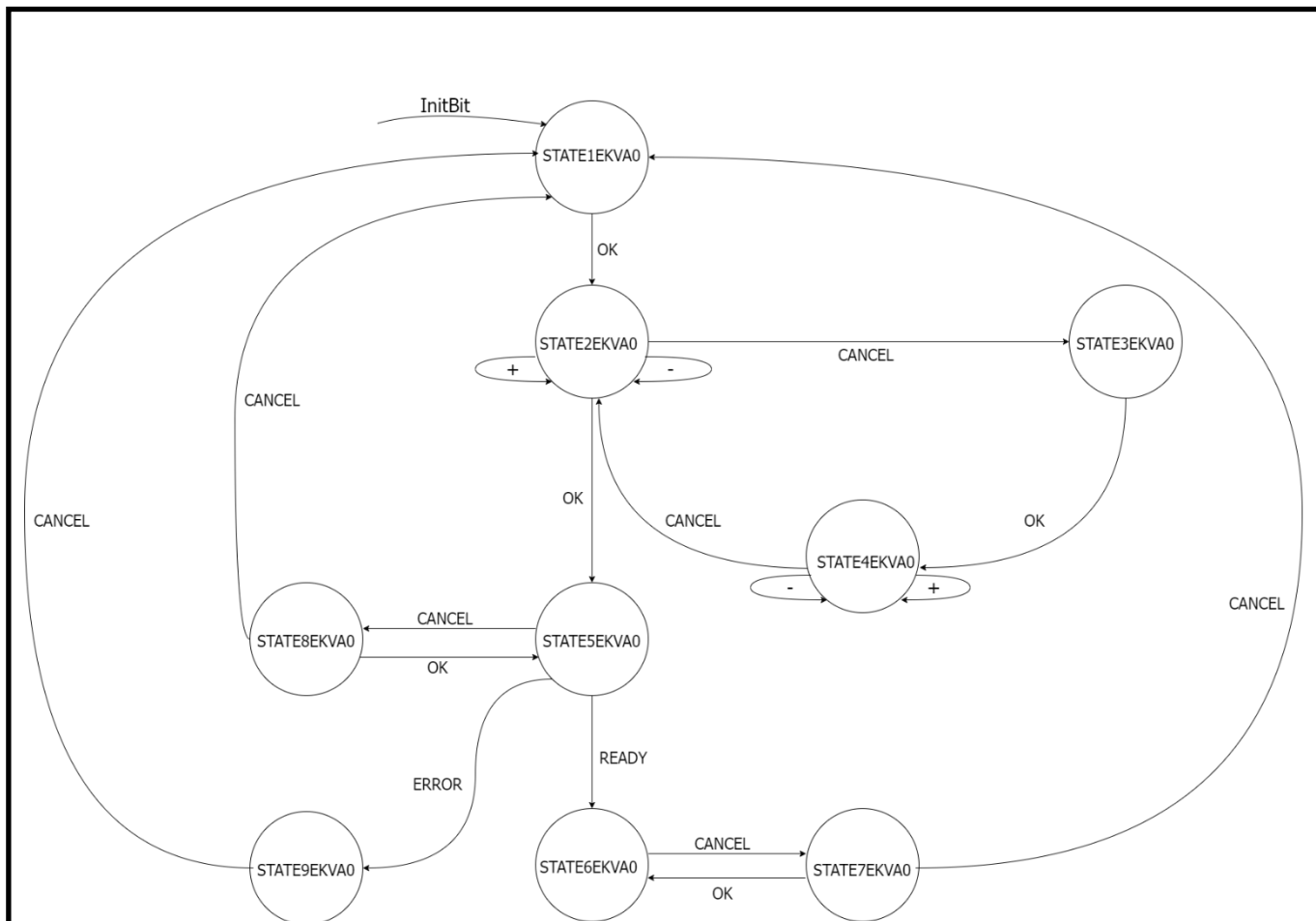


Рисунок 3.5 – ГП ПАККЕКВ А0, який реалізує роботу КЕКВ.

STATE1EKVA0 – це стан очікування (початковий стан) ПАККЕКВ А0, який представляє собою алгоритм і, відповідно, підпрограму керування САККЕКВ. У цьому стані у КЕКВ готова до початку роботи, але дисплей ще не ввімкнено.

STATE2EKVA0 – це стан вибору температури заварювання кавового напою ПАККЕКВ А0. У цьому стані дисплей КЕКВ уже ввімкнено і на ньому відображається налаштування вибору температури заварювання кавового напою.

STATE3EKVA0 – це стан очікування КЕКВ ПАККЕКВ А0. У цьому стані дисплей КЕКВ уже ввімкнено та обрано температуру заварювання кавового напою.

STATE4EKVA0 – це стан вибору кількості порцій кавового напою ПАККЕКВ А0. У цьому стані на дисплеї КЕКВ відображається налаштування вибору кількості порцій, які хоче отримати користувач.

STATE5EKVA0 – це стан початку роботи (варки кави) КЕКВ ПАККЕКВ А0. У цьому стані КЕКВ готується до початку роботи, перевіряє свою справність та розігрівається.

STATE6EKVA0 – це стан процесу варки кави КЕКВ ПАКЕКВ А0. У цьому стані КЕКВ виконує всю роботу без втручання користувача.

STATE7EKVA0 – це стан завершення процесу варки кави КЕКВ ПАКЕКВ А0. У цьому стані КЕКВ закінчила свою роботу і пропонує користувачеві втрутитись та перейти у режим очікування.

STATE8EKVA0 – це стан раптового припинення роботи та переривання готовки кави КЕКВ ПАКЕКВ А0. У цьому стані користувач, натискаючи кнопку на КЕКВ, може втрутитись у приготування кави та призупинити процес.

STATE9EKVA0 – це аварійний стан КЕКВ ПАКЕКВ А0. У цьому стані КЕКВ виявила якусь несправність під час підготовки до роботи і не може продовжити працювати без втручання користувача.

На рисунку 3.6 представлено ГП, який демонструє роботу ПАКЕКВ А0, який показує стани та переходи між ними під час роботи КЕКВ.

TRANSIT1EKVA0 – це умова переходу між станами STATE1EKVA0 та STATE2EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану очікування до стану вибору температури заварювання кавового напою.

TRANSIT2EKVA0 – це умова переходу між станами STATE2EKVA0 та STATE3EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану вибору температури заварювання кавового напою до проміжного стану очікування.

TRANSIT3EKVA0 – це умова переходу між станами STATE3EKVA0 та STATE4EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану очікування у стан вибору кількості порцій кавового напою.

TRANSIT4EKVA0 – це умова переходу між станами STATE4EKVA0 та STATE2EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану вибору кількості порцій кавового напою до стану вибору температури заварювання кавового напою.

TRANSIT5EKVA0 – це умова переходу зі стану STATE2EKVA0 у цей же самий стан, яка дозволяє КЕКВ збільшити температуру заварювання кавового напою.

TRANSIT6EKVA0 це умова переходу зі стану STATE2EKVA0 у цей же самий стан, яка дозволяє КЕКВ зменшити температуру заварювання кавового напою.

TRANSIT7EKVA0 це умова переходу зі стану STATE4EKVA0 у цей же самий стан, яка дозволяє КЕКВ збільшити кількість порцій кавового напою.

TRANSIT8EKVA0 це умова переходу зі стану STATE4EKVA0 у цей же самий стан, яка дозволяє КЕКВ зменшити кількість порцій кавового напою.

TRANSIT9EKVA0 – це умова переходу між станами STATE2EKVA0 та STATE5EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану очікування до стану початку роботи (варки кави).

TRANSIT10EKVA0 – це умова переходу між станами STATE5EKVA0 та STATE6EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану початку роботи (варки кави) до стану процесу варки кави.

TRANSIT11EKVA0 – це умова переходу між станами STATE5EKVA0 та STATE8EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану початку роботи (варки кави) до стану раптового припинення роботи та переривання готовки кави.

TRANSIT12EKVA0 – це умова переходу між станами STATE8EKVA0 та STATE5EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану переривання готовки кави до стану початку роботи (варки кави).

TRANSIT13EKVA0 – це умова переходу між станами STATE6EKVA0 та STATE7EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану процесу варки кави до стану завершення процесу варки кави.

TRANSIT14EKVA0 – це умова переходу між станами STATE7EKVA0 та STATE6EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану завершення процесу варки кави до стану процесу варки кави.

TRANSIT15EKVA0 – це умова переходу між станами STATE7EKVA0 та STATE1EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану завершення процесу варки кави до стану очікування.

TRANSIT16EKVA0 – це умова переходу між станами STATE5EKVA0 та STATE9EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану початку роботи (варки кави) до аварійного стану.

TRANSIT17EKVA0 – це умова переходу між станами STATE8EKVA0 та STATE1EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти зі стану переривання готовки кави до стану очікування.

TRANSIT18EKVA0 – це умова переходу між станами STATE9EKVA0 та STATE1EKVA0, яка дозволяє КЕКВ перейти із аварійного стану до стану очікування.

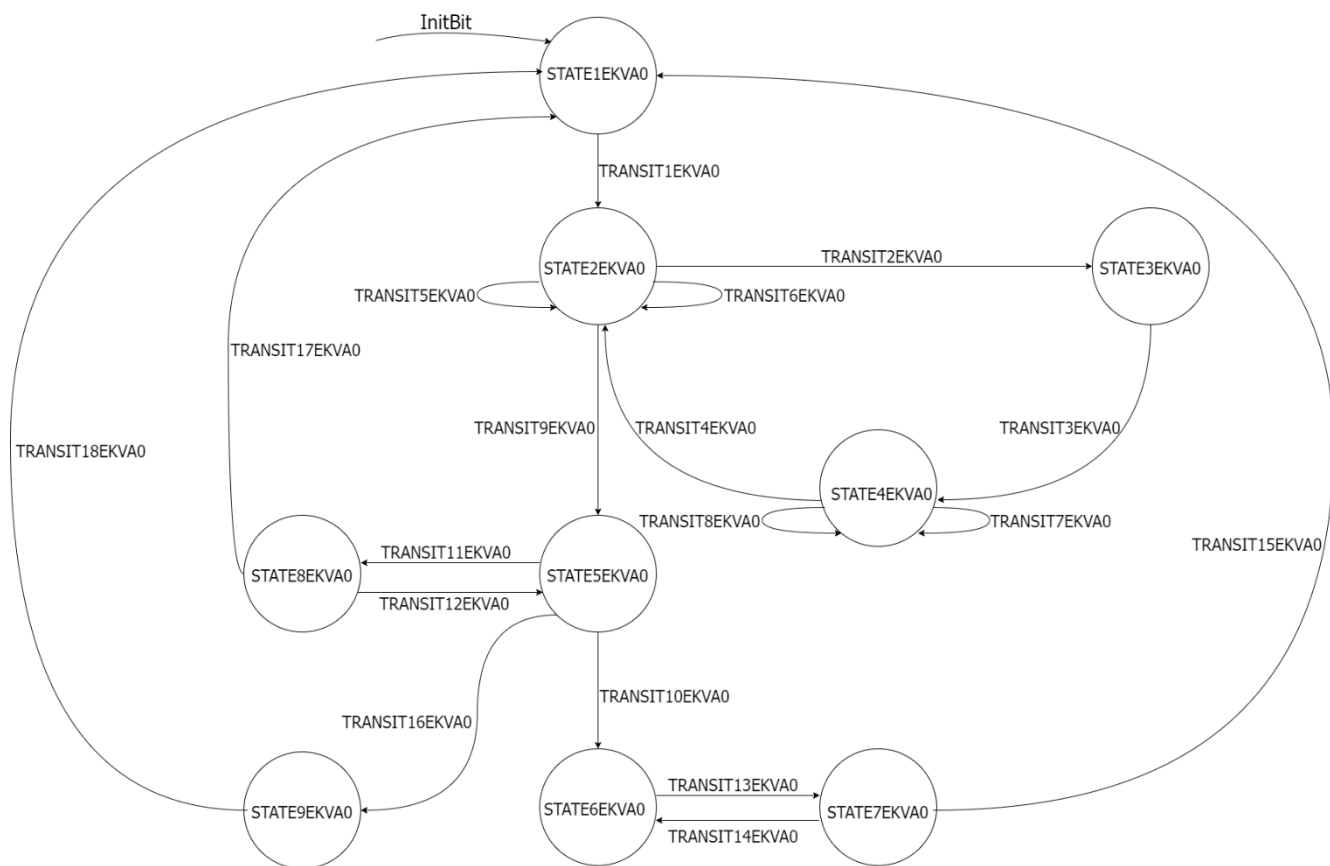


Рисунок 3.6 – ГП ПАККЕКВ А0, який показує переходи між станами під час роботи КЕКВ.

Система логічних рівнянь переходів між станами ПАККЕКВ А0 має такий вигляд:

$$\text{TRANSIT1EKVA0} = \text{STATE1EKVA0} \wedge \text{OK_A0}; \quad (3.3)$$

$$\text{TRANSIT2EKVA0} = \text{STATE2EKVA0} \wedge \text{CANCEL_A0} \wedge \text{DELAY2}; \quad (3.4)$$

$$\text{TRANSIT3EKVA0} = \text{STATE3EKVA0} \wedge \text{OK_A0}; \quad (3.5)$$

$$\text{TRANSIT4EKVA0} = \text{STATE4EKVA0} \wedge \text{CANCEL_A0}; \quad (3.6)$$

$$\text{TRANSIT5EKVA0} = \text{STATE2EKVA0} \wedge \text{PLUS_A0}; \quad (3.7)$$

$$\text{TRANSIT6EKVA0} = \text{STATE2EKVA0} \wedge \text{MINUS_A0}; \quad (3.8)$$

$$\text{TRANSIT7EKVA0} = \text{STATE4EKVA0} \wedge \text{PLUS_A0}; \quad (3.9)$$

$$\text{TRANSIT8EKVA0} = \text{STATE4EKVA0} \wedge \text{MINUS_A0}; \quad (3.10)$$

$$\text{TRANSIT9EKVA0} = \text{STATE2EKVA0} \wedge \text{OK_A0} \wedge \text{DELAY1}; \quad (3.11)$$

$$\text{TRANSIT10EKVA0} = \text{STATE5EKVA0} \wedge \text{READY_A0}; \quad (3.12)$$

$$\text{TRANSIT11EKVA0} = \text{STATE5EKVA0} \wedge \text{CANCEL_A0}; \quad (3.13)$$

$$\text{TRANSIT12EKVA0} = \text{STATE8EKVA0} \wedge \text{OK_A0}; \quad (3.14)$$

$$\text{TRANSIT13EKVA0} = \text{STATE6EKVA0} \wedge \text{CANCEL_0A}; \quad (3.15)$$

$$\text{TRANSIT14EKVA0} = \text{STATE7EKVA0} \wedge \text{OK_A0}; \quad (3.16)$$

$$\text{TRANSIT15EKVA0} = \text{STATE7EKVA0} \wedge \text{CANCEL_A0} \wedge \text{DELAY3}; \quad (3.17)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT16EKVA0} = & \text{STATE5EKVA0} \wedge (\text{ERRORTEN1A0} \vee \\ & \vee \text{ERRORTEN2A0} \vee \text{ERROROPENCLAPAN1A0} \vee \\ & \vee \text{ERROROPENCLAPAN2A0} \vee \text{ERRORCLOSECLAPAN2A0}); \end{aligned} \quad (3.18)$$

$$\text{TRANSIT17EKVA0} = \text{STATE8EKVA0} \wedge \text{CANCEL_A0} \wedge \text{DELAY4}; \quad (3.19)$$

$$\text{TRANSIT18EKVA0} = \text{STATE9EKVA0} \wedge \text{CANCEL_A0}; \quad (3.20)$$

Система логічних рівнянь станів ПАККЕКВ А0 має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{STATE1EKVA0} = & (\text{STATE1EKVA0} \vee \text{TRANSIT17EKVA0} \vee \\ & \vee \text{TRANSIT18EKVA0} \vee \text{TRANSIT15EKVA0}) \wedge \overline{\text{TRANSIT1EKVA0}} \vee \\ & \vee \text{InitBit}; \end{aligned} \quad (3.21)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE2EKVA0} = & \text{STATE2EKVA0} \vee \text{TRANSIT1EKVA0} \vee \\ & \vee \text{TRANSIT5EKVA0} \vee \text{TRANSIT6EKVA0} \vee \text{TRANSIT4EKVA0} \wedge \\ & \wedge \text{TRANSIT2EKVA0} \wedge \overline{\text{TRANSIT9EKVA0}}; \end{aligned} \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE3EKVA0} = & (\text{STATE3EKVA0} \vee \text{TRANSIT2EKVA0}) \wedge \\ & \wedge \overline{\text{TRANSIT3EKVA0}}; \end{aligned} \quad (3.23)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE4EKVA0} = & (\text{STATE4EKVA0} \vee \text{TRANSIT3EKVA0} \vee \\ & \vee \text{TRANSIT7EKVA0} \vee \text{TRANSIT8EKVA0}) \wedge \overline{\text{TRANSIT4EKVA0}}; \end{aligned} \quad (3.24)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE5EKVA0} = & (\text{STATE5EKVA0} \vee \text{TRANSIT9EKVA0} \vee \\ & \vee \text{TRANSIT12EKVA0}) \wedge \overline{\text{TRANSIT10EKVA0}} \wedge \\ & \wedge \overline{\text{TRANSIT11EKVA0}} \wedge \overline{\text{TRANSIT16EKVA0}}; \end{aligned} \quad (3.25)$$

$$\text{STATE6EKVA0} = (\text{STATE6EKVA0} \vee \text{TRANSIT10EKVA0} \vee \vee \text{TRANSIT14EKVA0}) \wedge \overline{\text{TRANSIT13EKVA0}}; \quad (3.26)$$

$$\text{STATE7EKVA0} = \text{STATE7EKVA0} \vee \text{TRANSIT13EKVA0} \wedge \wedge \overline{\text{TRANSIT14EKVA0}} \wedge \overline{\text{TRANSIT15EKVA0}}; \quad (3.27)$$

$$\text{STATE8EKVA0} = (\text{STATE8EKVA0} \vee \text{TRANSIT11EKVA0}) \wedge \wedge \overline{\text{TRANSIT12EKVA0}} \wedge \overline{\text{TRANSIT17EKVA0}}; \quad (3.28)$$

$$\text{STATE9EKVA0} = (\text{STATE9EKVA0} \vee \text{TRANSIT16EKVA0}) \wedge \wedge \overline{\text{TRANSIT18EKVA0}}; \quad (3.29)$$

Система логічних рівнянь виходів ПАККЕКВ А0 має такий вигляд:

$$\text{STARTBOILER_A0} = \text{STATE5EKVA0} \vee \text{STATE6EKVA0}; \quad (3.30)$$

$$\text{STOPBOILER_A0} = \text{STATE1EKVA0} \vee \text{STATE7EKVA0}; \quad (3.31)$$

На рисунку 3.7 зображено ПАККЕКВ А1, на якому реалізовано програму керування бойлером у САККЕКВ.

На рисунку 3.8 представлено ГП, який демонструє роботу ПАККЕКВ А1, який відповідає за роботу бойлера КЕКВ.

STATE1EKVA1 – це стан очікування (початковий стан) ПАККЕКВ А1. У цьому стані бойлер ще знаходиться у вимкненому режимі, але уже повністю готовий до початку роботи.

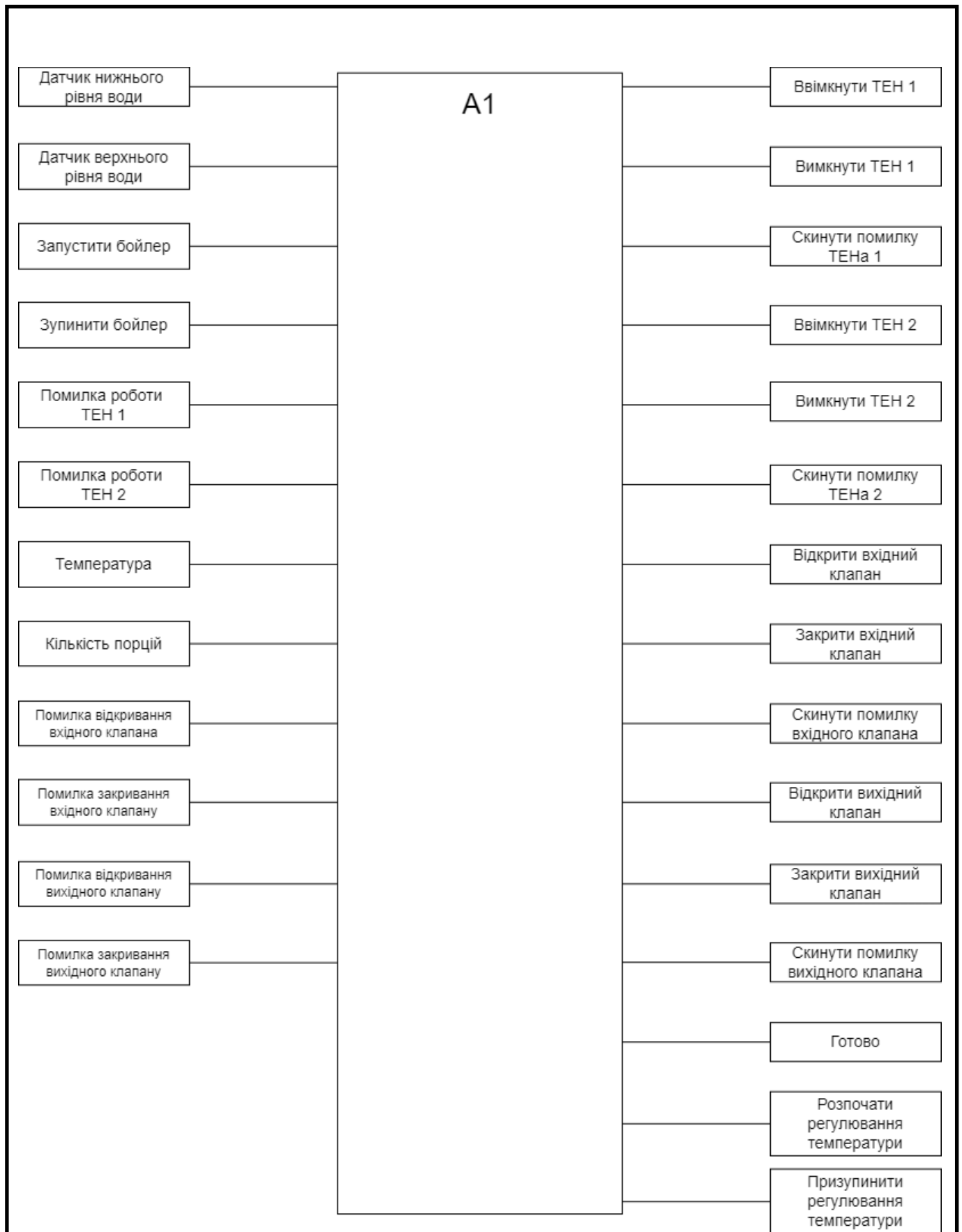


Рисунок 3.7 – ПАККЕКВ А1, який реалізує роботу бойлера.

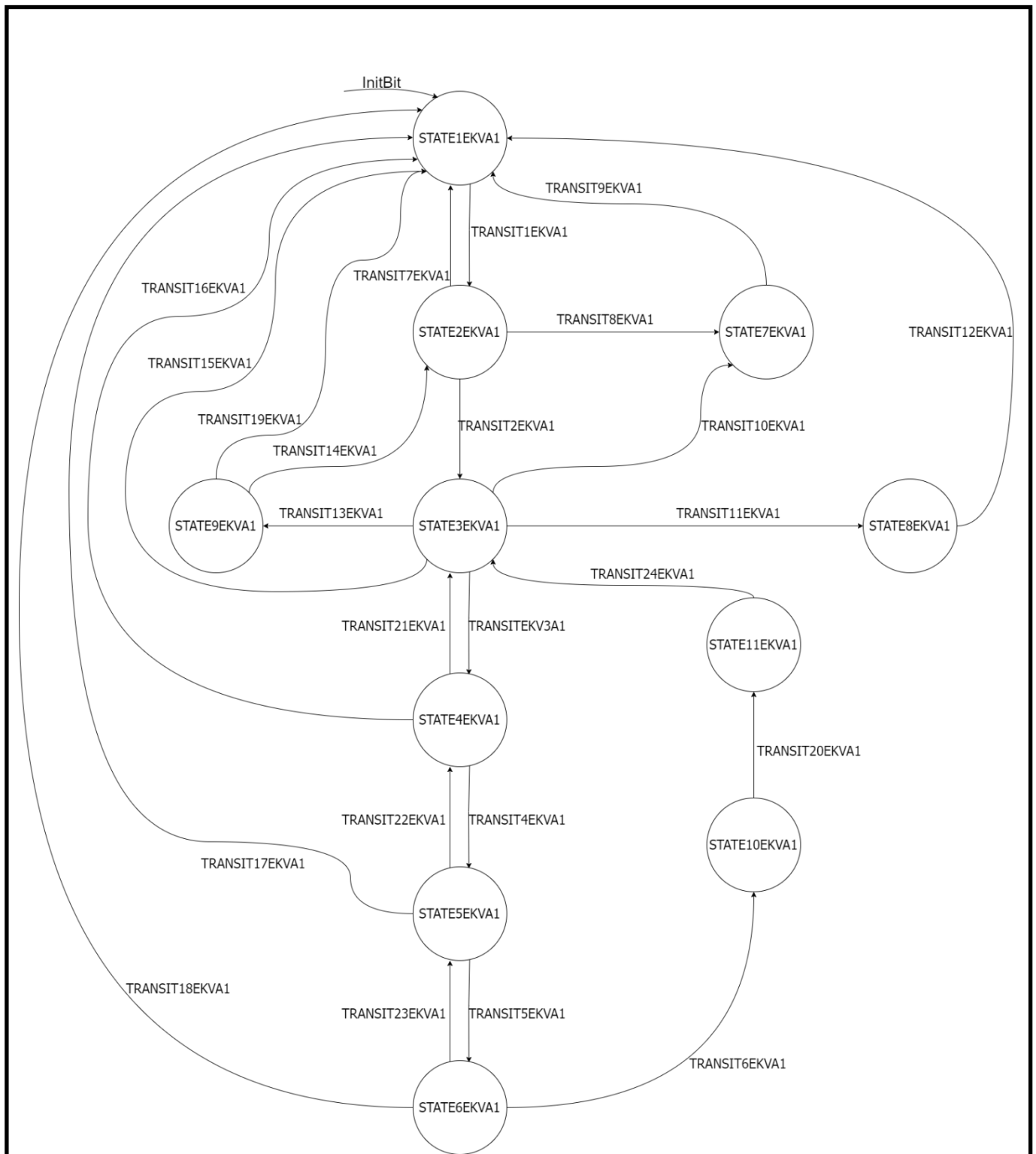


Рисунок 3.8 – ГП ПАККЕКВ А1, який реалізує роботу бойлера КЕКВ.

STATE2EKVA1 – це стан ввімкнення бойлера ПАККЕКВ А1. У цьому стані перевіряються на справність перший і другий ТЕНи та відбувається перевірка справності ЕМК.

STATE3EKVA1 – це стан готовності ПАККЕКВ А1 до варіння порції кави. У цьому стані бойлер та всі його складові готові до початку роботи.

STATE4EKVA1 – це стан набирання води в бойлер ПАККЕКВ А1 із РдВ. У цьому стані відкривається вхідний ЕМК КЕКВ та набирається певна кількість води.

STATE5EKVA1 – це стан кип'ятіння води у бойлері ПАККЕКВ А1. У цьому стані закривається вхідний ЕМК КЕКВ та вмикається перший ТЕН КЕКВ.

STATE6EKVA1 – це стан випускання пари із бойлера ПАККЕКВ А1. У цьому стані відкривається вихідний ЕМК КЕКВ та пропускається пара до фільтра із меленою кавою.

STATE7EKVA1 – це аварійний стан ПАККЕКВ А1, у якому знаходиться бойлер КЕКВ. У цьому стані несправність вхідного чи вихідного ЕМКів КЕКВ або несправність одного із ТЕНів КЕКВ.

STATE8EKVA1 – це стан підігрівання ПАККЕКВ А1 готової кави. У цьому стані вмикається другий ТЕН КЕКВ.

STATE9EKVA1 – це стан недостатньої кількості води для роботи бойлера ПАККЕКВ А1.

STATE10EKVA1 – це стан завершення роботи бойлера ПАККЕКВ А1. У цьому стані закривається вихідний ЕМК КЕКВ і вимикається перший ТЕН КЕКВ.

STATE11EKVA1 – це стан готовності приготування однієї порції кави ПАККЕКВ А1.

TRANSIT1EKVA1 – це умова переходу між станами STATE1EKVA1 та STATE2EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану очікування до стану перевірки справності усіх компонентів бойлера.

TRANSIT2EKVA1 – це умова переходу між станами STATE2EKVA1 та STATE3EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану перевірки усіх компонентів бойлера до стану готовності до варки порції кави.

TRANSIT3EKVA1 – це умова переходу між станами STATE3EKVA1 та STATE4EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану готовності до варки порції кави до стану набирання води.

TRANSIT4EKVA1 – це умова переходу між станами STATE4EKVA1 та STATE5EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану набирання води до стану кип'ятіння води.

TRANSIT5EKVA1 – це умова переходу між станами STATE5EKVA1 та STATE6EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану кип'ятіння води до стану випускання пари.

TRANSIT6EKVA1 – це умова переходу між станами STATE6EKVA1 та STATE10EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану випускання пари до стану завершення роботи бойлера КЕКВ.

TRANSIT7EKVA1 – це умова переходу між станами STATE2EKVA1 та STATE1EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану перевірки усіх компонентів бойлера до стану очікування.

TRANSIT8EKVA1 – це умова переходу між станами STATE2EKVA1 та STATE7EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану перевірки усіх компонентів бойлера до аварійного стану.

TRANSIT9EKVA1 – це умова переходу між станами STATE7EKVA1 та STATE1EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти із аварійного стану до стану очікування.

TRANSIT10EKVA1 – це умова переходу між станами STATE3EKVA1 та STATE7EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану готовності до варки порції кави до аварійного стану.

TRANSIT11EKVA1 – це умова переходу між станами STATE3EKVA1 та STATE8EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану готовності до варки порції кави до підігріву готового кавового напою

TRANSIT12EKVA1 – це умова переходу між станами STATE8EKVA1 та STATE1EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану підігріву готового кавового напою до стану очікування.

TRANSIT13EKVA1 – це умова переходу між станами STATE3EKVA1 та STATE9EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану готовності

до варки порції кави до стану недостатньої кількості води для роботи бойлера КЕКВ.

TRANSIT14EKVA1 – це умова переходу між станами STATE9EKVA1 та STATE2EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану недостатньої кількості води для роботи бойлера КЕКВ до стану перевірки усіх компонентів бойлера.

TRANSIT15EKVA1 – це умова переходу між станами STATE3EKVA1 та STATE1EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану готовності до варки порції кави до стану очікування.

TRANSIT16EKVA1 – це умова переходу між станами STATE4EKVA1 та STATE1EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану набирання води до стану очікування.

TRANSIT17EKVA1 – це умова переходу між станами STATE5EKVA1 та STATE1EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану кип'ятіння води до стану очікування.

TRANSIT18EKVA1 – це умова переходу між станами STATE6EKVA1 та STATE1EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану випускання пари до стану очікування.

TRANSIT19EKVA1 – це умова переходу між станами STATE9EKVA1 та STATE1EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану недостатньої кількості води для роботи бойлера КЕКВ до стану очікування.

TRANSIT20EKVA1 – це умова переходу між станами STATE10EKVA1 та STATE11EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану завершення роботи бойлера КЕКВ до стану готовності приготування однієї порції кави.

TRANSIT21EKVA1 – це умова переходу між станами STATE4EKVA1 та STATE3EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану набирання води до стану готовності до варки порції кави.

TRANSIT22EKVA1 – це умова переходу між станами STATE5EKVA1 та STATE4EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану кип'ятіння води до стану набирання води.

					КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		64

TRANSIT23EKVA1 – це умова переходу між станами STATE6EKVA1 та STATE5EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану випускання пари до стану кип'ятіння води.

TRANSIT24EKVA1 – це умова переходу між станами STATE11EKVA1 та STATE3EKVA1, яка дозволяє бойлеру ПАККЕКВ А1 перейти зі стану готовності приготування однієї порції кави до стану готовності до варки порції кави.

Система логічних рівнянь переходів між станами ПАККЕКВ А1 має такий вигляд:

$$\text{TRANSITEKV1A1} = \text{STATE1EKVA1} \wedge \text{STARTBOILERA1}; \quad (3.32)$$

$$\text{TRANSITEKV2A1} = \text{STATE2EKVA1} \wedge \text{TIMERPODOGREV}; \quad (3.33)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT3EKVA1} = & \text{STATE3EKVA1} \wedge (\text{COUNTERPORTIONS} < \\ & > \text{NUMBERCUPSA1}) \wedge \text{TIMERERRORCLOSECLAPAN1A1} \wedge \\ & \wedge \overline{\text{ERROROPENCLAPAN1A1}} \wedge \overline{\text{ERROROPENCLAPAN2A1}}; \end{aligned} \quad (3.34)$$

$$\text{TRANSIT4EKVA1} = \text{STATE4EKVA1} \wedge \text{TIMERWATERSUPPLY}; \quad (3.35)$$

$$\text{TRANSIT5EKVA1} = \text{STATE5EKVA1} \wedge \text{TIMERBOILWATER}; \quad (3.36)$$

$$\text{TRANSIT6EKVA1} = \text{STATE6EKVA1} \wedge \text{TIMERSTEAM}; \quad (3.37)$$

$$\text{TRANSIT7EKVA1} = \text{STATE2EKVA1} \wedge \text{STOPBOILERA1}; \quad (3.38)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT8EKVA1} = & \text{STATE2EKVA1} \wedge (\text{ERRORTEN1A1} \vee \\ & \vee \text{ERRORTEN2A1}); \end{aligned} \quad (3.39)$$

$$\text{TRANSIT9EKVA1} = \text{STATE7EKVA1} \wedge \text{STOPBOILERA1}; \quad (3.40)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT10EKVA1} &= \text{STATE3EKVA1} \wedge \\ &\vee \text{ERROROOPENCLAPAN1A1} \vee \text{ERRORCLOSECLAPAN1A1} \vee \\ &\vee \text{ERROROPENCLAPAN2A1} \vee \text{ERRORCLOSECLAPAN2A1}); \end{aligned} \quad (3.41)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT11EKVA1} &= \text{STATE3EKVA1} \wedge (\text{COUNTERPORTIONS} = \\ &= \text{NUMBERCUPSA1}); \end{aligned} \quad (3.42)$$

$$\text{TRANSIT12EKVA1} = \text{STATE8EKVA1} \wedge \text{STOPBOILERA1}; \quad (3.43)$$

$$\text{TRANSIT13EKVA1} = \text{STATE3EKVA1} \wedge \overline{\text{LEVELSENSORLOWA1}}; \quad (3.44)$$

$$\text{TRANSIT14EKVA1} = \text{STATE9EKVA1} \wedge \text{LEVELSENSORHIGH}; \quad (3.45)$$

$$\text{TRANSIT15EKVA1} = \text{STATE3EKVA1} \wedge \text{STOPBOILERA1}; \quad (3.46)$$

$$\text{TRANSIT16EKVA1} = \text{STATE4EKVA1} \wedge \text{STOPBOILERA1}; \quad (3.47)$$

$$\text{TRANSIT17EKVA1} = \text{STATE5EKVA1} \wedge \text{STOPBOILERA1}; \quad (3.48)$$

$$\text{TRANSIT18EKVA1} = \text{STATE6EKVA1} \wedge \text{STOPBOILERA1}; \quad (3.49)$$

$$\text{TRANSIT19EKVA1} = \text{STATE9EKVA1} \wedge \text{STOPBOILERA1}; \quad (3.50)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT20EKVA1} &= \text{STATE10EKVA1} \wedge \\ &\wedge \text{COUNTERCONTROLSTATE10} = 1; \end{aligned} \quad (3.51)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT21EKVA1} &= \text{STATE4EKVA1} \wedge (\text{ERROROPENCLAPAN1A1} \vee \\ &\vee \text{ERROROPENCLAPAN2A1} \vee \text{ERRORCLOSECLAPAN2A1}); \end{aligned} \quad (3.52)$$

$$\text{TRANSIT22A1} = \text{STATEEKV5A1} \wedge (\text{ERRORCLOSECLAPAN1A1} \vee \vee \text{ERROROPENCLAPAN2A1}); \quad (3.53)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT23EKVA1} &= \text{STATEEKV6A1} \wedge \\ &\wedge \text{ERROROPENCLAPAN2A1}; \end{aligned} \quad (3.54)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT24EKVA1} &= \text{STATE11EKVA1} \wedge \\ &\wedge \text{TIMERERRORCLOSECLAPAN2A1}; \end{aligned} \quad (3.55)$$

Система логічних рівнянь станів ПАККЕКВ А 1 має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{STATE1EKVA1} &= (\text{STATE1EKVA1} \vee \text{TRANSIT7EKVA1} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT9EKVA1} \vee \text{TRANSIT12EKVA1} \vee \text{TRANSIT15EKVA1} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT16EKVA1} \vee \text{TRANSIT17EKVA1} \vee \text{TRANSIT18EKVA1} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT19EKVA1}) \wedge \overline{\text{TRANSITEKV1A1}} \vee \text{InitBit}; \end{aligned} \quad (3.56)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE2EKVA1} &= (\text{STATE2EKVA1} \vee \text{TRANSIT1EKVA1} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT14EKVA1}) \wedge \overline{\text{TRANSIT2EKVA1}} \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT7EKVA1}} \wedge \overline{\text{TRANSIT8EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.57)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE3EKVA1} &= (\text{STATE3EKVA1} \vee \text{TRANSIT2EKVA1} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT24EKVA1} \vee \text{TRANSIT21EKVA1}) \wedge \overline{\text{TRANSIT3EKVA1}} \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT10EKVA1}} \wedge \overline{\text{TRANSIT11EKVA1}} \wedge \overline{\text{TRANSIT13EKVA1}} \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT15EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.58)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE4EKVA1} &= (\text{STATE4EKVA1} \vee \text{TRANSIT3EKVA1} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT22EKVA1}) \wedge \overline{\text{TRANSIT4EKVA1}} \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT16EKVA1}} \wedge \overline{\text{TRANSIT21EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.59)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE5EKVA1} &= (\text{STATE5EKVA1} \vee \text{TRANSIT4EKVA1} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT23EKVA1}) \wedge \overline{\text{TRANSIT5EKVA1}} \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT17EKVA1}} \wedge \overline{\text{TRANSIT22EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.60)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE6EKVA1} &= (\text{STATE6EKVA1} \vee \text{TRANSIT5EKVA1}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT6EKVA1}} \wedge \overline{\text{TRANSIT18EKVA1}} \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT23EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.61)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE7EKVA1} &= (\text{STATE7EKVA1} \vee \text{TRANSIT8EKVA1} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT10EKVA1}) \wedge \overline{\text{TRANSIT9EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.62)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE8EKVA1} &= (\text{STATE8EKVA1} \vee \text{TRANSIT11EKVA1}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT12EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.63)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE9EKVA1} &= (\text{STATE9EKVA1} \vee \text{TRANSIT13EKVA1}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT14EKVA1}} \wedge \overline{\text{TRANSIT19EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.64)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE10EKVA1} &= (\text{STATE10EKVA1} \vee \text{TRANSIT6EKVA1}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT20EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.65)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE110EKVA1} &= (\text{STATE110EKVA1} \vee \text{TRANSIT200EKVA1}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT240EKVA1}}; \end{aligned} \quad (3.66)$$

Система логічних рівнянь виходів ПАККЕКВ А1 має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{SWITCHONTEN1A1} &= \text{STATE2EKVA1} \vee \text{STATE3EKVA1} \vee \\ &\vee \text{STATE4EKVA1} \vee \text{STATE5EKVA1} \vee \text{STATE6EKVA1} \vee \\ &\vee \text{STATE10EKVA1} \vee \text{STATE11EKVA1}; \end{aligned} \quad (3.67)$$

$$\begin{aligned} \text{SWITCHONTEN2A1} &= \text{STATE2EKVA1} \vee \text{STATE3EKVA1} \vee \\ &\vee \text{STATE4EKVA1} \vee \text{STATE5EKVA1} \vee \text{STATE6EKVA1} \vee \\ &\vee \text{STATE8EKVA1} \vee \text{STATE10EKVA1} \vee \text{STATE11EKVA1}; \end{aligned} \quad (3.68)$$

$$\text{SWITCHONCLAPAN1A1} = \text{STATE4EKVA1}; \quad (3.69)$$

$$\text{SWITCHONCLAPAN2A1} = \text{STATE6EKVA1}; \quad (3.70)$$

$$\begin{aligned} \text{SWITCHOFFTEN1A1} &= \text{STATE1EKVA1} \vee \text{STATE7EKVA1} \vee \\ &\vee \text{STATE8EKVA1} \vee \text{STATE9EKVA1}; \end{aligned} \quad (3.71)$$

$$\begin{aligned} \text{SWITCHOFFTEN2A1} &= \text{STATE7EKVA1} \vee \text{STATE9EKVA1} \vee \\ &\vee \text{STATE1EKVA1}; \end{aligned} \quad (3.72)$$

$$\text{SWITCHOFFCLAPAN1A1} = \text{STATE5EKVA1}; \quad (3.73)$$

$$\text{SWITCHOFFCLAPAN2A1} = \text{STATE11EKVA1}; \quad (3.74)$$

$$\text{RESETERRORTEN1A1} = \text{STATE1EKVA1}; ; \quad (3.75)$$

$$\text{RESETERRORTEN2} = \text{STATE1EKVA1}; ; \quad (3.76)$$

$$\begin{aligned} \text{STARTTEMPERATUREREGULATORA1} &= \text{STATE5EKVA1} \vee \\ &\vee \text{STATE6EKVA1}; \end{aligned} \quad (3.77)$$

$$\begin{aligned} \text{STOPTEMPERATUREREGULATORA1} &= \text{STATE10EKVA1} \vee \\ &\vee \text{STATE11EKVA1}; \end{aligned} \quad (3.78)$$

$$\text{READYA1} = \text{STATE8EKVA1}; \quad (3.79)$$

На рисунку 3.9 зображено ПАККЕКВ А2, на якому реалізовано програму керування першим ТЕНом у САККЕКВ.

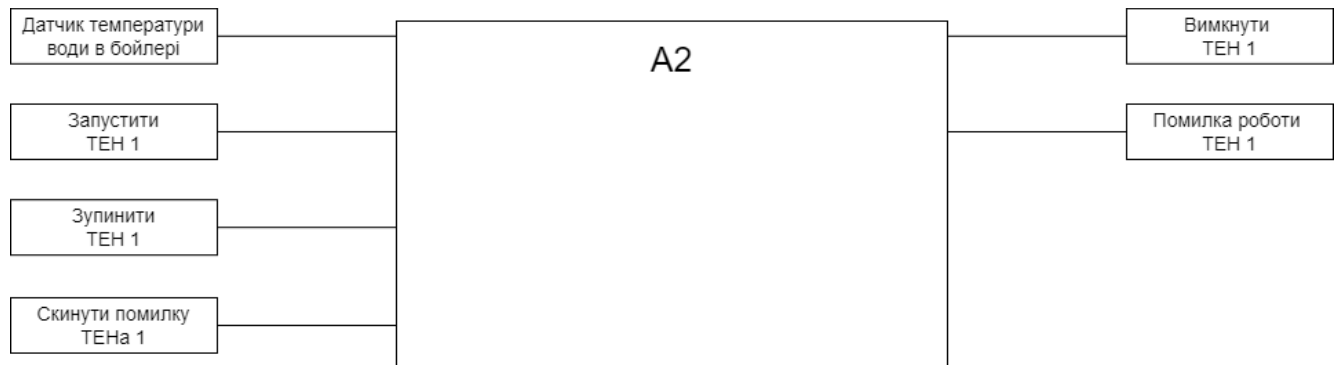


Рисунок 3.9 – ПАККЕКВ А2, який реалізує роботу першого ТЕНа.

На рисунку 3.10 представлено ГП, який демонструє роботу ПАККЕКВ А2, який відповідає за роботу першого ТЕНа КЕКВ.

STATE1EKVA2 – це стан очікування (початковий стан) ПАККЕКВ А2. У цьому стані перший ТЕН ще знаходиться у вимкненому режимі, але уже повністю готовий до початку роботи.

STATE2EKVA2 – це стан ввімкнення першого ТЕНа ПАККЕКВ А2. У цьому стані дається деякий час на досягнення початкової температури (90°C) першого ТЕНа КЕКВ.

STATE3EKVA2 – це стан ПАККЕКВ А2, у якому відбувається нагрівання першого ТЕНа до заданої користувачем температури.

STATE4EKVA2 – це стан вимкнення першого ТЕНа ПАККЕКВ А2. У цьому стані перший ТЕН КЕКВ досяг температури, заданої користувачем, і автоматично вимикається.

STATE5EKVA2 – це аварійний стан ПАККЕКВ А2, у якому знаходиться перший ТЕН КЕКВ. У цьому стані перший ТЕН або не може розпочати процес нагрівання.

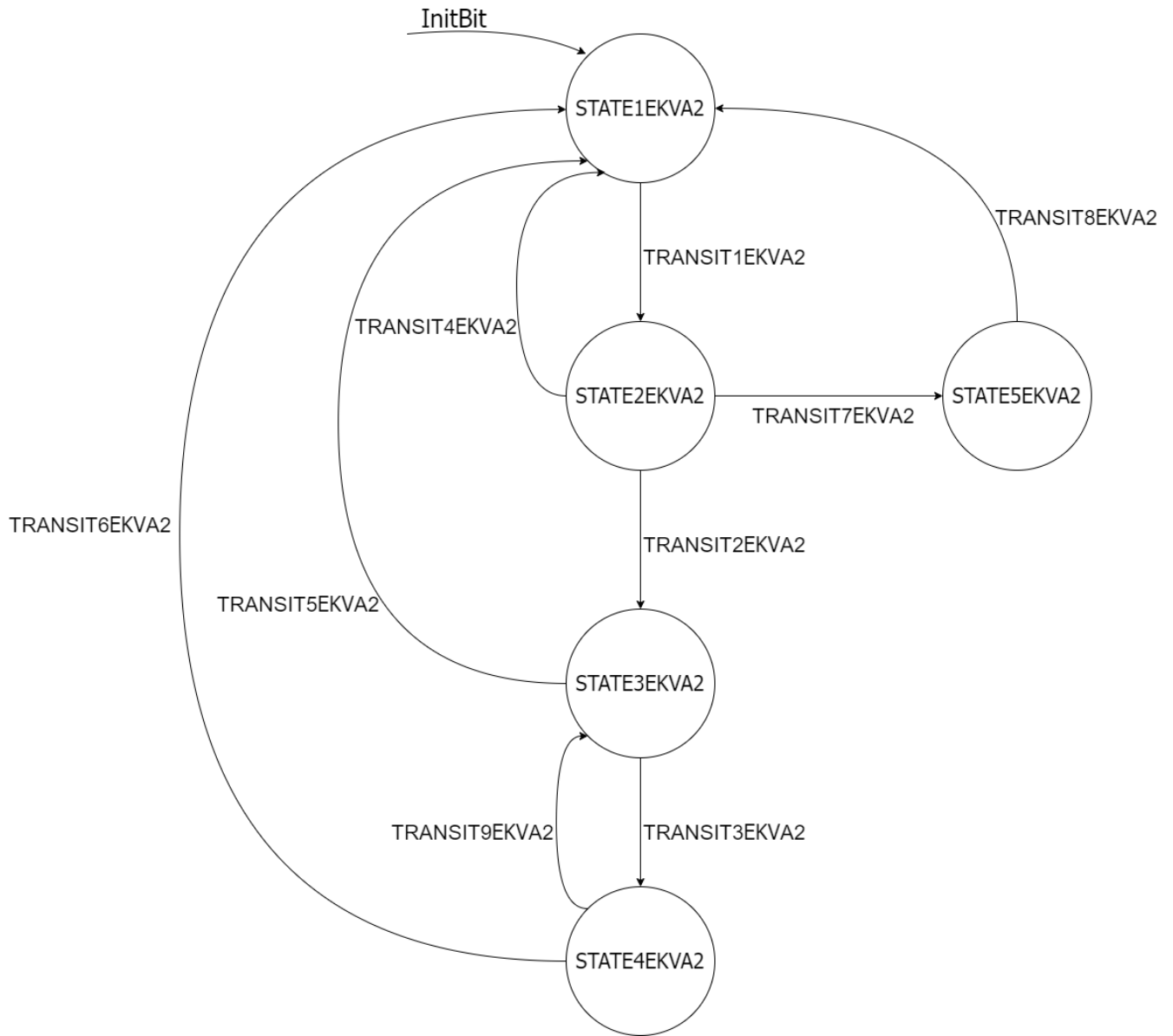


Рисунок 3.10 – ГП ПАККЕКВ А2, який реалізує роботу першого ТЕНа КЕКВ.

TRANSIT1EKVA2 – це умова переходу між станами STATE1EKVA2 та STATE2EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А2 перейти зі стану очікування до початку роботи (нагрівання).

TRANSIT2EKVA2 – це умова переходу між станами STATE2EKVA2 та STATE3EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А2 перейти зі стану нагрівання до початкової температури (90°C) до стану нагрівання до заданої користувачем температури.

TRANSIT3EKVA2 – це умова переходу між станами STATE3EKVA2 та STATE4EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А2 перейти зі стану нагрівання до заданої користувачем температури до стану вимкнення.

TRANSIT4EKVA2 – це умова переходу між станами STATE2EKVA2 та STATE1EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану нагрівання до початкової температури (90°C) до стану очікування.

TRANSIT5EKVA2 – це умова переходу між станами STATE3EKVA2 та STATE1EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А2 перейти зі стану нагрівання до заданої користувачем температури до стану очікування.

TRANSIT6EKVA2 – це умова переходу між станами STATE4EKVA2 та STATE1EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А2 перейти зі стану вимкнення до стану очікування.

TRANSIT7EKVA2 – це умова переходу між станами STATE2EKVA2 та STATE5EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А2 перейти зі стану нагрівання до початкової температури (90°C) до аварійного стану.

TRANSIT8EKVA2 – це умова переходу між станами STATE5EKVA2 та STATE1EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А2 перейти з аварійного стану до стану очікування.

TRANSIT9EKVA2 – це умова переходу між станами STATE4EKVA2 та STATE3EKVA2, яка дозволяє першому ТЕНу ПАККЕКВ А2 перейти зі стану вимкнення до стану нагрівання до заданої користувачем температури.

Система логічних рівнянь переходів між станами ПАККЕКВ А2 має такий вигляд:

$$\text{TRANSIT1EKVA2} = \text{STATE1EKVA2} \wedge \text{STARTTEN1A2}; \quad (3.80)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT2EKVA2} &= \text{STATE2EKVA2} \wedge \\ &\wedge (\text{TEMPERATURESENSORA2} \geq 90); \end{aligned} \quad (3.81)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT3EKVA2} &= \text{STATE3EKVA2} \wedge \\ &\wedge (\text{TEMPERATURESENSOR A2} > 120); \end{aligned} \quad (3.82)$$

$$\text{TRANSIT4EKVA2} = \text{STATE2EKVA2} \wedge \text{STOPTEN1A2}; \quad (3.83)$$

$$\text{TRANSIT5EKVA2} = \text{STATE3EKVA2} \wedge \text{STOPTEN1A2}; \quad (3.84)$$

$$\text{TRANSIT6EKVA2} = \text{STATE4EKVA2} \wedge \text{STOPTEN1A2}; \quad (3.85)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT7EKVA2} &= \text{STATE4EKVA2} \wedge (\text{TEMPERATURESENSOR A2} \\ &\leq 120) \wedge (\text{TEMPERATURESENSOR A2} \geq 90); \end{aligned} \quad (3.86)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT8EKVA2} &= \text{STATE2EKVA2} \wedge \text{TIMERDELAYWARMINGUP} \wedge \\ &\wedge \text{TEMPERATURESENSOR A2} < 90); \end{aligned} \quad (3.87)$$

$$\text{TRANSIT9EKVA2} = \text{STATE5EKV2} \wedge \text{RESETERROETEN1A2}; \quad (3.88)$$

Система логічних рівнянь станів ПАККЕКВ А2 має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{STATE1EKVA2} &= (\text{STATE1EKVA2} \vee \text{TRANSIT4EKVA2} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT5EKVA2} \vee \text{TRANSIT6EKVA2} \vee \text{TRANSIT9EKVA2}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT1EKVA2}} \wedge \text{InitBit}; \end{aligned} \quad (3.89)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE2EKVA2} &= (\text{STATE2EKVA2} \vee \text{TRANSIT1EKVA2}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT2EKVA2}} \wedge \overline{\text{TRANSIT4EKVA2}} \wedge \overline{\text{TRANSIT8EKVA2}}; \end{aligned} \quad (3.90)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE3EKVA2} &= (\text{STATE3EKVA2} \vee \text{TRANSIT2EKVA2} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT7EKVA2}) \wedge \overline{\text{TRANSIT3EKVA2}} \wedge \overline{\text{TRANSIT5EKVA2}}; \end{aligned} \quad (3.91)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE4EKVA2} &= (\text{STATE4EKVA2} \vee \text{TRANSIT3EKVA2}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT6EKVA2}} \wedge \overline{\text{TRANSIT7EKVA2}}; \end{aligned} \quad (3.92)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE5EKVA2} &= (\text{STATE5EKVA2} \vee \text{TRANSIT8EKVA2}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT9EKVA2}}; \end{aligned} \quad (3.93)$$

Система логічних рівнянь виходів ПАККЕКВ А2 має такий вигляд:

$$\text{SWITCHTEN1A2} = \text{STATE2EKVA2} \vee \text{STATE3EKVA2}; \quad (3.94)$$

$$\text{ERRORTEN1A2} = \text{STATE5A2}; \quad (3.95)$$

На рисунку 3.11 зображено ПАККЕКВ А3, на якому реалізовано програму керування другим ТЕНОм у САККЕКВ.

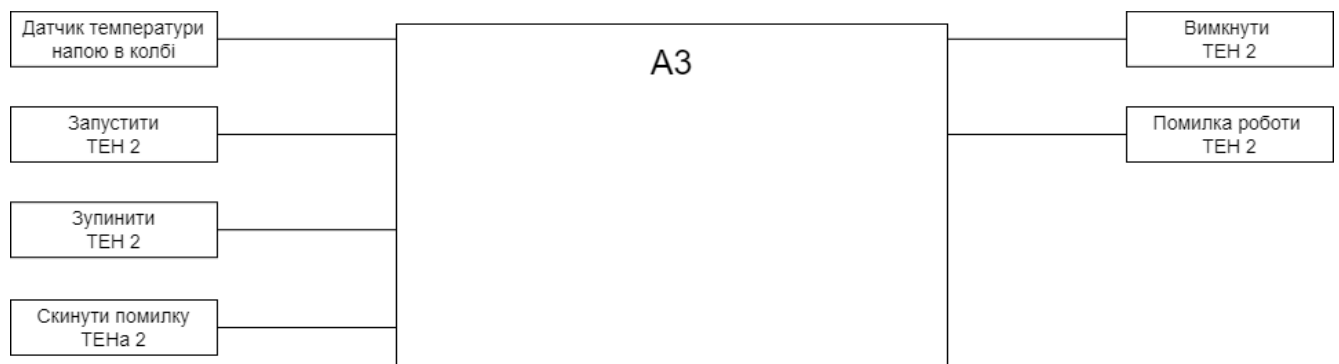


Рисунок 3.11 – ПАККЕКВ А3, який реалізує роботу другого ТЕНа.

На рисунку 3.12 представлено ГП, який демонструє роботу ПАККЕКВ А3, який відповідає за роботу другого ТЕНа КЕКВ.

STATE1EKVA3 – це стан очікування (початковий стан) ПАККЕКВ А3. У цьому стані другий ТЕН ще знаходиться у вимкненому режимі, але уже повністю готовий до початку роботи.

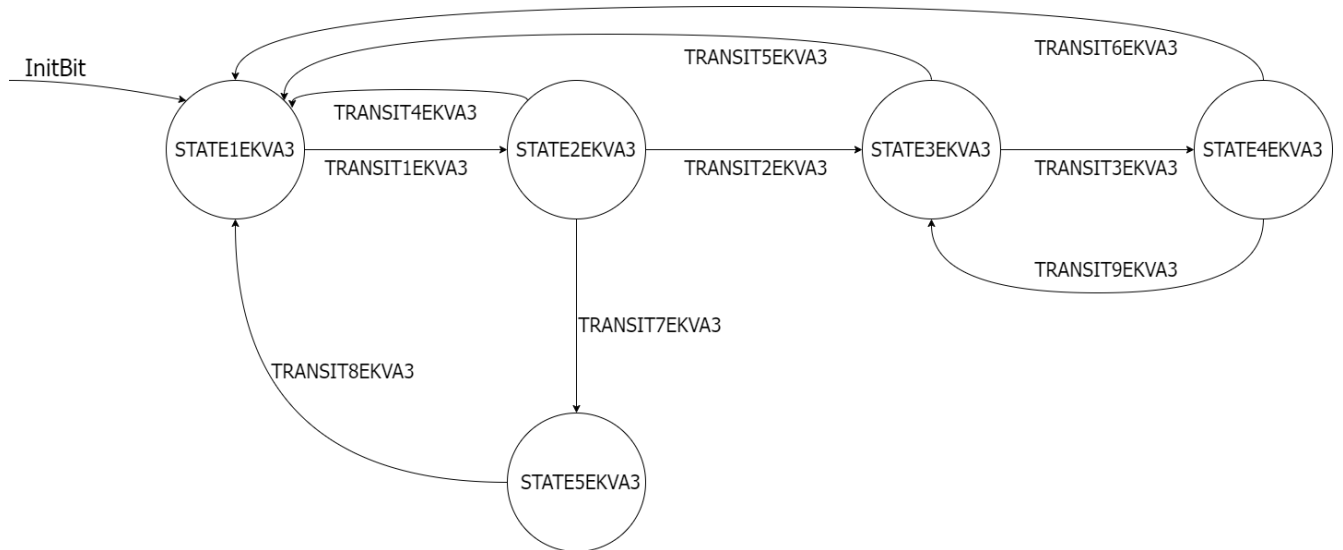


Рисунок 3.12 – ГП ПАККЕКВ А3, який реалізує роботу другого ТЕНА КЕКВ.

STATE2EKVA3 – це стан ввімкнення другого ТЕНА ПАККЕКВ А3. У цьому стані дається деякий час на досягнення початкової температури (90°C) другого ТЕНА КЕКВ.

STATE3EKVA3 – це стан ПАККЕКВ А3, у якому відбувається нагрівання другого ТЕНА до заданої користувачем температури.

STATE4EKVA3 – це стан вимкнення другого ТЕНА ПАККЕКВ А3. У цьому стані другий ТЕН КЕКВ досяг температури, заданої користувачем, і автоматично вимикається.

STATE5EKVA3 – це аварійний стан ПАККЕКВ А3, у якому знаходиться другий ТЕН КЕКВ. У цьому стані другий ТЕН або не може розпочати процес нагрівання.

TRANSIT1EKVA3 – це умова переходу між станами STATE1EKVA3 та STATE2EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану очікування до початку роботи (нагрівання).

TRANSIT2EKVA3 – це умова переходу між станами STATE2EKVA3 та STATE3EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану нагрівання до початкової температури (90°C) до стану нагрівання до заданої користувачем температури.

TRANSIT3EKVA3 – це умова переходу між станами STATE3EKVA3 та STATE4EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану нагрівання до заданої користувачем температури до стану вимкнення.

TRANSIT4EKVA3 – це умова переходу між станами STATE2EKVA3 та STATE1EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану нагрівання до початкової температури (90°C) до стану очікування.

TRANSIT5EKVA3 – це умова переходу між станами STATE3EKVA3 та STATE1EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану нагрівання до заданої користувачем температури до стану очікування.

TRANSIT6EKVA3 – це умова переходу між станами STATE4EKVA3 та STATE1EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану вимкнення до стану очікування.

TRANSIT7EKVA3 – це умова переходу між станами STATE2EKVA3 та STATE5EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану нагрівання до початкової температури (90°C) до аварійного стану.

TRANSIT8EKVA3 – це умова переходу між станами STATE5EKVA3 та STATE1EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти з аварійного стану до стану очікування.

TRANSIT9EKVA3 – це умова переходу між станами STATE4EKVA3 та STATE3EKVA3, яка дозволяє другому ТЕНу ПАККЕКВ А3 перейти зі стану вимкнення до стану нагрівання до заданої користувачем температури.

Система логічних рівнянь переходів між станами ПАККЕКВ А3 має такий вигляд:

$$\text{TRANSIT1EKVA3} = \text{STATE1EKVA3} \wedge \text{STARTTEN2A3}; \quad (3.96)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT2EKVA3} &= \text{STATE2EKVA3} \wedge \\ &\wedge (\text{TEMPERATURESENSORA3} \geq 90); \end{aligned} \quad (3.97)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT3EKVA3} &= \text{STATE3EKVA3} \wedge \\ &\wedge (\text{TEMPERATURESENSOR A3} > 120); \end{aligned} \quad (3.98)$$

$$\text{TRANSIT4EKVA3} = \text{STATE2EKVA3} \wedge \text{STOPTEN2A3}; \quad (3.99)$$

$$\text{TRANSIT5EKVA3} = \text{STATE3EKVA3} \wedge \text{STOPTEN2A3}; \quad (3.100)$$

$$\text{TRANSIT6EKVA3} = \text{STATE4EKVA3} \wedge \text{STOPTEN2A3}; \quad (3.101)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT7EKVA3} &= \text{STATE4EKVA3} \wedge (\text{TEMPERATURESENSOR A3} \\ &\leq 120) \wedge (\text{TEMPERATURESENSOR A3} \geq 90); \end{aligned} \quad (3.102)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT8EKVA3} &= \text{STATE2EKVA3} \wedge \text{TIMERDELAYWARMINGUP} \wedge \\ &\wedge \text{TEMPERATURESENSOR A3} < 90); \end{aligned} \quad (3.103)$$

$$\text{TRANSIT9EKVA3} = \text{STATE5EKV3} \wedge \text{RESETERROETEN2A3}; \quad (3.104)$$

Система логічних рівнянь станів ПАККЕКВ А3 має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{STATE1EKVA3} &= (\text{STATE1EKVA3} \vee \text{TRANSIT4EKVA3} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT5EKVA3} \vee \text{TRANSIT6EKVA3} \vee \text{TRANSIT9EKVA3}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT1EKVA3}} \wedge \text{InitBit}; \end{aligned} \quad (3.105)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE2EKVA3} &= (\text{STATE2EKVA3} \vee \text{TRANSIT1EKVA3}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT2EKVA3}} \wedge \overline{\text{TRANSIT4EKVA3}} \wedge \overline{\text{TRANSIT8EKVA3}}; \end{aligned} \quad (3.106)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE3EKVA3} &= (\text{STATE3EKVA3} \vee \text{TRANSIT2EKVA3} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT7EKVA3}) \wedge \overline{\text{TRANSIT3EKVA3}} \wedge \overline{\text{TRANSIT5EKVA3}}; \end{aligned} \quad (3.107)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE4EKVA3} &= (\text{STATE4EKVA3} \vee \text{TRANSIT3EKVA3}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT6EKVA3}} \wedge \overline{\text{TRANSIT7EKVA3}}; \end{aligned} \quad (3.108)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE5EKVA3} &= (\text{STATE5EKVA3} \vee \text{TRANSIT8EKVA3}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT9EKVA3}}; \end{aligned} \quad (3.109)$$

Система логічних рівнянь виходів ПАККЕКВ А3 має такий вигляд:

$$\text{SWITCHTEN2A3} = \text{STATE2EKVA3} \vee \text{STATE3EKVA3}; \quad (3.110)$$

$$\text{ERRORTEN2A3} = \text{STATE5A3}; \quad (3.111)$$

На рисунку 3.13 зображено ПАККЕКВ А4, на якому реалізовано програму керування вхідним ЕМК у САККЕКВ.

На рисунку 3.14 представлено ГП, який демонструє роботу ПАККЕКВ А4, який відповідає за вхідний ЕМК КЕКВ.

STATE1EKVA4 – це стан очікування (початковий стан) ПАККЕКВ А4. У цьому стані вхідний ЕМК КЕКВ знаходиться у початковому положенні (закритий) і повністю готовий до початку роботи.

STATE2EKVA4 – це стан відкриття вхідного ЕМКа ПАККЕКВ А4. У цьому стані дається деякий час на повне відкриття вхідного ЕМК КЕКВ.

STATE3EKVA4 – це стан ПАККЕКВ А4, у якому вхідний ЕМК КЕКВ залишається відкритим протягом певного часу, задля набирання певної кількості води із РдВ.

STATE4EKVA4 – це стан закривання вхідного ЕМКа ПАККЕКВ А4. У цьому стані дається деякий час на повне закривання вхідного ЕМКа КЕКВ.

STATE5EKVA4 – це аварійний стан ПАККЕКВ А4, у якому знаходиться вхідний ЕМК КЕКВ. У цьому стані вхідний ЕМК або не може повністю відкритись або не може повністю закритись.

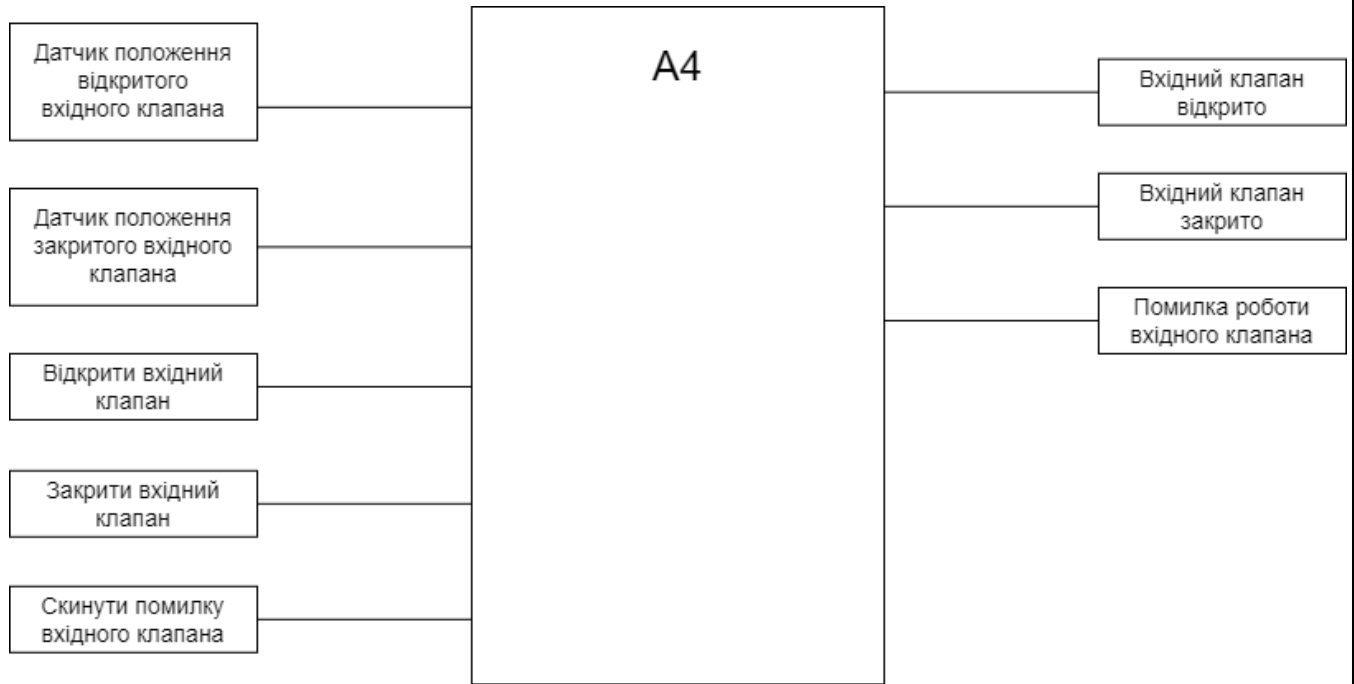


Рисунок 3.13 – ПАККЕКВ А4, який реалізує роботу вхідного ЕМК.

TRANSIT1EKVA4 – це умова переходу між станами STATE1EKVA4 та STATE2EKVA4, яка дозволяє вхідному ЕМКу ПАККЕКВ А4 перейти зі стану очікування до початку роботи (відкривання).

TRANSIT2EKVA4 – це умова переходу між станами STATE2EKVA4 та STATE3EKVA4, яка дозволяє вхідному ЕМКу ПАККЕКВ А4 перейти зі стану відкривання до повного відкриття та набирання води із РдВ.

TRANSIT3EKVA4 – це умова переходу між станами STATE3EKVA4 та STATE4EKVA4, яка дозволяє вхідному ЕМКу ПАККЕКВ А4 перейти зі стану набирання води із РдВ до стану закривання.

TRANSIT4EKVA4 – це умова переходу між станами STATE4EKVA4 та STATE1EKVA4, яка дозволяє вхідному ЕМКу ПАККЕКВ А4 перейти зі стану закривання до стану очікування.

TRANSIT5EKVA4 – це умова переходу між станами STATE2EKVA4 та STATE5EKVA4, яка дозволяє вхідному ЕМКу ПАККЕКВ А4 перейти зі стану відкривання до аварійного стану.

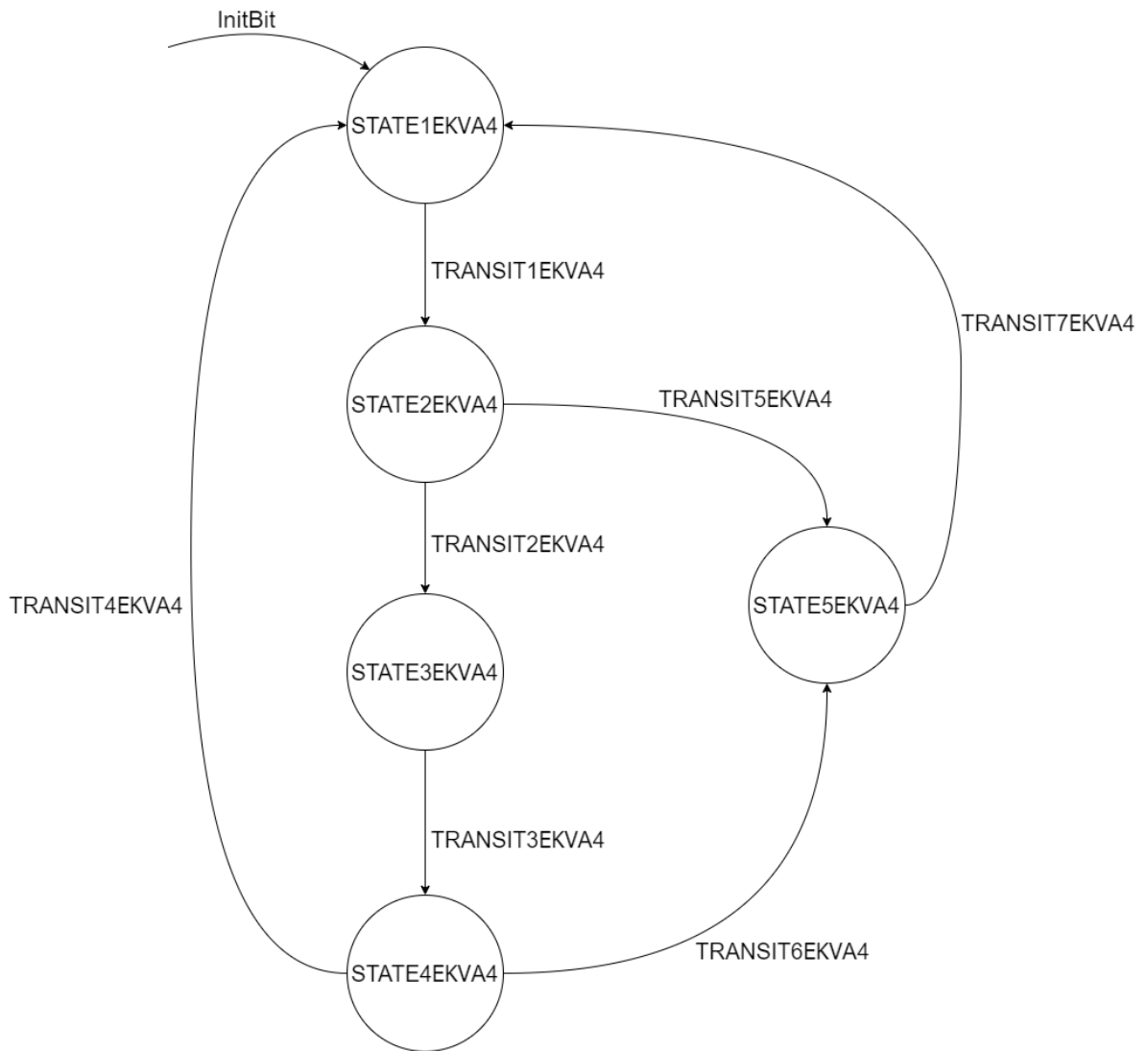


Рисунок 3.14 – ГП ПАККЕКВ А4, який реалізує роботу вхідного ЕМК КЕКВ.

TRANSIT6EKVA4– це умова переходу між станами STATE4EKVA4 та STATE5EKVA4, яка дозволяє вхідному ЕМКу ПАККЕКВ А4 перейти зі стану закривання до аварійного стану.

TRANSIT7EKVA4 – це умова переходу між станами STATE5EKVA4 та STATE1EKVA4, яка дозволяє вхідному ЕМКу ПАККЕКВ А4 перейти з аварійного стану у стан очікування.

Система логічних рівнянь переходів між станами ПАККЕКВ А4 має такий вигляд:

$$\text{TRANSIT1EKVA4} = \text{STATE1A4} \wedge \text{OPENVALVE1A4}; \quad (3.112)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT2EKVA4} &= \text{STATE2A4} \wedge \\ &\wedge \text{POSITIONSENSOROPENVALVE1A4}; \end{aligned} \quad (3.113)$$

$$\text{TRANSIT3EKVA4} = \text{STATE3} \wedge \text{CLOSEVALVE1A4}; \quad (3.114)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT4EKVA4} &= \text{STATE4EKVA4} \wedge \\ &\wedge \text{POSITIONSENSORCLOSEVALVE1A4}; \end{aligned} \quad (3.115)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT5EKVA4} &= \text{STATE2EKVA4} \wedge \\ &\wedge \text{TIMERDELAYOPENVALVE1A4}; \end{aligned} \quad (3.116)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT6EKVA4} &= \text{STATE4EKVA4} \wedge \\ &\wedge \text{TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4}; \end{aligned} \quad (3.117)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT7EKVA4} &= \text{STATE5EKVA4} \wedge \\ &\wedge \text{RESETERRORRVALVE1A4}; \end{aligned} \quad (3.118)$$

Система логічних рівнянь станів ПАККЕКВ А4 має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{STATE1EKVA4} &= (\text{STATE1EKVA4} \vee \text{TRANSIT4EKVA4} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT7EKVA4}) \wedge \overline{\text{TRANSIT1EKVA4}} \wedge \text{InitBit}; \end{aligned} \quad (3.119)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE2EKVA4} &= (\text{STATE2EKVA4} \vee \text{TRANSIT1EKVA4}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT2EKVA4}} \wedge \overline{\text{TRANSIT5EKVA4}}; \end{aligned} \quad (3.120)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE3EKVA4} &= (\text{STATE3EKVA4} \vee \text{TRANSIT2EKVA4}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT3EKVA4}}; \end{aligned} \quad (3.121)$$

$$\text{STATE4EKVA4} = (\text{STATE4EKVA4} \vee \text{TRANSIT3EKVA4}) \wedge$$

$$\wedge \overline{\text{TRANSIT4EKV4}} \wedge \overline{\text{TRANSIT6EKV4}}; \quad (3.122)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE5EKVA4} = & (\text{STATE5EKVA4} \vee \text{TRANSIT5EKVA4} \vee \\ & \vee \text{TRANSIT6EKVA4}) \wedge \overline{\text{TRANSIT7EKV4}}; \end{aligned} \quad (3.123)$$

Система логічних рівнянь виходів ПАККЕКВ А4 має такий вигляд:

$$\text{SWITCHOPENVALVE1A4} = \text{STATE2EKVA4}; \quad (3.124)$$

$$\text{SWITCHCLOSEVALVE1A4} = \text{STATE4EKVA4}; \quad (3.125)$$

$$\text{ERRORVALVE1A4} = \text{STATE5EKVA4}; \quad (3.126)$$

На рисунку 3.15 зображено ПАККЕКВ А5, на якому реалізовано програму керування вихідним ЕМКом у САККЕКВ.

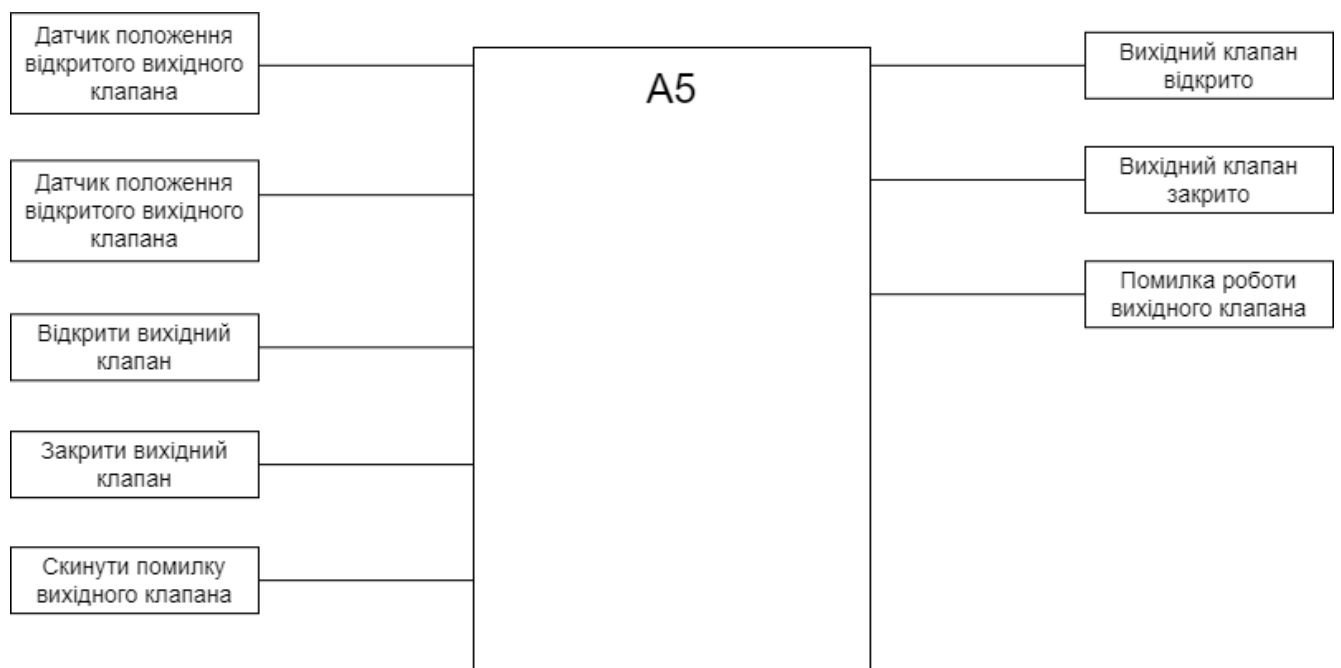


Рисунок 3.15 – ПАККЕКВ А5, який реалізує роботу вихідного ЕМКа.

На рисунку 3.16 представлено ГП, який демонструє роботу ПАККЕКВ А5, який відповідає за вихідний ЕМК КЕКВ.

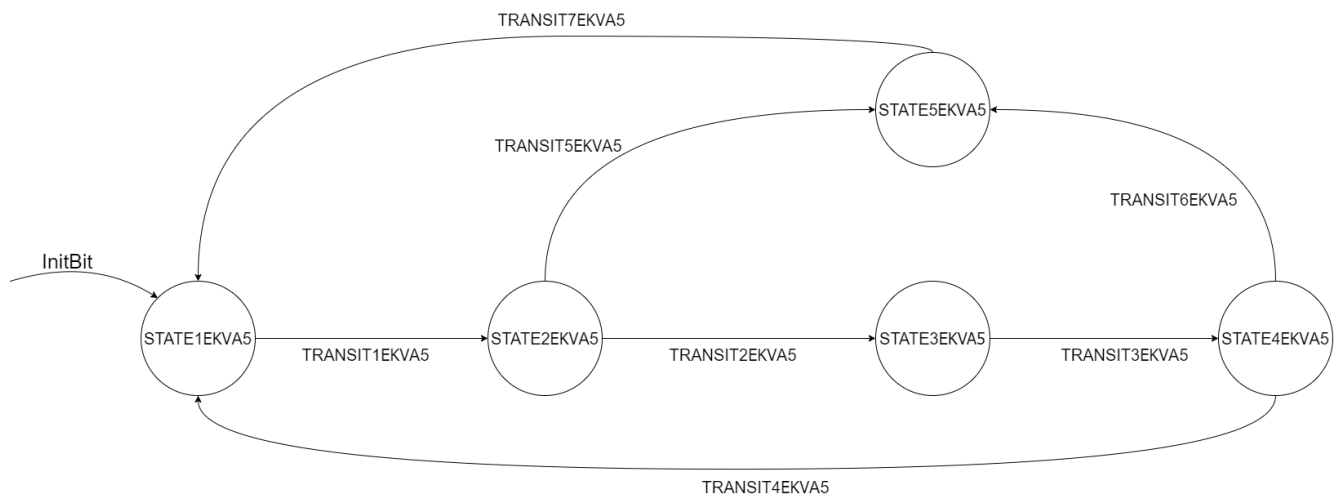


Рисунок 3.16 – ГП ПАККЕКВ А5, який реалізує роботу вихідного ЕМКа КЕКВ.

STATE1EKVA5 – це стан очікування (початковий стан) ПАККЕКВ А5. У цьому стані вихідний ЕМК КЕКВ знаходиться у початковому положенні (закритий) і повністю готовий до початку роботи.

STATE2EKVA5 – це стан відкривання вихідного ЕМКа ПАККЕКВ А5. У цьому стані дається деякий час на повне відкривання вихідного ЕМКа КЕКВ.

STATE3EKVA5 – це стан ПАККЕКВ А5, у якому вихідний ЕМК КЕКВ залишається відкритим протягом певного часу, задля повного виходу пари до фільтру із меленою ковою.

STATE4EKVA5 – це стан закривання вихідного ЕМКа ПАККЕКВ А5. У цьому стані дається деякий час на повне закривання вихідного ЕМКа КЕКВ.

STATE5EKVA5 – це аварійний стан ПАККЕКВ А5, у якому знаходиться вихідний ЕМК КЕКВ. У цьому стані вихідний ЕМК або не може повністю відкритись або не може повністю закритись.

TRANSIT1EKVA5 – це умова переходу між станами STATE1EKVA5 та STATE2EKVA5, яка дозволяє вихідному ЕМКу ПАККЕКВ А5 перейти зі стану очікування до початку роботи (відкривання).

TRANSIT2EKVA5 – це умова переходу між станами STATE2EKVA5 та STATE3EKVA5, яка дозволяє вихідному ЕМКу ПАККЕКВ А5 перейти зі стану відкриття до повного відкриття та випускання пари.

TRANSIT3EKVA5 – це умова переходу між станами STATE3EKVA5 та STATE4EKVA5, яка дозволяє вихідному ЕМКу ПАККЕКВ А5 перейти зі стану випускання пари до стану закривання.

TRANSIT4EKVA5 – це умова переходу між станами STATE4EKVA5 та STATE1EKVA5, яка дозволяє вихідному ЕМКу ПАККЕКВ А5 перейти зі стану закривання до стану очікування.

TRANSIT5EKVA5 – це умова переходу між станами STATE2EKVA5 та STATE5EKVA5, яка дозволяє вихідному ЕМКу ПАККЕКВ А5 перейти зі стану відкриття до аварійного стану.

TRANSIT6EKVA5 – це умова переходу між станами STATE4EKVA5 та STATE5EKVA5, яка дозволяє вихідному ЕМКу ПАККЕКВ А5 перейти зі стану закривання до аварійного стану.

TRANSIT7EKVA5 – це умова переходу між станами STATE5EKVA5 та STATE1EKVA5, яка дозволяє вихідному ЕМКу ПАККЕКВ А5 перейти з аварійного стану у стан очікування.

Система логічних рівнянь переходів між станами ПАККЕКВ А5 має такий вигляд:

$$\text{TRANSIT1EKVA5} = \text{STATE1A5} \wedge \text{OPENVALVE2A5}; \quad (3.127)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT2EKVA5} &= \text{STATE2A5} \wedge \\ &\wedge \text{POSITIONSENSOROPENVALVE2A5}; \end{aligned} \quad (3.128)$$

$$\text{TRANSIT3EKVA5} = \text{STATE3} \wedge \text{CLOSEVALVE2A5}; \quad (3.129)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT4EKVA5} &= \text{STATE4EKVA5} \wedge \\ &\wedge \text{POSITIONSENSORCLOSEVALVE2A5}; \end{aligned} \quad (3.130)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT5EKVA5} &= \text{STATE2EKVA5} \wedge \\ &\wedge \text{TIMERDELAYOPENVALVE2A5}; \end{aligned} \quad (3.131)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT6EKVA5} &= \text{STATE4EKVA5} \wedge \\ &\wedge \text{TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5}; \end{aligned} \quad (3.132)$$

$$\begin{aligned} \text{TRANSIT7EKVA5} &= \text{STATE5EKVA5} \wedge \\ &\wedge \text{RESETERRORRVALVE2A5}; \end{aligned} \quad (3.133)$$

Система логічних рівнянь станів ПАККЕКВ А5 має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{STATE1EKVA5} &= (\text{STATE1EKVA5} \vee \text{TRANSIT4EKVA5} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT7EKVA5}) \wedge \overline{\text{TRANSIT1EKVA5}} \wedge \text{InitBit}; \end{aligned} \quad (3.134)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE2EKVA5} &= (\text{STATE2EKVA5} \vee \text{TRANSIT1EKVA5}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT2EKVA5}} \wedge \overline{\text{TRANSIT5EKV5}}; \end{aligned} \quad (3.135)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE3EKVA5} &= (\text{STATE3EKVA5} \vee \text{TRANSIT2EKVA5}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT3EKV5}}; \end{aligned} \quad (3.136)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE4EKVA5} &= (\text{STATE4EKVA5} \vee \text{TRANSIT3EKVA5}) \wedge \\ &\wedge \overline{\text{TRANSIT4EKV5}} \wedge \overline{\text{TRANSIT6EKV5}}; \end{aligned} \quad (3.137)$$

$$\begin{aligned} \text{STATE5EKVA5} &= (\text{STATE5EKVA5} \vee \text{TRANSIT5EKVA5} \vee \\ &\vee \text{TRANSIT6EKVA5}) \wedge \overline{\text{TRANSIT7EKV5}}; \end{aligned} \quad (3.138)$$

Система логічних рівнянь виходів ПАККЕКВ А5 має такий вигляд:

$$\text{SWITCHOPENVALVE2A5} = \text{STATE2EKVA5}; \quad (3.139)$$

$$\text{SWITCHCLOSEVALVE2A5} = \text{STATE4EKVA5}; \quad (3.140)$$

$$\text{ERRORVALVE2A5} = \text{STATE5EKVA5}; \quad (3.141)$$

3.2 Проектування прикладної програми системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою у середовищі CoDeSys

Застосунок керування САККЕКВ було розроблено із використанням середовища проектування CoDeSys. Середовище (CoDeSys) за його вражачі можливості програмування МККЛ, що дозволяють розробляти апаратнонезалежні застосунки. Використання CoDeSys дозволяє створити без зусиль зрозумілий інтерфейс (панель керування) для керування абсолютно усіма етапами приготування кави у САККЕКВ, включаючи нагрівання води, контроль рівня води та регулювання часу заварювання. Завдяки CoDeSys, процес розробки більш ефективний і швидкий, а це дозволяє отримати високоякісну прикладну програму.

На рисунку 3.17 зображується проект (верифікатор) прикладної програми САККЕКВ.

На рисунку 3.18 зображено верифікатор прикладного ПАККЕКВ А0, який реалізує процес керування КЕКВ.

ПАККЕКВ А0 - головний модуль керування САККЕКВ. Для керування САККЕКВ він отримує чотири вхідних сигнали: сигнал «Підтвердити» (OK), сигнал «Відміна» (Cancel), сигнал «Збільшити» (Plus), сигнал «Зменшити» (Minus).

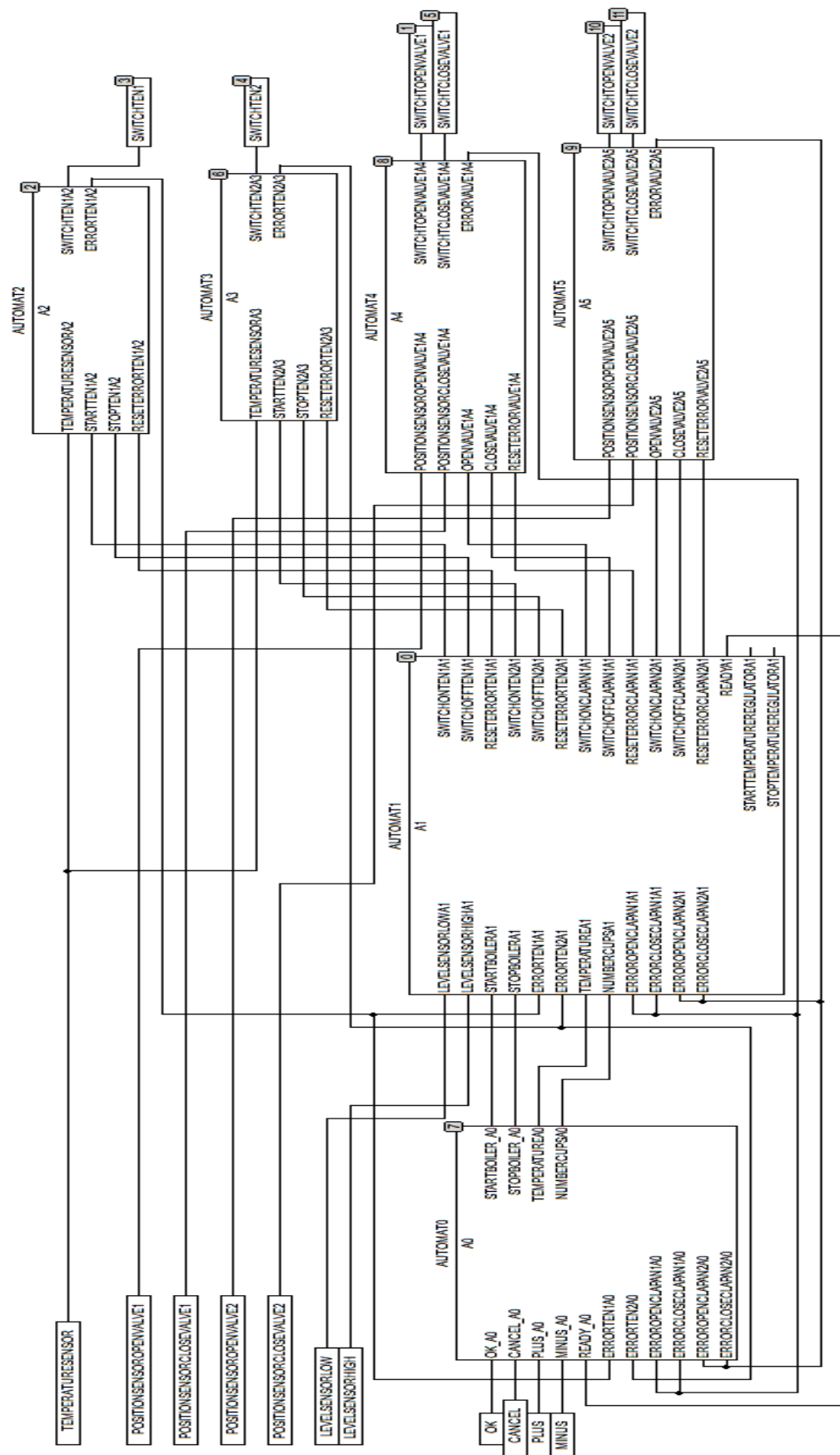


Рисунок 3.17 – Проект (верифікатор) прикладної програми керування САККЕКВ.

Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата

За допомогою вхідних сигналів ПАККЕКВ управляє процесами:

- вибрати температуру нагрівання води для кавового напою;
- вибрати кількість порцій напою;
- розпочати (процес) приготування напою;
- зупинити (процес) приготування напою.

Окрім цього, в ПАККЕКВ є вхідні сигнали аварійних (НС) станів. За допомогою яких він обробляє повідомлення про помилку від решти автоматів: А1, А2, А3, А4, А5.

```
0001 FUNCTION_BLOCK A0
0002 VAR_INPUT
0003 OK_A0, CANCEL_A0, PLUS_A0, MINUS_A0, READY_A0, ERRORTEN1A0, ERRORTEN2A0, ERRORROPENCLAPAN1A0, ERRORCLOSECLAPAN1A0, ERRORROPENCLAPAN2A0, ERRORCLOSECLAPAN2A0:BOOL;
0004 END_VAR
0005 VAR_OUTPUT
0006 STARTBOILER_A0, STOPBOILER_A0:BOOL;
0007 TEMPERATUREA0: REAL;
0008 NUMBERCUPS_A0: INT;
0009 END_VAR
0010 VAR
0011 TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,TR17,TR18:BOOL;
0012 ST1:BOOL:=TRUE; ST2,ST3,ST4, ST5, ST6, ST7, ST8, ST9:BOOL;
0013 DELAY1, DELAY2, DELAY3, DELAY4:TON;
0014 DELAYPLUS, DELAYMINUS, DELAYCUPS: TON;
0015 END_VAR
0016
0017
0018
0019
0020
0021
0022
0023
0024
0025
0026
0027
0028
0029
0030
0031
0032
0033 IF (ST1)THEN
0034 DELAY3(IN:=FALSE, PT:=T#10s);
0035 DELAY4(IN:=FALSE, PT:=T#10s);
0036 END_IF;
0037 IF (ST2)THEN
0038
0039
0040
0041
0042
0043
0044
0045
0046
0047
0048
0049
0050
0051
0052
0053
0054
0055
0056
0057
0058
0059
0060
0061
0062
0063
0064
0065
0066
0067
0068
0069
0070
0071
0072
0073
0074
0075
0076
0077
0078
0079
0080
0081
0082
0083
0084
0085
0086
0087
0088
0089
0090
0091
0092
0093
0094
0095
0096
0097
0098
0099
0100
0101 TR1:=ST1 AND OK_A0;
0102 TR2:=ST2 AND CANCEL_A0 AND DELAY2.Q;
0103 TR3:=ST3 AND OK_A0;
0104 TR4:=ST4 AND CANCEL_A0;
0105 TR5:=ST2 AND PLUS_A0;
0106 TR6:=ST2 AND MINUS_A0;
0107 TR7:=ST4 AND PLUS_A0;
0108 TR8:=ST4 AND MINUS_A0;
0109 TR9:=ST2 AND OK_A0 AND DELAY1.Q;
0110 TR10:=ST5 AND READY_A0;
0111 TR11:=ST5 AND CANCEL_A0;
0112 TR12:=ST8 AND OK_A0;
0113 TR13:=ST6 AND CANCEL_A0;
0114 TR14:=ST7 AND OK_A0;
0115 TR15:=ST7 AND CANCEL_A0 AND DELAY3.Q;
0116 TR16:=ST5 AND (ERRORTEN1A0 OR ERRORTEN2A0 OR ERRORROPENCLAPAN1A0 OR ERRORCLOSECLAPAN1A0 OR ERRORROPENCLAPAN2A0 OR ERRORCLOSECLAPAN2A0);
0117 TR17:=ST8 AND CANCEL_A0 AND DELAY4.Q;
0118 TR18:=ST9 AND CANCEL_A0;
0119
0120 ST1:=(ST1 OR TR17 OR TR18 OR TR15) AND NOT TR1;
0121 ST2:=(ST2 OR TR1 OR TR5 OR TR6 OR TR4) AND NOT TR2 AND NOT TR9;
0122 ST3:=(ST3 OR TR2) AND NOT TR3;
0123 ST4:=(ST4 OR TR3 OR TR7 OR TR8) AND NOT TR4;
0124 ST5:=(ST5 OR TR9 OR TR12) AND NOT TR10 AND NOT TR11 AND NOT TR16;
0125 ST6:=(ST6 OR TR10 OR TR14) AND NOT TR13;
0126 ST7:=(ST7 OR TR13) AND NOT TR14 AND NOT TR15;
0127 ST8:=(ST8 OR TR11) AND NOT TR12 AND NOT TR17;
0128 ST9:=(ST9 OR TR16) AND NOT TR18;
0129
0130 STARTBOILER_A0:=ST5 OR ST6;
0131 STOPBOILER_A0:=ST1 OR ST7;
0132
0133
0134
0135
0136
0137
0138
0139
0140
0141
0142
0143
0144
0145
0146
0147
0148
0149
0150
0151
0152
0153
0154
0155
0156
0157
0158
0159
0160
0161
0162
0163
0164
0165
0166
0167
0168
0169
0170
0171
0172
0173
0174
0175
0176
0177
0178
0179
0180
0181
0182
0183
0184
0185
0186
0187
0188
0189
0190
0191
0192
0193
0194
0195
0196
0197
0198
0199
0200
0201
0202
0203
0204
0205
0206
0207
0208
0209
0210
0211
0212
0213
0214
0215
0216
0217
0218
0219
0220
0221
0222
0223
0224
0225
0226
0227
0228
0229
0230
0231
0232
0233
0234
0235
0236
0237
0238
0239
0240
0241
0242
0243
0244
0245
0246
0247
0248
0249
0250
0251
0252
0253
0254
0255
0256
0257
0258
0259
0260
0261
0262
0263
0264
0265
0266
0267
0268
0269
0270
0271
0272
0273
0274
0275
0276
0277
0278
0279
0280
0281
0282
0283
0284
0285
0286
0287
0288
0289
0290
0291
0292
0293
0294
0295
0296
0297
0298
0299
0300
0301
0302
0303
0304
0305
0306
0307
0308
0309
0310
0311
0312
0313
0314
0315
0316
0317
0318
0319
0320
0321
0322
0323
0324
0325
0326
0327
0328
0329
0330
0331
0332
0333
0334
0335
0336
0337
0338
0339
0340
0341
0342
0343
0344
0345
0346
0347
0348
0349
0350
0351
0352
0353
0354
0355
0356
0357
0358
0359
0360
0361
0362
0363
0364
0365
0366
0367
0368
0369
0370
0371
0372
0373
0374
0375
0376
0377
0378
0379
0380
0381
0382
0383
0384
0385
0386
0387
0388
0389
0390
0391
0392
0393
0394
0395
0396
0397
0398
0399
0400
0401
0402
0403
0404
0405
0406
0407
0408
0409
0410
0411
0412
0413
0414
0415
0416
0417
0418
0419
0420
0421
0422
0423
0424
0425
0426
0427
0428
0429
0430
0431
0432
0433
0434
0435
0436
0437
0438
0439
0440
0441
0442
0443
0444
0445
0446
0447
0448
0449
0450
0451
0452
0453
0454
0455
0456
0457
0458
0459
0460
0461
0462
0463
0464
0465
0466
0467
0468
0469
0470
0471
0472
0473
0474
0475
0476
0477
0478
0479
0480
0481
0482
0483
0484
0485
0486
0487
0488
0489
0490
0491
0492
0493
0494
0495
0496
0497
0498
0499
0500
0501
0502
0503
0504
0505
0506
0507
0508
0509
0510
0511
0512
0513
0514
0515
0516
0517
0518
0519
0520
0521
0522
0523
0524
0525
0526
0527
0528
0529
0530
0531
0532
0533
0534
0535
0536
0537
0538
0539
0540
0541
0542
0543
0544
0545
0546
0547
0548
0549
0550
0551
0552
0553
0554
0555
0556
0557
0558
0559
0560
0561
0562
0563
0564
0565
0566
0567
0568
0569
0570
0571
0572
0573
0574
0575
0576
0577
0578
0579
0580
0581
0582
0583
0584
0585
0586
0587
0588
0589
0590
0591
0592
0593
0594
0595
0596
0597
0598
0599
0600
0601
0602
0603
0604
0605
0606
0607
0608
0609
0610
0611
0612
0613
0614
0615
0616
0617
0618
0619
0620
0621
0622
0623
0624
0625
0626
0627
0628
0629
0630
0631
0632
0633
0634
0635
0636
0637
0638
0639
0640
0641
0642
0643
0644
0645
0646
0647
0648
0649
0650
0651
0652
0653
0654
0655
0656
0657
0658
0659
0660
0661
0662
0663
0664
0665
0666
0667
0668
0669
0670
0671
0672
0673
0674
0675
0676
0677
0678
0679
0680
0681
0682
0683
0684
0685
0686
0687
0688
0689
0690
0691
0692
0693
0694
0695
0696
0697
0698
0699
0700
0701
0702
0703
0704
0705
0706
0707
0708
0709
0710
0711
0712
0713
0714
0715
0716
0717
0718
0719
0720
0721
0722
0723
0724
0725
0726
0727
0728
0729
0730
0731
0732
0733
0734
0735
0736
0737
0738
0739
0740
0741
0742
0743
0744
0745
0746
0747
0748
0749
0750
0751
0752
0753
0754
0755
0756
0757
0758
0759
0760
0761
0762
0763
0764
0765
0766
0767
0768
0769
0770
0771
0772
0773
0774
0775
0776
0777
0778
0779
0780
0781
0782
0783
0784
0785
0786
0787
0788
0789
0790
0791
0792
0793
0794
0795
0796
0797
0798
0799
0800
0801
0802
0803
0804
0805
0806
0807
0808
0809
0810
0811
0812
0813
0814
0815
0816
0817
0818
0819
0820
0821
0822
0823
0824
0825
0826
0827
0828
0829
0830
0831
0832
0833
0834
0835
0836
0837
0838
0839
0840
0841
0842
0843
0844
0845
0846
0847
0848
0849
0850
0851
0852
0853
0854
0855
0856
0857
0858
0859
0860
0861
0862
0863
0864
0865
0866
0867
0868
0869
0870
0871
0872
0873
0874
0875
0876
0877
0878
0879
0880
0881
0882
0883
0884
0885
0886
0887
0888
0889
0890
0891
0892
0893
0894
0895
0896
0897
0898
0899
0900
0901
0902
0903
0904
0905
0906
0907
0908
0909
0910
0911
0912
0913
0914
0915
0916
0917
0918
0919
0920
0921
0922
0923
0924
0925
0926
0927
0928
0929
0930
0931
0932
0933
0934
0935
0936
0937
0938
0939
0940
0941
0942
0943
0944
0945
0946
0947
0948
0949
0950
0951
0952
0953
0954
0955
0956
0957
0958
0959
0960
0961
0962
0963
0964
0965
0966
0967
0968
0969
0970
0971
0972
0973
0974
0975
0976
0977
0978
0979
0980
0981
0982
0983
0984
0985
0986
0987
0988
0989
0990
0991
0992
0993
0994
0995
0996
0997
0998
0999
1000
```

Рисунок 3.18 – Верифікатор прикладного ПАККЕКВ А0, який реалізує процес керування КЕКВ

На рисунку 3.19 показано верифікатор прикладного ПАККЕКВ А1, який реалізує процес керування бойлером у КЕКВ.

ПАККЕКВ А1 відповідає за керування бойлером у САККЕКВ. Перед початком роботи ПАККЕКВ запускає перевірку справності компонентів бойлера у

КЕКВ, а саме обидва ТЕНи та вхідний й вихідний ЕКМ. Наступним кроком ПАККЕКВ набирає воду із РдВ та нагріває її до утворення пари. Окрім цього, ПАККЕКВ керує підігрівом уже готового напою. У випадку виникнення помилки – ПАККЕКВ переходить в аварійний (НС) стан й надсилає сигнал до ПАККЕКВ А0.

На рисунку 3.20 показано верифікатор прикладного ПАККЕКВ А2, який реалізує процес керування першим ТЕНом КЕКВ.

```

0001 FUNCTION_BLOCK A1
0002 VAR_INPUT
0003     LEVELSENSORLOWA1, LEVELSENSORHIGA1, STARTBOILERA1, STOPBOILERA1, ERRORTEN1A1, ERRORTEN2A1: BOOL;
0004     TEMPERATUREA1: REAL; NUMBERCUPSA1: INT;
0005     ERROROPENCLAPAN1A1, ERRORCLOSECLAPAN1A1, ERROROPENCLAPAN2A1, ERRORCLOSECLAPAN2A1: BOOL;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008     SWITCHONTEN1A1, SWITCHOFFTEN1A1, RESETERRORTEN1A1, SWITCHONTEN2A1, SWITCHOFFTEN2A1, RESETERRORTEN2A1,
0009     SWITCHONCLAPAN1A1, SWITCHOFFCLAPAN1A1, RESETERRORCLAPAN1A1,
0010     SWITCHONCLAPAN2A1, SWITCHOFFCLAPAN2A1, RESETERRORCLAPAN2A1: BOOL;
0011     READYA1: BOOL;
0012     STARTTEMPERATUREREGULATORA1, STOPTEMPERATUREREGULATORA1: BOOL;
0013 END_VAR
0014 VAR
0015     TD1 TD2 TD3 TD4 TD5 TD6 TD7 TD8 TD9 TD10 TD11 TD12 TD13 TD14 TD15 TD16 TD17 TD18 TD19 TD20 TD21 TD22 TD23 TD24: BOOL;
0016 <
0001 TR1:=ST1 AND STARTBOILERA1;
0002 TR2:=ST2 AND TIMERPODOGREV.Q;
0003 TR3:=ST3 AND LEVELSENSORLOWA1 AND (COUNTERPORTIONS=>NUMBERCUPSA1) AND NOT ERROROPENCLAPAN1A1 AND NOT ERROROPENCLAPAN2A1 AND TIMERERRORCLOSECLAPAN1A1.Q;
0004 TR4:=ST4 AND TIMERWATERSUPPLY.Q;
0005 TR5:=ST5 AND TIMERBOILWATER.Q;
0006 TR6:=ST6 AND TIMERSTEAM.Q;
0007 TR7:=ST2 AND STOPBOILERA1;
0008 TR8:=ST2 AND (ERRORTEN1A1 OR ERRORTEN2A1);
0009 TR9:=ST7 AND STOPBOILERA1;
0010 TR10:=ST3 AND (ERROROPENCLAPAN1A1 OR ERROROPENCLAPAN2A1 OR ERRORCLOSECLAPAN1A1 OR ERRORCLOSECLAPAN2A1);
0011 TR11:=ST3 AND (COUNTERPORTIONS=NUMBERCUPSA1);
0012 TR12:=ST8 AND STOPBOILERA1;
0013 TR13:=ST3 AND NOT LEVELSENSORLOWA1;
0014 TR14:=ST9 AND LEVELSENSORHIGA1;
0015 TR15:=ST3 AND STOPBOILERA1;
0016 TR16:=ST4 AND STOPBOILERA1;
0017 TR17:=ST5 AND STOPBOILERA1;
0018 TR18:=ST6 AND STOPBOILERA1;
0019 TR19:=ST9 AND STOPBOILERA1;
0020 TR20:=ST10 AND COUNTERCONTROLST10=1;
0021 TR21:=ST4 AND (ERROROPENCLAPAN1A1 OR ERROROPENCLAPAN2A1 OR ERRORCLOSECLAPAN1A1);
0022 TR22:=ST5 AND (ERRORCLOSECLAPAN1A1 OR ERROROPENCLAPAN2A1);
0023 TR23:= ST6 AND ERROROPENCLAPAN2A1;
0024 TR24:=ST11 AND TIMERERRORCLOSECLAPAN2A1.Q;
0025
0026 ST1:=(ST1 OR TR7 OR TR9 OR TR12 OR TR15 OR TR16 OR TR17 OR TR18 OR TR19) AND NOT TR1;
0027 ST2:=(ST2 OR TR1 OR TR14) AND NOT TR2 AND NOT TR7 AND NOT TR8;
0028 ST3:=(ST3 OR TR2 OR TR24 OR TR21) AND NOT TR3 AND NOT TR11 AND NOT TR13 AND NOT TR15;
0029 ST4:=(ST4 OR TR3 OR TR22) AND NOT TR4 AND NOT TR16 AND NOT TR21;
0030 ST5:=(ST5 OR TR4 OR TR23) AND NOT TR5 AND NOT TR17 AND NOT TR22;
0031 ST6:=(ST6 OR TR5) AND NOT TR6 AND NOT TR18 AND NOT TR23;
0032 ST7:=(ST7 OR TR8 OR TR10) AND NOT TR9;
0033 ST8:=(ST8 OR TR11) AND NOT TR12;
0034 ST9:=(ST9 OR TR13) AND NOT TR14 AND NOT TR19;
0035 ST10:=(ST10 OR TR6) AND NOT TR20;
0036 ST11:=(ST11 OR TR20) AND NOT TR24;
0037
0038 SWITCHONTEN1A1:=ST2 OR ST3 OR ST4 OR ST5 OR ST6 OR ST10 OR ST11;
0039 <

```

Рисунок 3.19 – Верифікатор прикладного ПАККЕКВ А1, який реалізує процес керування бойлером у КЕКВ

ПАККЕКВ А2 відповідає за керування САККЕКВ нагрівання води у бойлері, використовуючи компонент – ТЕН 1. ПАККЕКВ отримує сигнали запуску та

зупинки та передає сигнал про помилку в ПАККЕКВ А0 у випадку виникнення аварійного (НС) стану.

```

0001 FUNCTION_BLOCK A2
0002 VAR_INPUT
0003     TEMPERATURESENSOR A2: REAL;
0004     STARTTEN1A2, STOPTEN1A2, RESETEERRORTEN1A2: BOOL;
0005 END_VAR
0006 VAR_OUTPUT
0007     SWICHTEN1A2, ERRORTEN1A2 : BOOL;
0008 END_VAR
0009 VAR
0010     TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8: BOOL;
0011     ST1: BOOL:=TRUE;
0012     ST2,ST3,ST4,ST5: BOOL;
0013     TIMERDELAYWARMINGUP: TON;
0014     TR9: BOOL;
0015 END_VAR
0016
0001 TR1:=ST1 AND STARTTEN1A2;
0002 TR2:=ST2 AND (TEMPERATURESENSOR A2>=90);
0003 TR3:=ST3 AND (TEMPERATURESENSOR A2>120);
0004 TR4:=ST2 AND STOPTEN1A2;
0005 TR5:=ST3 AND STOPTEN1A2;
0006 TR6:=ST4 AND STOPTEN1A2;
0007 TR7:=ST4 AND (TEMPERATURESENSOR A2<=120) AND (TEMPERATURESENSOR A2>=90);
0008 TR8:=ST2 AND TIMERDELAYWARMINGUP.Q AND (TEMPERATURESENSOR A2<90);
0009 TR9:=ST5 AND RESETEERRORTEN1A2;
0010
0011 ST1:=(ST1 OR TR4 OR TR5 OR TR6 OR TR9) AND NOT TR1;
0012 ST2:=(ST2 OR TR1) AND NOT TR2 AND NOT TR4 AND NOT TR8;
0013 ST3:=(ST3 OR TR2 OR TR7) AND NOT TR3 AND NOT TR5;
0014 ST4:=(ST4 OR TR3) AND NOT TR6 AND NOT TR7;
0015 ST5:=(ST5 OR TR8) AND NOT TR9;
0016
0017 SWICHTEN1A2:=ST2 OR ST3;
0018 ERRORTEN1A2:=ST5;
0019
0020 IF(ST2) THEN
0021     TIMERDELAYWARMINGUP(IN:=ST2, PT:=T#20s);
0022 END_IF;
0023 IF (ST3) THEN
0024     TIMERDELAYWARMINGUP(IN:=FALSE, PT:=T#20s);
0025 END_IF;
0026 IF (ST5) THEN
0027     TIMERDELAYWARMINGUP(IN:=FALSE, PT:=T#20s);
0028 END_IF;
0029

```

Рисунок 3.20 – Верифікатор прикладного ПАККЕКВ А2, який реалізує процес керування першим ТЕНом КЕКВ.

На рисунку 3.21 показано верифікатор прикладного ПАККЕКВ А3, який реалізує процес керування другим ТЕНОм КЕКВ.

```

0001 FUNCTION_BLOCK A3
0002 VAR_INPUT
0003     TEMPERATURESENSORA3:REAL;
0004     STARTTEN2A3, STOPTEN2A3, RESETERRORTEN2A3:BOOL;
0005 END_VAR
0006 VAR_OUTPUT
0007     SWICHTEN2A3, ERRORTEN2A3 :BOOL;
0008 END_VAR
0009 VAR
0010     TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8: BOOL;
0011     ST1:BOOL:=TRUE;
0012     ST2,ST3,ST4,ST5: BOOL;
0013     TIMERDELAYWARMINGUP: TON;
0014     TR9: BOOL;
0015 END_VAR
0016
0001 TR1:=ST1 AND STARTTEN2A3;
0002 TR2:=ST2 AND (TEMPERATURESENSORA3>=90);
0003 TR3:=ST3 AND (TEMPERATURESENSORA3>120);
0004 TR4:=ST2 AND STOPTEN2A3;
0005 TR5:=ST3 AND STOPTEN2A3;
0006 TR6:=ST4 AND STOPTEN2A3;
0007 TR7:=ST4 AND (TEMPERATURESENSORA3<=120) AND (TEMPERATURESENSORA3>=90);
0008 TR8:=ST2 AND TIMERDELAYWARMINGUP.Q AND (TEMPERATURESENSORA3<90);
0009 TR9:=ST5 AND RESETERRORTEN2A3;
0010
0011 ST1:=(ST1 OR TR4 OR TR5 OR TR6 OR TR9) AND NOT TR1;
0012 ST2:=(ST2 OR TR1) AND NOT TR2 AND NOT TR4 AND NOT TR8;
0013 ST3:=(ST3 OR TR2 OR TR7) AND NOT TR3 AND NOT TR5;
0014 ST4:=(ST4 OR TR3) AND NOT TR6 AND NOT TR7;
0015 ST5:=(ST5 OR TR8) AND NOT TR9;
0016
0017 SWICHTEN2A3:=ST2 OR ST3;
0018 ERRORTEN2A3:=ST5;
0019
0020 IF(ST2) THEN
0021     TIMERDELAYWARMINGUP(IN:=ST2, PT:=T#20s);
0022 END_IF;
0023 IF (ST3) THEN
0024     TIMERDELAYWARMINGUP(IN:=FALSE, PT:=T#20s);
0025 END_IF;
0026 IF (ST5) THEN
0027     TIMERDELAYWARMINGUP(IN:=FALSE, PT:=T#20s);
0028 END_IF;
0029
0030
0031

```

Рисунок 3.21 – Верифікатор прикладного ПАККЕКВ А3, який реалізує процес керування другим ТЕНОм КЕКВ.

На рисунку 3.22 показано верифікатор прикладного ПАККЕКВ А4, який реалізує процес керування перший (вхідним) ЕМК КЕКВ.

```

0001 FUNCTION_BLOCK A4
0002 VAR_INPUT
0003     POSITIONSENSOROPENVALVE1A4, POSITIONSENSORCLOSEVALVE1A4:BOOL;
0004     OPENVALVE1A4, CLOSEVALVE1A4, RESETEERRORVALVE1A4:BOOL;
0005 END_VAR
0006 VAR_OUTPUT
0007     SWICHTOPENVALVE1A4, SWICHTCLOSEVALVE1A4, ERRORVALVE1A4:BOOL;
0008 END_VAR
0009 VAR
0010     TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7:BOOL;
0011     ST1:BOOL:=TRUE; ST2,ST3,ST4,ST5:BOOL;
0012     TIMERDELAYOPENVALVE1A4, TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4:TON;
0013 END_VAR
0014
0001 TR1:=ST1 AND OPENVALVE1A4;
0002 TR2:=ST2 AND POSITIONSENSOROPENVALVE1A4;
0003 TR3:=ST3 AND CLOSEVALVE1A4;
0004 TR4:=ST4 AND POSITIONSENSORCLOSEVALVE1A4;
0005 TR5:=ST2 AND TIMERDELAYOPENVALVE1A4.Q;
0006 TR6:=ST4 AND TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4.Q;
0007 TR7:=ST5 AND RESETEERRORVALVE1A4;
0008
0009 ST1:=(ST1 OR TR4 OR TR7) AND NOT TR1;
0010 ST2:=(ST2 OR TR1) AND NOT TR2 AND NOT TR5;
0011 ST3:=(ST3 OR TR2) AND NOT TR3;
0012 ST4:=(ST4 OR TR3) AND NOT TR4 AND NOT TR6;
0013 ST5:=(ST5 OR TR5 OR TR6) AND NOT TR7;
0014
0015 SWICHTOPENVALVE1A4:=ST2;
0016 SWICHTCLOSEVALVE1A4:=ST4;
0017 ERRORVALVE1A4:=ST5;
0018
0019 IF (ST1) THEN
0020     TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4(IN:=FALSE, PT:=T#15s);
0021 END_IF;
0022 IF (ST2) THEN
0023     TIMERDELAYOPENVALVE1A4(IN:=ST2, PT:=T#15s);
0024 END_IF;
0025 IF (ST3) THEN
0026     TIMERDELAYOPENVALVE1A4(IN:=FALSE, PT:=T#15s);
0027 END_IF;
0028 IF (ST4) THEN
0029     TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4(IN:=ST4, PT:=T#15s);
0030 END_IF;
0031 IF (ST5) THEN
0032     TIMERDELAYOPENVALVE1A4(IN:=FALSE, PT:=T#10s);
0033     TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4(IN:=FALSE, PT:=T#10s);
0034 END_IF;
0035

```

Рисунок 3.22 – Верифікатор прикладного ПАККЕКВ А4, який реалізує процес керування вхідним ЕМК КЕКВ.

На рисунку 3.23 показано верифікатор прикладного ПАККЕКВ А3, який реалізує процес керування другим(вихідним) ЕМК КЕКВ.

```

0001 FUNCTION_BLOCK A5
0002 VAR_INPUT
0003     POSITIONSENSOROPENVALVE2A5, POSITIONSENSORCLOSEVALVE2A5:BOOL;
0004     OPENVALVE2A5, CLOSEVALVE2A5, RESETERRORVALVE2A5:BOOL;
0005 END_VAR
0006 VAR_OUTPUT
0007     SWICHTOPENVALVE2A5, SWICHTCLOSEVALVE2A5, ERRORVALVE2A5:BOOL;
0008 END_VAR
0009 VAR
0010     TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7:BOOL;
0011     ST1:BOOL:=TRUE; ST2,ST3,ST4,ST5:BOOL;
0012     TIMERDELAYOPENVALVE2A5, TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5:TON;
0013 END_VAR
0014
0001 TR1:=ST1 AND OPENVALVE2A5;
0002 TR2:=ST2 AND POSITIONSENSOROPENVALVE2A5;
0003 TR3:=ST3 AND CLOSEVALVE2A5;
0004 TR4:=ST4 AND POSITIONSENSORCLOSEVALVE2A5;
0005 TR5:=ST2 AND TIMERDELAYOPENVALVE2A5.Q;
0006 TR6:=ST4 AND TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5.Q;
0007 TR7:=ST5 AND RESETERRORVALVE2A5;
0008
0009 ST1:=(ST1 OR TR4 OR TR7) AND NOT TR1;
0010 ST2:=(ST2 OR TR1) AND NOT TR2 AND NOT TR5;
0011 ST3:=(ST3 OR TR2) AND NOT TR3;
0012 ST4:=(ST4 OR TR3) AND NOT TR4 AND NOT TR6;
0013 ST5:=(ST5 OR TR5 OR TR6) AND NOT TR7;
0014
0015 SWICHTOPENVALVE2A5:=ST2;
0016 SWICHTCLOSEVALVE2A5:=ST4;
0017 ERRORVALVE2A5:=ST5;
0018
0019
0020 IF (ST1) THEN
0021     TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5(IN:=FALSE, PT:=T#15s);
0022 END_IF;
0023 IF (ST2) THEN
0024     TIMERDELAYOPENVALVE2A5(IN:=ST2, PT:=T#15s);
0025 END_IF;
0026 IF (ST3) THEN
0027     TIMERDELAYOPENVALVE2A5(IN:=FALSE, PT:=T#15s);
0028 END_IF;
0029 IF (ST4) THEN
0030     TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5(IN:=ST4, PT:=T#15s);
0031 END_IF;
0032 IF (ST5) THEN
0033     TIMERDELAYOPENVALVE2A5(IN:=FALSE, PT:=T#15s);
0034     TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5(IN:=FALSE, PT:=T#15s);
0035 END_IF;
0036
0037

```

Рисунок 3.23 – Верифікатор прикладного ПАККЕКВ А5, який реалізує процес керування вихідним ЕМК КЕКВ.

ПАККЕКВ А3 керує компонентом ТЕН 2 у САККЕКВ та відповідає за функцію підігріву готового кавового напою в колбі КЕКВ. ПАККЕКВ отримує сигнали запуску та зупинки й передає сигнал про помилку в ПАККЕКВ А0 у випадку виникнення аварійного (НС) стану.

ПАККЕКВ А4 керує компонентом САККЕКВ вхідним ЕКМ та відповідає за постачання води із РдВ до бойлера. ПАККЕКВ отримує сигнали зміни положення ЕКМ від ПАККЕКВ А1. У випадку виникнення аварійного (НС) стану ПАККЕКВ передає сигнал до ПАККЕКВ А0.

ПАККЕКВ А5 керує компонентом САККЕКВ вихідним ЕКМ та відповідає за випускання пари із бойлера до фільтру КЕКВ, в якому знаходиться мелена кава. ПАККЕКВ отримує сигнали зміни положення ЕКМ від ПАККЕКВ А1. У випадку виникнення аварійного (НС) стану ПАККЕКВ передає сигнал до ПАККЕКВ А0.

3.3 Розробка прикладної програми керування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою на платформі Arduino

Задля розробки прикладної програми для САККЕКВ, було вирішено використати платформу Arduino IDE. Вибір впав саме на нього завдяки простоті програмування та великій кількості бібліотек в вільному доступі, що значно спрощує процес розробки САККЕКВ. Arduino IDE дозволяє швидко протестувати та вчасно налагодити програму, що робить САККЕКВ більш ефективною. Окрім того, використання цієї платформи (Arduino IDE) забезпечує високу гнучкість і можливість розширення функціоналу САККЕКВ у майбутньому.

На рисунку 3.24 показано програмний код прикладного ПАККЕКВ А0, який реалізує процес керування КЕКВ. Програмний код зчитує вхідні сигнали ПАККЕКВ А0 та виконує переходи, описані системою логічних рівнянь переходів (3.3 – 3.20) до відповідних станів ПАККЕКВ, що зображені на рисунку 3.6.

На рисунку 3.25 показано програмний код прикладного ПАККЕКВ А1, який реалізує процес керування бойлером КЕКВ. Програмний код зчитує вхідні сигнали ПАККЕКВ А1 та виконує переходи, описані системою логічних рівнянь переходів (3.32 – 3.55) до відповідних станів ПАККЕКВ, що зображені на рисунку 3.8.

На рисунку 3.26 показано програмний код прикладного ПАККЕКВ А2, який реалізує процес керування першим ТЕНОм КЕКВ. Програмний код зчитує вхідні сигнали ПАККЕКВ А2 та виконує переходи, описані системою логічних рівнянь переходів (3.80 – 3.88) до відповідних станів ПАККЕКВ, що зображені на рисунку 3.10.

```
A2.ino
1  boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5;
2  boolean TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9;
3  boolean STARTTEN1A2,STOPTEN1A2,TEMPERATURESENSORA2,RESETEERRORTEN1A2,TIMERDELAYWARMINGUP;
4  boolean SWITCHTEN1A2,ERRORTEN1A2;
5
6  void setup() {
7      ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false;
8      TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false; TR5=false;
9      TR6=false; TR7=false; TR8=false; TR9=false;
10 }
11
12 void loop() {
13
14     TR1=ST1&STARTTEN1A2;
15     TR2=ST2&(TEMPERATURESENSORA2>=90);
16     TR3=ST3&(TEMPERATURESENSORA2>120);
17     TR4=ST2&STOPTEN1A2;
18     TR5=ST3&STOPTEN1A2;
19     TR6=ST4&STOPTEN1A2;
20     TR7=ST4&(TEMPERATURESENSORA2<=120)&(TEMPERATURESENSORA2>=90);
21     TR8=ST2&TIMERDELAYWARMINGUP&(TEMPERATURESENSORA2<90);
22     TR9=ST5&RESETEERRORTEN1A2;
23
24     ST1=(ST1|TR4|TR5|TR6|TR9)&~TR1;
25     ST2=(ST2|TR1)&~TR2&~TR4&~TR8;
26     ST3=(ST3|TR2|TR7)&~TR3&~TR5;
27     ST4=(ST4|TR3)&~TR6&~TR7;
28     ST5=(ST5|TR8)&~TR9;
29
30     SWITCHTEN1A2=ST2|ST3;
31     ERRORTEN1A2=ST5;
```

Рисунок 3.26 – Програмний код прикладного ПАККЕКВ А2, який реалізує процес керування першим ТЕНОм КЕКВ

На рисунку 3.27 показано програмний код прикладного ПАККЕКВ А3, який реалізує процес керування другим ТЕНОм КЕКВ. Програмний код зчитує вхідні сигнали ПАККЕКВ А3 та виконує переходи, описані системою логічних рівнянь переходів (3.96 – 3.109) до відповідних станів ПАККЕКВ, що зображені на рисунку 3.12.

```
A3.ino
1  boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5;
2  boolean TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9;
3  boolean SWITCHTEN2A3,ERRORTEN2A3;
4  boolean STARTTEN2A3,STOPTEN2A3,TEMPERATURESENSORA3,TIMERDELAYWARMINGUP,RESETERRORTEN2A3;
5
6  void setup() {
7      ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false;
8      TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false;
9      TR5=false; TR6=false; TR7=false; TR8=false; TR9=false;
10 }
11
12 void loop() {
13
14 TR1=ST1&STARTTEN2A3;
15 TR2=ST2&(TEMPERATURESENSORA3>=90);
16 TR3=ST3&(TEMPERATURESENSORA3>120);
17 TR4=ST2&STOPTEN2A3;
18 TR5=ST3&STOPTEN2A3;
19 TR6=ST4&STOPTEN2A3;
20 TR7=ST4&(TEMPERATURESENSORA3<=120)&(TEMPERATURESENSORA3>=90);
21 TR8=ST2&TIMERDELAYWARMINGUP&(TEMPERATURESENSORA3<90);
22 TR9=ST5&RESETERRORTEN2A3;
23
24 ST1=(ST1|TR4|TR5|TR6|TR9)&~TR1;
25 ST2=(ST2|TR1)&~TR2&~TR4&~TR8;
26 ST3=(ST3|TR2|TR7)&~TR3&~TR5;
27 ST4=(ST4|TR3)&~TR6&~TR7;
28 ST5=(ST5|TR8)&~TR9;
29
30 SWITCHTEN2A3=ST2|ST3;
31 ERRORTEN2A3=ST5;
```

Рисунок 3.27 – Програмний код прикладного ПАККЕКВ А3, який реалізує процес керування другим ТЕНОм КЕКВ

На рисунку 3.28 показано програмний код прикладного ПАККЕКВ А4, який реалізує процес керування вхідним ЕМК КЕКВ. Програмний код зчитує вхідні сигнали ПАККЕКВ А4 та виконує переходи, описані системою логічних рівнянь переходів (3.112 – 3.118) до відповідних станів ПАККЕКВ, що зображені на рисунку 3.14.

```

1  boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5;
2  boolean TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7;
3  boolean TIMERDELAYOPENVALVE1A4,TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4,RESETEERRORVALVE1A4;
4  boolean SWITCHTOPENVALVE1A4,SWITCHTCLOSEVALVE1A4,ERRORVALVE1A4;
5  boolean OPENVALVE1A4,CLOSEVALVE1A4,POSITIONSENSOROPENVALVE1A4,POSITIONSENSORCLOSEVALVE1A4;
6
7  void setup() {
8      ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false;
9      TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false;
10     TR5=false; TR6=false; TR7=false;
11 }
12
13 void loop() {
14
15     TR1=ST1&OPENVALVE1A4;
16     TR2=ST2&POSITIONSENSOROPENVALVE1A4;
17     TR3=ST3&CLOSEVALVE1A4;
18     TR4=ST4&POSITIONSENSORCLOSEVALVE1A4;
19     TR5=ST2&TIMERDELAYOPENVALVE1A4;
20     TR6=ST4&TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4;
21     TR7=ST5&RESETEERRORVALVE1A4;
22
23     ST1=(ST1|TR4|TR7)&~TR1;
24     ST2=(ST2|TR1)&~TR2&~TR5;
25     ST3=(ST3|TR2)&~TR3;
26     ST4=(ST4|TR3)&~TR4&~TR6;
27     ST5=(ST5|TR5|TR6)&~TR7;
28

```

Рисунок 3.28 – Програмний код прикладного ПАККЕКВ А4, який реалізує процес керування вхідним ЕМК КЕКВ

```

А0.1110
1  boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5;
2  boolean TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7;
3  boolean SWITCHTOPENVALVE2A5,SWITCHTCLOSEVALVE2A5,ERRORVALVE2A5;
4  boolean OPENVALVE2A5,CLOSEVALVE2A5,POSITIONSENSOROPENVALVE2A5,POSITIONSENSORCLOSEVALVE2A5;
5  boolean TIMERDELAYOPENVALVE2A5,TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5,RESETEERRORVALVE2A5;
6
7  void setup() {
8      ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false;
9      TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false;
10     TR5=false; TR6=false; TR7=false;
11 }
12
13 void loop() {
14
15     TR1=ST1&OPENVALVE2A5;
16     TR2=ST2&POSITIONSENSOROPENVALVE2A5;
17     TR3=ST3&CLOSEVALVE2A5;
18     TR4=ST4&POSITIONSENSORCLOSEVALVE2A5;
19     TR5=ST2&TIMERDELAYOPENVALVE2A5;
20     TR6=ST4&TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5;
21     TR7=ST5&RESETEERRORVALVE2A5;
22
23     ST1=(ST1|TR4|TR7)&~TR1;
24     ST2=(ST2|TR1)&~TR2&~TR5;
25     ST3=(ST3|TR2)&~TR3;
26     ST4=(ST4|TR3)&~TR4&~TR6;
27     ST5=(ST5|TR5|TR6)&~TR7;
28

```

Рисунок 3.29 – Програмний код прикладного ПАККЕКВ А5, який реалізує процес керування вихідним ЕМК КЕКВ

На рисунку 3.29 показано програмний код прикладного ПАККЕКВ А5, який реалізує процес керування вихідним ЕМК КЕКВ. Програмний код зчитує вхідні сигнали ПАККЕКВ А5 та виконує переходи, описані системою логічних рівнянь переходів (3.127 – 3.141) до відповідних станів ПАККЕКВ, що зображені на рисунку 3.16.

3.4 Висновки до третього розділу

У даному розділі було розроблено алгоритм керування САККЕКВ, який включає в себе застосування SWITCH-технології (автоматний підхід до створення ПЗ), а саме модель (ПАККЕКВ) програмування автомата Мура, метод ГП, логічні системи станів А0-А5 ПАККЕКВ, логічні системи переходів для цих станів А0-А5 ПАККЕКВ, логічні системи виходів А0-А5 ПАККЕКВ.

За допомогою середовища проектування CoDeSys здійснено проектування прикладного застосунку (програми) САККЕКВ для ПАККЕКВ А0-А5.

Розробку прикладного програмного забезпечення САККЕКВ було виконано на платформі Arduino IDE.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто різні особливості, які тісно пов'язані із проектуванням САККЕКВ, розробкою програмного забезпечення САККЕКВ та власне самим програмним забезпеченням САККЕКВ, наведено інформацію про уже існуючі КВ та їх ознайомлено із їх особливостями, із компонентів, власне, складається САККЕКВ, а також проектування та програмне забезпечення САККЕКВ для ПАККЕКВ.

У першому розділі було проведено аналіз об'єкту автоматизації (КЕКВ) та досліджено уже існуючі системи керування (САККЕКВ), розглянуто та описано види кавових пристроїв, а також було розглянуто будову та принцип роботи КЕКВ. Окрім цього було описано типові помилки, які виникають під час роботи КЕКВ та сформульовано задачі на проектування САККЕКВ.

У другому розділі було розроблено структурну схему САККЕКВ на основі об'єкту автоматизації (КЕКВ), у САККЕКВ підбрано та описано усі основні технічні засоби та обґрунтовано їх вибір: МККЛ Arduino UNO або Arduino Nano , два ДРВР моделі K-0135, ДТ моделі DS18B20, ТМД моделі SC133 із додатковим АЦП моделі НХ711, ТЕН 1 моделі ХВ628 (650 Вт) KW714472 та ТЕН 2 моделі DeLonghi 1000 Вт 225,а також два ЕМК моделі 06000ВН-K5FV IRN001UN та інтерфейс користувача. Орім того було розроблено схеми з'єднань МККЛ системи із іншими технічними засобами у САККЕКВ

У третьому розділі було розроблено алгоритм керування САККЕКВ, який включає в себе застосування SWITCH-технології (автоматний підхід до створення ПЗ), а саме модель (ПАККЕКВ) програмування автомата Мура, метод ГП, логічні системи станів А0-А5 ПАККЕКВ, логічні системи переходів для цих станів А0-А5 ПАККЕКВ, логічні системи виходів А0-А5 ПАККЕКВ. Було здійснено проектування прикладного застосунку (програми) САККЕКВ для ПАККЕКВ А0-А5 за допомогою середовища проектування CoDeSys, а також було виконано розробку прикладного програмного забезпечення САККЕКВ на платформі Arduino IDE

					КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		100

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Карнаушенко А.С. Кавова індустрія в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку. Приазовський економічний вісник. 2020. Вип. 2 № (19). С. 103–109. Режим доступу до ресурсу: http://pev.kpu.zp.ua/journals/2020/2_19_ukr/20.pdf
2. Coffee Machine Market Size, Share & Trend Analysis Report By Product Type (Drip/Filter, Pod/Capsule, Espresso, Bean-to-Cup), By Application (Commercial, Residential), By Region, And Segment Forecasts, 2023 - 2030. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/coffee-machine-market/segmentation>
3. Схема і принцип роботи професійної кавомашини. [Електронний ресурс] // Bezzera. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://bezzera.com.ua/shema-i-pryntsyp-roboty-profesijnoyi-kavomashyny/>
4. PLC Human Machine-Interfaces Based System for Vietnam Drip Coffee Maker Application / Mardiyah, A. Nur, H. A., H. Amrul. // Universitas Muhammadiyah Malang. – 2018. – №3. – С. 35–44.
5. Pelatihan Pembuatan Kopi Sederhana Dengan Metode Kopi Tubruk Dan Drip Coffee / Situmorang, Jimmy MH, et al. // Jurnal Pengabdian Masyarakat Mitra Kreasi Cendekia (MKS). – 2023. – №1.2. – С. 56–60.
6. Design System of Coffee Maker with Manual Brew Method and Coffee Sales Monitoring / Nugrahaini, Narulita Dwi, Mila Kusumawardani, and Abdul Rasyid. // Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi). – 2023. – №13.1. – С. 43–50.
7. Як працює гейзерна кавоварка та як правильно заварювати каву. [Електронний ресурс] // МАКІТРА.UA. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://makitra.ua/ua/blogs/kak-ustroena-i-kak-rabotaet-geyzernaya-kofevarka>
8. Гейзерна кавоварка: як вибрати. [Електронний ресурс] // Міллз. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://mills.com.ua/ua/blog/sovety-pokupatelyam/geyzernaya-kofevarka-kak-vybrat/>

					КВРАКІТ.2020024.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		101

9. Design System of Coffee Maker with Manual Brew Method and Coffee Sales Monitoring / Nugrahaini, N. D., Kusumawardani, M., & Rasyid, A. // Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi). – 2023. – №13.1. – С. 43–50.
10. Гейзерні кавоварки: особливості конструкції та правила вибору. [Електронний ресурс] // Nova Poshta SHOPPING. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://npshopping.com/blog/geyser-coffee-makers>
11. Краплинна кавоварка: Простота та ефективність у кожній чашці. [Електронний ресурс] // ФІЛЬТРУЙ. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://feeltrui.coffee/krapelna-kavovarka-prostota-ta-efektyvnist-u-kozhnii-chashtsi/>
12. Coffee Capsule Impacts and Recovery Techniques: A Literature Review / Marinello, S., Balugani, E., & Gamberini, R. // Packaging Technology and Science. – 2021. – №34(11-12). – С. 665–682.
13. How to Make Coffee with a Drip Coffee Maker. [Електронний ресурс] // The Folger Coffee Company. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.folgerscoffee.com/coffee/how-to-guides/make-coffee>
14. How To Make Coffee in a Coffee Maker. [Електронний ресурс] // Trade. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.drinktrade.com/blogs/how-to/how-to-make-coffee-in-a-coffee-maker>
15. Environmental and Economic Sustainability Assessment of the Production and Consumption of Different Types of Coffee in the UK / Gosalvitr, P., Cuéllar-Franca, R. M., Smith, R., & Azapagic, A. // Sustainable Production and Consumption. – 2024.
16. Кавоварки: допомога у виборі для ароматної кави. [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин «Елмаг». – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://elmag.com.ua/uk/article/kofevarki-pomosch-v-vybore-dlya-aromatnogo-kofe?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
17. The Content of Polyphenols and Caffeine in Spent Coffee Grounds Obtained from Various Home Brewing Methods / MIŁEK, M., KŁOC, M., & DŹUGAN, M. // Żywnosc. – 2023. – №30(1).

18. Effect of Solid-Liquid Extraction in the Art of Preparing Fine Coffee Drinks (Coffea arabica L. var. Castillo) on the Antioxidant Activity in 28 Preparation Methods / Ormaza-Zapata, A. M., Díaz-Arango, F. O., & Rojano, B. A. // In Coffee Science. – CRC Press, 2022. – С. 111–127.

19. Кавоварка або кавомашина для дому: що краще. [Електронний ресурс] // Bezzera. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://bezzera.com.ua/kavovarka-abo-kavomashyna-dlya-domu-shho-krashhe/>

20. Щоб прокинутися з ранку. Огляд кавоварок для смачної кави. [Електронний ресурс] // Comfy. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://blog.comfy.ua/ua/shhob-prokinutitsya-z-ranku-oglyad-kavovarok-dlya-smachnoyi-kavi/>

21. Sensory Assessment of Gayo Arabica Coffee Taste Based on Various Varieties and Manual Brewing Devices / Fadhil, R., Nurba, D., & Sukmawati, E. // Coffee Science-ISSN 1984-3909. – 2021. – Т. 16.

22. Пристрій кавомашини: розбираємось у будові та принципі роботи кавомашини. [Електронний ресурс] // Ремонт на дому. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://nadomu.kiev.ua/ua/blog/ustrojstvo-kofemashinyi-kak-rabotaet-kofemashina/>

23. Краплинні або фільтраційні кавоварки. [Електронний ресурс] // Час пити каву. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <http://coffeetime.in.ua/kavomashini-ta-kavovarki/kraplinni-abo-filtracijni-kavovarki/>

24. Consumers' Perception of Different Brewed Coffee Extractions Using the Sorting Technique / Ferini, J. L., Morales, M. V., Da Silva, T. A., Pedreira, J. R. M., De Godoy, N. T., de Oliveira Garcia, A., & Tfouni, S. A. V. // Journal of Sensory Studies. – 2021. – №36(2).

25. Якими бувають сучасні кавоварки. [Електронний ресурс] // FurMe. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://furme.com.ua/index.php?route=information/uni_news&news_id=10

26. Крапельна кавоварка: принцип та механізм роботи. [Електронний ресурс] // Zavari Fresh Roasted. – 2022 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.zavari.ua/krapelna-kavovarka-pryntsyp-ta-mehanizm-roboty/>
27. Що таке крапельна кавоварка і як вона працює: варимо по краплях. [Електронний ресурс] // Braun. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://braun-shop.com.ua/ua/blog/chtotakoe-kapelnaya-kofevarka-i-kak-ona-rabotaet/>
28. Як влаштовані кавоварки: принцип дії 6 кавоварок. [Електронний ресурс] // MOYO.ua. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://www.moyo.ua/ua/news/kak_ustroeny_kofevarki_princip_deyistviya_6_kofemas_hin.html
29. The Effect of Espresso and Drip Brewing Coffee Method on the Hardness of Bulk-Fill Composite Resin / Atmani, R. W., Purbaningrum, D. A., Fulyani, F., & Batubara, L. // Jurnal Kedokteran Diponegoro (Diponegoro Medical Journal). – 2022. – №11(2). – С. 104–108.
30. Як вибрати кавоварку, кавомашину. [Електронний ресурс] // hotline. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://hotline.ua/ua/guides/yak-vibrati-kavovarku-kavomashinu/>
31. Design and Development of a Drip Irrigation System / Rambabu, G. V., Bridjesh, P., Kishore, N. P., & Sai, N. S. // Materials Today: Proceedings. – 2023.
32. Coffee Story: Unveiling Indigenous Delicacy Through Sensorial Transaction / Hirzan, F., & Yatmo, Y. A. // ARSNET. – 2021. – №1(2). – С. 152–165.
33. Що робити, якщо кавоварка не подає і не качає воду. [Електронний ресурс] // Skeleton. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://skeleton.ua/uk/articles/shho-robiti-yakshho-kavovarka-ne-podaye-i-ne-kachaye-vodu/>
34. Ремонт кавоварки своїми руками. [Електронний ресурс] // Мастер Плюс. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://master-plus.com.ua/ua/stati/remont-kofevarki-svoimi-rukami.html>
35. Основи грамотного догляду за кавомашиною. [Електронний ресурс] // Вікна. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://vikna.if.ua/cikavo/117644/view>

36. Кавоварка для дому: різновиди, особливості, критерії вибору. [Електронний ресурс] // ERC. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://erc.ua/erc-reviews/19195/kavovarka-dlia-domu-riznovidi-osoblivosti-kritieriyi-viboru>

37. Як обрати кавоварку: практичні поради для вдалої покупки. [Електронний ресурс] // Avtmarket. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://avtmarket.com.ua/articles/yak-vybraty-kavovarku-praktychni-porady-dlya-vdaloyi-pokupky/>

38. Яку кавоварку вибрати. [Електронний ресурс] // До кухні. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://dokuhni.ua/uk/blog/kakuyu-kofevarku-vybrat>

39. Sensory and Monosaccharide Analysis of Drip Brew Coffee Fractions Versus Brewing Time / Batali, M. E., Frost, S. C., Lebrilla, C. B., Ristenpart, W. D., & Guinard, J. X. // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2020. – №100(7). – С. 2953–2962.

40. Паперові кавові фільтри Hario V60. Чим вони відрізняються? [Електронний ресурс] // GreenplantationCom. – 2024 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.greenplantation.eu/uk/a/paperovi-kavovi-filtry-hario-v60-chym-vony-vidriznyayutsya>

ДОДАТОК А
Презентаційні матеріали

КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА

НА ТЕМУ «СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ»

ВИКОНАЛА :
СТУДЕНТКА 4 КУРСУ,
ГРУПИ АКІТ-20-1
ВИСОБРОШНА А.С.



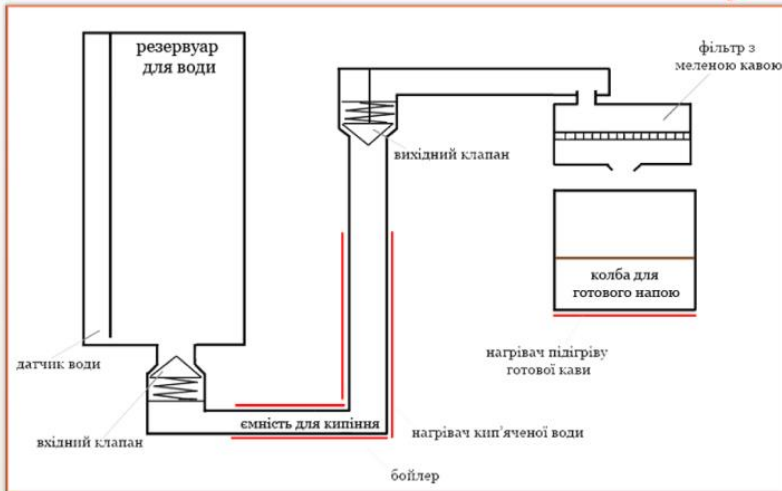
Метою кваліфікаційної роботи

є розробка системи автоматичного керування
крапельною електричною кавоваркою.

Для реалізації було виконано перелік завдань:

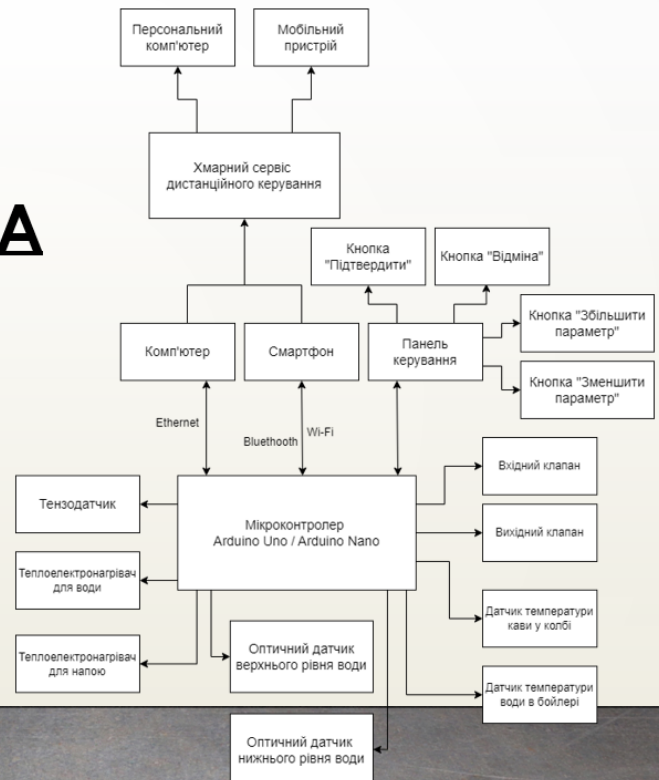
- Проведено аналіз об'єкту автоматизації та досліджено уже існуючі системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою;
- Розроблено структурну схему системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою на основі об'єкту автоматизації;
- Обрано й обґрунтовано вибір технічних засобів для системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою;
- Розроблено схеми з'єднання мікроконтролера системи із іншими технічними засобами у системі автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою;
- Розроблено алгоритм керування системою автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою;
- Розроблено програмне забезпечення системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою;

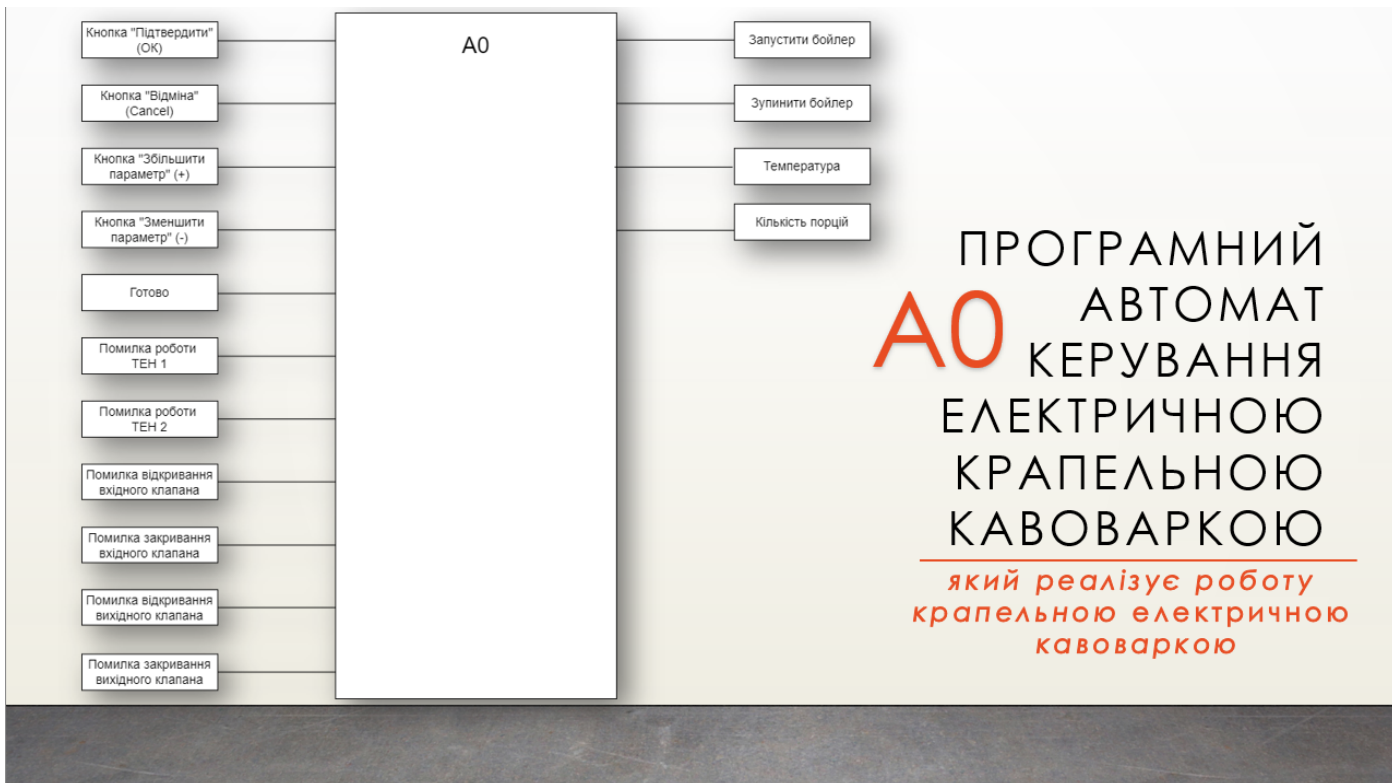
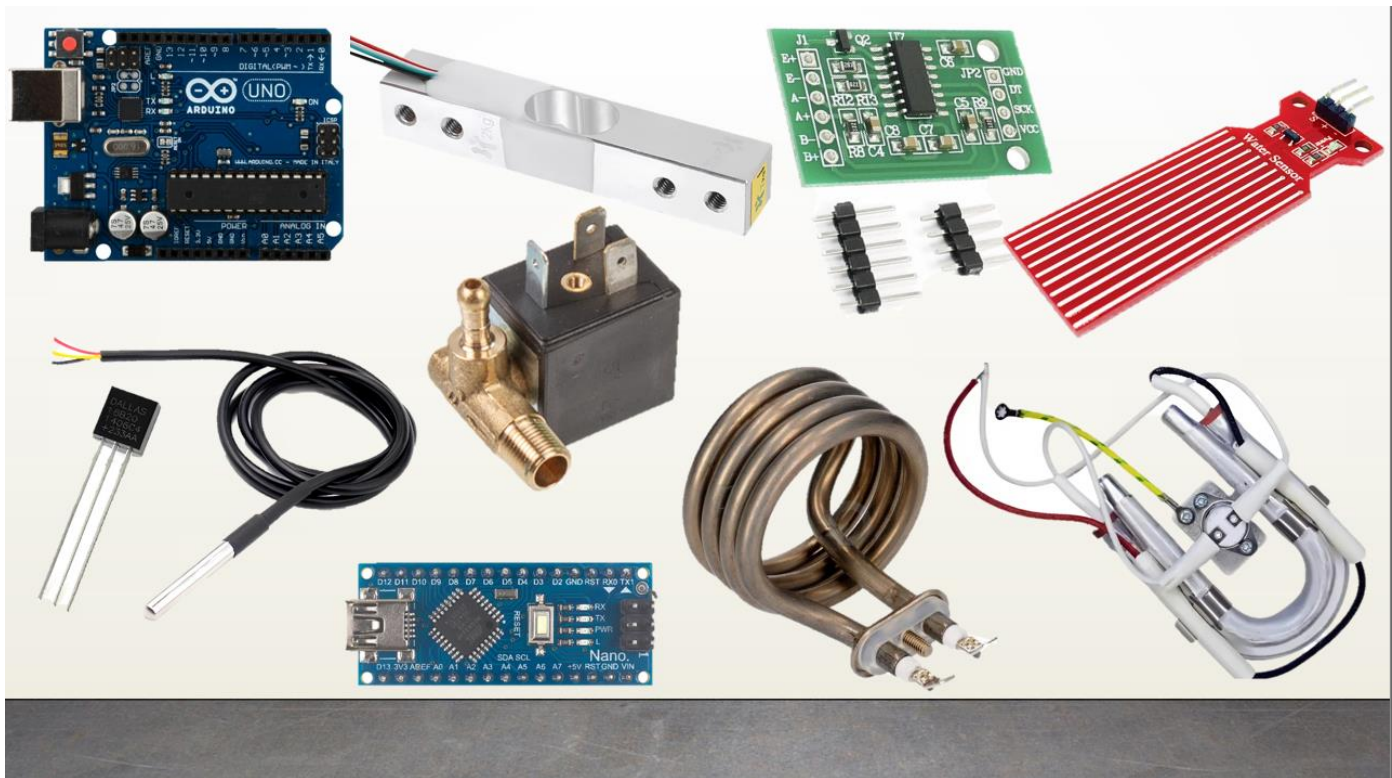
ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ

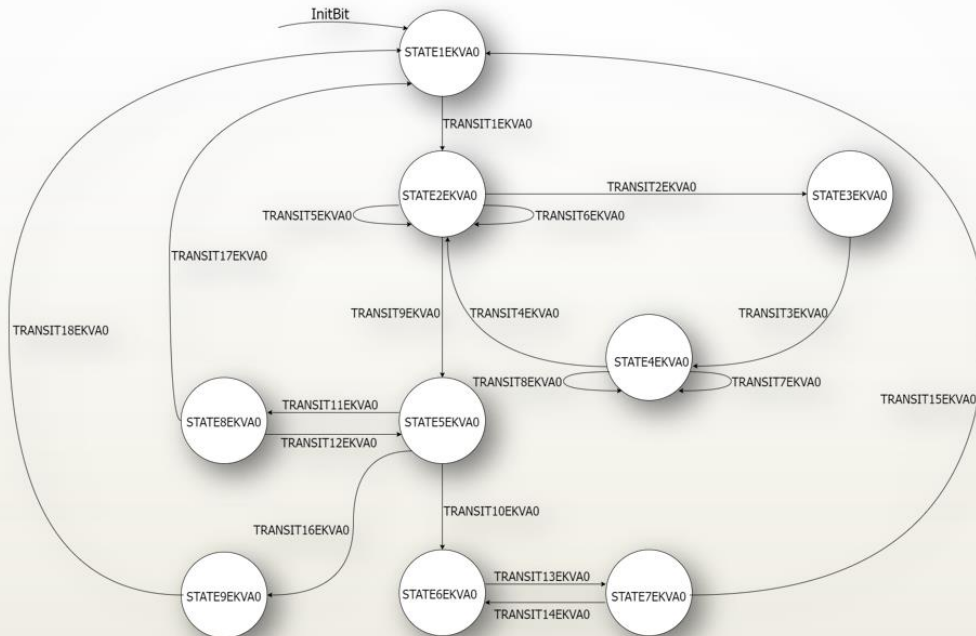


СТРУКТУРНА СХЕМА

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ







ГРАФ ПЕРЕХОДІВ ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ А0
який реалізує роботу крапельною електричною кавоваркою

TRANSIT1EKVA0 = STATE1EKVA0 ∧ OK_A0;

TRANSIT2EKVA0 = STATE2EKVA0 ∧ CANCEL_A0 ∧ DELAY2;

TRANSIT3EKVA0 = STATE3EKVA0 ∧ OK_A0;

TRANSIT4EKVA0 = STATE4EKVA0 ∧ CANCEL_A0;

TRANSIT5EKVA0 = STATE2EKVA0 ∧ PLUS_A0;

TRANSIT6EKVA0 = STATE2EKVA0 ∧ MINUS_A0;

TRANSIT7EKVA0 = STATE4EKVA0 ∧ PLUS_A0;

TRANSIT8EKVA0 = STATE4EKVA0 ∧ MINUS_A0;

TRANSIT9EKVA0 = STATE2EKVA0 ∧ OK_A0 ∧ DELAY1;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ПЕРЕХОДІВ
МІЖ СТАНАМИ ПРОГРАМНОГО
АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
КАВОВАРКИ А0

TRANSIT10EKVA0 = STATE5EKVA0 ∧ READY_A0;

TRANSIT11EKVA0 = STATE5EKVA0 ∧ CANCEL_A0;

TRANSIT12EKVA0 = STATE8EKVA0 ∧ OK_A0;

TRANSIT13EKVA0 = STATE6EKVA0 ∧ CANCEL_0A;

TRANSIT14EKVA0 = STATE7EKVA0 ∧ OK_A0;

TRANSIT15EKVA0 = STATE7EKVA0 ∧ CANCEL_A0 ∧ DELAY3;

TRANSIT16EKVA0 = STATE5EKVA0 ∧ (ERRORTEN1A0 ∨ ERRORTEN2A0 ∨ ERROROPENCLAPAN1A0 ∨
∨ ERROROPENCLAPAN2A0 ∨ ERRORCLOSECLAPAN2A0);

TRANSIT17EKVA0 = STATE8EKVA0 ∧ CANCEL_A0 ∧ DELAY4;

TRANSIT18EKVA0 = STATE9EKVA0 ∧ CANCEL_A0;

STATE1EKVA0 = (STATE1EKVA0 ∨ TRANSIT17EKVA0 ∨ TRANSIT18EKVA0 ∨ TRANSIT15EKVA0) ∧ $\overline{\text{TRANSIT1EKVA0}}$ ∨ InitBit;

STATE2EKVA0 = STATE2EKVA0 ∨ TRANSIT1EKVA0 ∨ TRANSIT5EKVA0 ∨ TRANSIT6EKVA0 ∨ TRANSIT4EKVA0 ∧ $\overline{\text{TRANSIT2EKVA0}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT9EKVA0}}$;

STATE3EKVA0 = (STATE3EKVA0 ∨ TRANSIT2EKVA0) ∧ $\overline{\text{TRANSIT3EKVA0}}$;

STATE4EKVA0 = (STATE4EKVA0 ∨ TRANSIT3EKVA0 ∨ TRANSIT7EKVA0 ∨ TRANSIT8EKVA0) ∧ $\overline{\text{TRANSIT4EKVA0}}$;

STATE5EKVA0 = (STATE5EKVA0 ∨ TRANSIT9EKVA0 ∨ TRANSIT12EKVA0) ∧ $\overline{\text{TRANSIT10EKVA0}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT11EKVA0}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT16EKVA0}}$;

STATE6EKVA0 = (STATE6EKVA0 ∨ TRANSIT10EKVA0 ∨ TRANSIT14EKVA0) ∧ $\overline{\text{TRANSIT13EKVA0}}$;

STATE7EKVA0 = STATE7EKVA0 ∨ TRANSIT13EKVA0 ∧ $\overline{\text{TRANSIT14EKVA0}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT15EKVA0}}$;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ СТАНІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАБОВАРКИ А0

STATE8EKVA0 = (STATE8EKVA0 ∨ TRANSIT11EKVA0) ∧ $\overline{\text{TRANSIT12EKVA0}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT17EKVA0}}$;

STATE9EKVA0 = (STATE9EKVA0 ∨ TRANSIT16EKVA0) ∧ $\overline{\text{TRANSIT18EKVA0}}$;

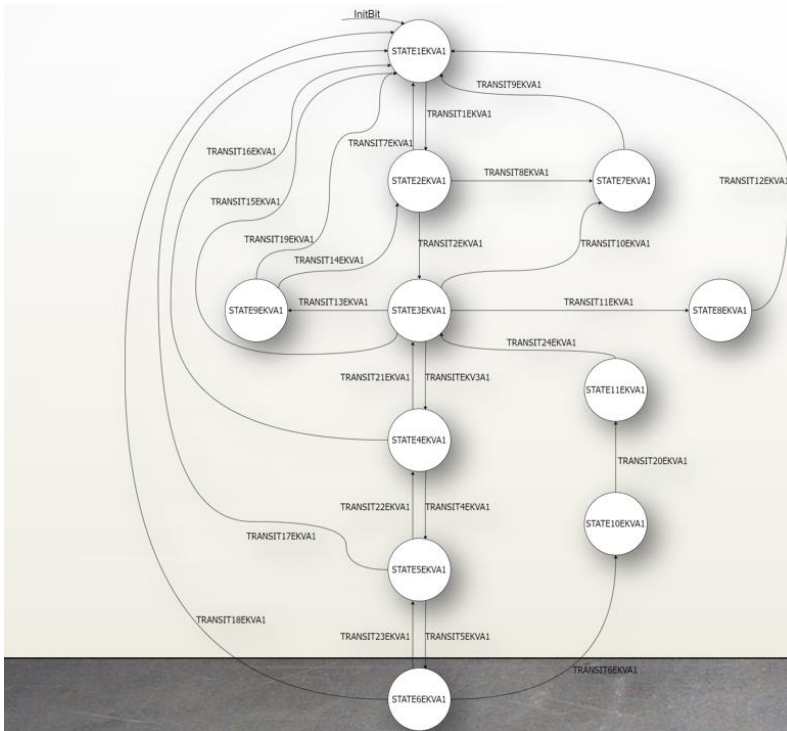
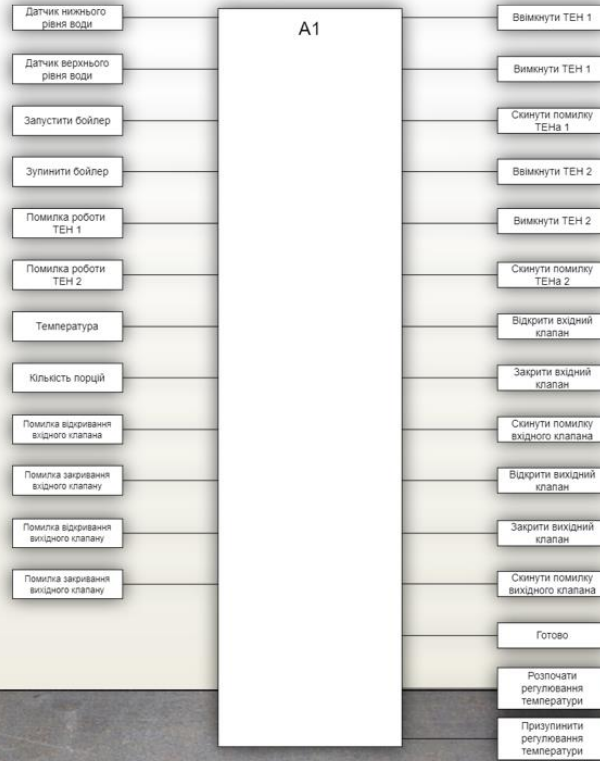
СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ВИХОДІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАБОВАРКИ А0

STARTBOILER_A0 = STATE5EKVA0 ∨ STATE6EKVA0;

STOPBOILER_A0 = STATE1EKVA0 ∨ STATE7EKVA0;

ПРОГРАМНИЙ АВТОМАТ КЕРУВАННЯ **A1** ЕЛЕКТРИЧНОЮ КРАПЕЛЬНОЮ КАВОВАРКОЮ

*який реалізує роботу
бойлера у крапельній
електричній кавоварці*



ГРАФ ПЕРЕХОДІВ ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ A1

*який реалізує
роботу бойлера
крапельної електричної
кавоварки*

TRANSITEKV1A1 = STATE1EKVA1 \wedge STARTBOILERA1;

TRANSITEKV2A1 = STATE2EKVA1 \wedge TIMERPODOGREV;

TRANSIT3EKVA1 = STATE3EKVA1 \wedge (COUNTERPORTIONS \lt NUMBERCUPSA1) \wedge TIMERERRORCLOSECLAPAN1A1 \wedge ERROROPENCLAPAN1A1 \wedge ERROROPENCLAPAN2A1;

TRANSIT4EKVA1 = STATE4EKVA1 \wedge TIMERWATERSUPPLY;

TRANSIT5EKVA1 = STATE5EKVA1 \wedge TIMERBOILWATER;

TRANSIT6EKVA1 = STATE6EKVA1 \wedge TIMERSTEAM;

TRANSIT7EKVA1 = STATE2EKVA1 \wedge STOPBOILERA1;

TRANSIT8EKVA1 = STATE2EKVA1 \wedge (ERRORTEN1A \vee ERRORTEN2A1);

TRANSIT9EKVA1 = STATE7EKVA1 \wedge STOPBOILERA1;

TRANSIT10EKVA1 = STATE3EKVA1 \wedge (ERRORROOPENCLAPAN1A1 \vee ERRORCLOSECLAPAN1A1 \vee ERROROPENCLAPAN2A1 \vee ERRORCLOSECLAPAN2A1);

TRANSIT11EKVA1 = STATE3EKVA1 \wedge (COUNTERPORTIONS = NUMBERCUPSA1);

TRANSIT12EKVA1 = STATE8EKVA1 \wedge STOPBOILERA1;

TRANSIT13EKVA1 = STATE3EKVA1 \wedge LEVELSENSORLOWA1;

TRANSIT14EKVA1 = STATE9EKVA1 \wedge LEVELSENSORHIGH;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ПЕРЕХОДІВ
МІЖ СТАНАМИ ПРОГРАМНОГО
АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
КАВОВАРКИ А1

TRANSIT15EKVA1 = STATE3EKVA1 \wedge STOPBOILERA1;

TRANSIT16EKVA1 = STATE4EKVA1 \wedge STOPBOILERA1;

TRANSIT17EKVA1 = STATE5EKVA1 \wedge STOPBOILERA1;

TRANSIT18EKVA1 = STATE6EKVA1 \wedge STOPBOILERA1;

TRANSIT19EKVA1 = STATE9EKVA1 \wedge STOPBOILERA1;

TRANSIT20EKVA1 = STATE10EKVA1 \wedge COUNTERCONTROLSTATE10 = 1;

TRANSIT21EKVA1 = STATE4EKVA1 \wedge (ERROROPENCLAPAN1A1 \vee ERROROPENCLAPAN2A1 \vee ERRORCLOSECLAPAN2A1);

TRANSIT22EKVA1 = STATEEKV5A1 \wedge (ERRORCLOSECLAPAN1A1 \vee ERROROPENCLAPAN2A1);

TRANSIT23EKVA1 = STATEEKV6A1 \wedge ERROROPENCLAPAN2A1;

TRANSIT24EKVA1 = STATE11EKVA1 \wedge TIMERERRORCLOSECLAPAN2A1;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ПЕРЕХОДІВ
МІЖ СТАНАМИ ПРОГРАМНОГО
АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
КАВОВАРКИ А1

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ СТАНІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАБОВАРКИ А1

STATE1EKVA1 = (STATE1EKVA1 ∨ TRANSIT7EKVA1 ∨ TRANSIT9EKVA1 ∨ TRANSIT12EKVA1 ∨ TRANSIT15EKVA1 ∨
∨ TRANSIT16EKVA1 ∨ TRANSIT17EKVA1 ∨ TRANSIT18EKVA1 ∨ TRANSIT19EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT1EKVA1}}$ ∨ InitBit;

STATE2EKVA1 = (STATE2EKVA1 ∨ TRANSIT1EKVA1 ∨ TRANSIT14EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT2EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT7EKVA1}}$ ∧
∧ $\overline{\text{TRANSIT8EKVA1}}$;

STATE3EKVA1 = (STATE3EKVA1 ∨ TRANSIT2EKVA1 ∨ TRANSIT24EKVA1 ∨ TRANSIT21EKVA1) ∧
∧ $\overline{\text{TRANSIT3EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT10EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT11EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT13EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT15EKVA1}}$;

STATE4EKVA1 = (STATE4EKVA1 ∨ TRANSIT3EKVA1 ∨ TRANSIT22EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT4EKVA1}}$ ∧
∧ $\overline{\text{TRANSIT16EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT21EKVA1}}$;

STATE5EKVA1 = (STATE5EKVA1 ∨ TRANSIT4EKVA1 ∨ TRANSIT23EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT5EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT17EKVA1}}$ ∧
∧ $\overline{\text{TRANSIT22EKVA1}}$;

STATE6EKVA1 = (STATE6EKVA1 ∨ TRANSIT5EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT6EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT18EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT23EKVA1}}$;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ СТАНІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАБОВАРКИ А1

STATE7EKVA1 = (STATE7EKVA1 ∨ TRANSIT8EKVA1 ∨ TRANSIT10EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT9EKVA1}}$;

STATE8EKVA1 = (STATE8EKVA1 ∨ TRANSIT11EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT12EKVA1}}$;

STATE9EKVA1 = (STATE9EKVA1 ∨ TRANSIT13EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT14EKVA1}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT19EKVA1}}$;

STATE10EKVA1 = (STATE10EKVA1 ∨ TRANSIT6EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT20EKVA1}}$;

STATE110EKVA1 = (STATE110EKVA1 ∨ TRANSIT200EKVA1) ∧ $\overline{\text{TRANSIT240EKVA1}}$;

SWITCHONTEN1A1 = STATE2EKVA1 ∨ STATE3EKVA1 ∨ STATE4EKVA1 ∨ STATE5EKVA1 ∨ STATE6EKVA1 ∨ STATE10EKVA1 ∨ STATE11EKVA1;

SWITCHONTEN2A1 = STATE2EKVA1 ∨ STATE3EKVA1 ∨ STATE4EKVA1 ∨ STATE5EKVA1 ∨ STATE6EKVA1 ∨ STATE8EKVA1 ∨ STATE10EKVA1 ∨ STATE11EKVA1;

SWITCHONCLAPAN1A1 = STATE4EKVA1;

SWITCHONCLAPAN2A1 = STATE6EKVA1;

SWITCHOFFTEN1A1 = STATE1EKVA1 ∨ STATE7EKVA1 ∨ STATE8EKVA1 ∨ STATE9EKVA1;

SWITCHOFFTEN2A1 = STATE7EKVA1 ∨ STATE9EKVA1 ∨ STATE1EKVA1;

STARTTEMPERATUREREGULATORA1 = STATE5EKVA1 ∨ STATE6EKVA1;

STOPTEMPERATUREREGULATORA1 = STATE10EKVA1 ∨ STATE11EKVA1;

SWITCHOFFCLAPAN1A1 = STATE5EKVA1;

SWITCHOFFCLAPAN2A1 = STATE11EKVA1;

RESETEERRORTEN1A1 = STATE1EKVA1;

RESETEERRORTEN2 = STATE1EKVA1;

READYA1 = STATE8EKVA1;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ПЕРЕХОДІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАВОВАРКИ А1



+ ГРАФ ПЕРЕХОДІВ ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ А2

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ПЕРЕХОДІВ
МІЖ СТАНАМИ ПРОГРАМНОГО
АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
КАБОВАРКИ А2

TRANSIT1EKVA2 = STATE1EKVA2 \wedge STARTTEN1A2;

TRANSIT2EKVA2 = STATE2EKVA2 \wedge (TEMPERATURESENSORA2 \geq 90);

TRANSIT3EKVA2 = STATE3EKVA2 \wedge (TEMPERATURESENSORA2 $>$ 120);

TRANSIT4EKVA2 = STATE2EKVA2 \wedge STOPTEN1A2;

TRANSIT5EKVA2 = STATE3EKVA2 \wedge STOPTEN1A2;

TRANSIT6EKVA2 = STATE4EKVA2 \wedge STOPTEN1A2;

TRANSIT7EKVA2 = STATE4EKVA2 \wedge (TEMPERATURESENSORA2 \leq 120) \wedge (TEMPERATURESENSORA2 \geq 90);

TRANSIT8EKVA2 = STATE2EKVA2 \wedge TIMERDELAYWARMINGUP \wedge TEMPERATURESENSORA2 $<$ 90);

TRANSIT9EKVA2 = STATE5EKV2 \wedge RESETERROETEN1A2;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ СТАНІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАБОВАРКИ А2

STATE1EKVA2 = (STATE1EKVA2 \vee TRANSIT4EKVA2 \vee
 \vee TRANSIT5EKVA2 \vee TRANSIT6EKVA2 \vee TRANSIT9EKVA2) \wedge
 $\overline{\text{TRANSIT1EKVA2}} \wedge \text{InitBit};$

STATE2EKVA2 = (STATE2EKVA2 \vee TRANSIT1EKVA2) \wedge $\overline{\text{TRANSIT2EKVA2}} \wedge$ $\overline{\text{TRANSIT4EKVA2}} \wedge$ $\overline{\text{TRANSIT8EKVA2}};$

STATE3EKVA2 = (STATE3EKVA2 \vee TRANSIT2EKVA2 \vee TRANSIT7EKVA2) \wedge $\overline{\text{TRANSIT3EKVA2}} \wedge$ $\overline{\text{TRANSIT5EKVA2}};$

STATE4EKVA2 = (STATE4EKVA2 \vee TRANSIT3EKVA2) \wedge $\overline{\text{TRANSIT6EKVA2}} \wedge$ $\overline{\text{TRANSIT7EKVA2}};$

STATE5EKVA2 = (STATE5EKVA2 \vee TRANSIT8EKVA2) \wedge $\overline{\text{TRANSIT9EKVA2}};$

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ВИХОДІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАБОВАРКИ А2

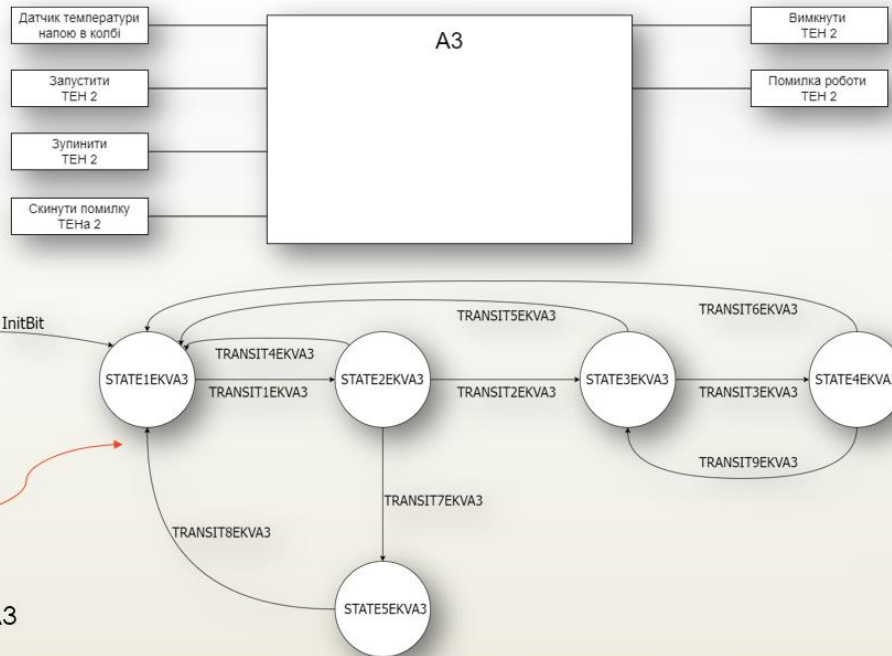
SWITCHTEN1A2 = STATE2EKVA2 \vee STATE3EKVA2;

ERRORTEN1A2 = STATE5A2;

ПРОГРАМНИЙ АВТОМАТ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КРАПЕЛЬНОЮ КАВОВАРКОЮ А3

який реалізує роботу другого ТЕНа у крапельній електричній кавоварці

+ ГРАФ ПЕРЕХОДІВ ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КАВОВАРКОЮ А3



TRANSIT1EKVA3 = STATE1EKVA3 \wedge STARTTEN2A3;

TRANSIT2EKVA3 = STATE2EKVA3 \wedge (TEMPERATURESENSORA3 \geq 90);

TRANSIT3EKVA3 = STATE3EKVA3 \wedge (TEMPERATURESENSORA3 $>$ 120);

TRANSIT4EKVA3 = STATE2EKVA3 \wedge STOPTEN2A3;

TRANSIT5EKVA3 = STATE3EKVA3 \wedge STOPTEN2A3

TRANSIT6EKVA3 = STATE4EKVA3 \wedge STOPTEN2A3;

TRANSIT7EKVA3 = STATE4EKVA3 \wedge (TEMPERATURESENSORA3 \leq 120) \wedge (TEMPERATURESENSORA3 \geq 90);

TRANSIT8EKVA3 = STATE2EKVA3 \wedge TIMERDELAYWARMINGUP \wedge TEMPERATURESENSORA3 $<$ 90);

TRANSIT9EKVA3 = STATE5EKV3 \wedge RESETERROETEN2A3;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ПЕРЕХОДІВ
МІЖ СТАНАМИ ПРОГРАМНОГО
АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
КАВОВАРКИ А3

STATE1EKVA3 = (STATE1EKVA3 ∨ TRANSIT4EKVA3 ∨
∨ TRANSIT5EKVA3 ∨ TRANSIT6EKVA3 ∨ TRANSIT9EKVA3) ∧
∧ $\overline{\text{TRANSIT1EKVA3}}$ ∧ InitBit;

STATE2EKVA3 = (STATE2EKVA3 ∨ TRANSIT1EKVA3) ∧
∧ $\overline{\text{TRANSIT2EKVA3}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT4EKVA3}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT8EKVA3}}$;

STATE3EKVA3 = (STATE3EKVA3 ∨ TRANSIT2EKVA3 ∨ TRANSIT7EKVA3) ∧ $\overline{\text{TRANSIT3EKVA3}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT5EKVA3}}$;

STATE4EKVA3 = (STATE4EKVA3 ∨ TRANSIT3EKVA3) ∧ $\overline{\text{TRANSIT6EKVA3}}$ ∧ $\overline{\text{TRANSIT7EKVA3}}$;

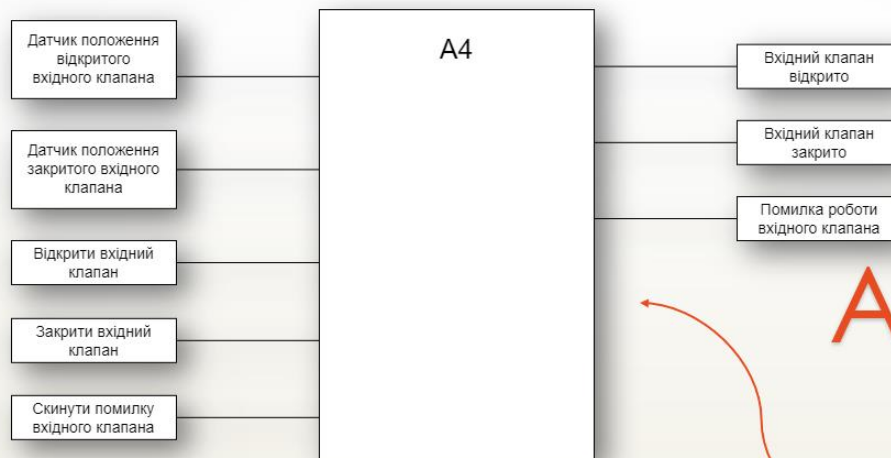
STATE5EKVA3 = (STATE5EKVA3 ∨ TRANSIT8EKVA3) ∧ $\overline{\text{TRANSIT9EKVA3}}$;

SWITCHTEN2A3 = STATE2EKVA3 ∨ STATE3EKVA3;

ERRORTEN2A3 = STATE5A3;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ СТАНІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАВОВАРКИ АЗ

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ВИХОДІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАВОВАРКИ АЗ



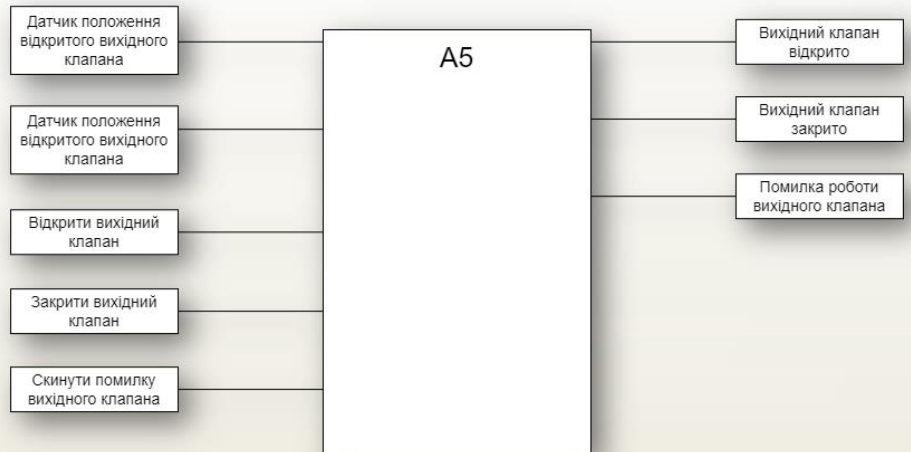
ПРОГРАМНИЙ
A4 АВТОМАТ
КЕРУВАННЯ
ЕЛЕКТРИЧНОЮ
КРАПЕЛЬНОЮ
КАВОВАРКОЮ

*який реалізує роботу
вхідного клапана
електричної кавоварки*

ПРОГРАМНИЙ АВТОМАТ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ КРАПЕЛЬНОЮ КАВОВАРКОЮ

A5

який реалізує роботу вихідного клапана електричної кавоварки



СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ПЕРЕХОДІВ
МІЖ СТАНАМИ ПРОГРАМНОГО
АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
КАВОВАРКИ А4

TRANSIT1EKVA4 = STATE1A4 \wedge OPENVALVE1A4;

TRANSIT2EKVA4 = STATE2A4 \wedge POSITIONSENSOROPENVALVE1A4;

TRANSIT3EKVA4 = STATE3 \wedge CLOSEVALVE1A4;

TRANSIT4EKVA4 = STATE4EKVA4 \wedge POSITIONSENSORCLOSEVALVE1A4;

TRANSIT5EKVA4 = STATE2EKVA4 \wedge TIMERDELAYOPENVALVE1A4;

TRANSIT6EKVA4 = STATE4EKVA4 \wedge TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4;

TRANSIT7EKVA4 = STATE5EKVA4 \wedge RESETERRORRVALVE1A4;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ СТАНІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАВОВАРКИ А4

STATE1EKVA4 = (STATE1EKVA4 \vee TRANSIT4EKVA4 \vee TRANSIT7EKVA4) \wedge $\overline{\text{TRANSIT1EKVA4}}$ \wedge InitBit;

STATE2EKVA4 = (STATE2EKVA4 \vee TRANSIT1EKVA4) \wedge $\overline{\text{TRANSIT2EKVA4}}$ \wedge $\overline{\text{TRANSIT5EKV4}}$;

STATE3EKVA4 = (STATE3EKVA4 \vee TRANSIT2EKVA4) \wedge $\overline{\text{TRANSIT3EKV4}}$;

STATE4EKVA4 = (STATE4EKVA4 \vee TRANSIT3EKVA4) \wedge $\overline{\text{TRANSIT4EKV4}}$ \wedge $\overline{\text{TRANSIT6EKV4}}$

STATE5EKVA4 = (STATE5EKVA4 \vee TRANSIT5EKVA4 \vee TRANSIT6EKVA4) \wedge $\overline{\text{TRANSIT7EKV4}}$;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ВИХОДІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАВОВАРКИ А4

SWITCHOPENVALVE1A4 = STATE2EKVA4;

SWITCHCLOSEVALVE1A4 = STATE4EKVA4;

ERRORVALVE1A4 = STATE5EKVA4;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ПЕРЕХОДІВ
МІЖ СТАНАМИ ПРОГРАМНОГО
АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
КАВОВАРКИ А5

TRANSIT1EKVA5 = STATE1A5 \wedge OPENVALVE2A5;
TRANSIT2EKVA5 = STATE2A5 \wedge POSITIONSENSOROPENVALVE2A5;
TRANSIT3EKVA5 = STATE3 \wedge CLOSEVALVE2A5;
TRANSIT4EKVA5 = STATE4EKVA5 \wedge POSITIONSENSORCLOSEVALVE2A5;
TRANSIT5EKVA5 = STATE2EKVA5 \wedge TIMERDELAYOPENVALVE2A5;
TRANSIT6EKVA5 = STATE4EKVA5 \wedge TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5;
TRANSIT7EKVA5 = STATE5EKVA5 \wedge RESETERRORRVALVE2A5;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ СТАНІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАВОВАРКИ А5

STATE1EKVA5 = (STATE1EKVA5 \vee TRANSIT4EKVA5 \vee TRANSIT7EKVA5) \wedge $\overline{\text{TRANSIT1EKVA5}}$ \wedge InitBit;
STATE2EKVA5 = (STATE2EKVA5 \vee TRANSIT1EKVA5) \wedge $\overline{\text{TRANSIT2EKVA5}}$ \wedge $\overline{\text{TRANSIT5EKV5}}$;
STATE3EKVA5 = (STATE3EKVA5 \vee TRANSIT2EKVA5) \wedge $\overline{\text{TRANSIT3EKV5}}$;
STATE4EKVA5 = (STATE4EKVA5 \vee TRANSIT3EKVA5) \wedge $\overline{\text{TRANSIT4EKV5}}$ \wedge $\overline{\text{TRANSIT6EKV5}}$;
STATE5EKVA5 = (STATE5EKVA5 \vee TRANSIT5EKVA5 \vee TRANSIT6EKVA5) \wedge $\overline{\text{TRANSIT7EKV5}}$;

СИСТЕМА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ВИХОДІВ
ПРОГРАМНОГО АВТОМАТУ КРАПЕЛЬНОЇ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ КАВОВАРКИ А5

SWITCHOPENVALVE2A5 = STATE2EKVA5;
SWITCHCLOSEVALVE2A5 = STATE4EKVA5;
ERRORVALVE2A5 = STATE5EKVA5;


```
Atino
1 boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5,ST6,ST7,ST8,ST9,ST10,ST11;
2 boolean TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,TR17,TR18,TR19,TR20,TR21,TR22,TR23,TR24;
3 boolean STARTBOLLER_A0,STOPBOLLER_A1,LEVELSENSORLOWA1,LEVELSENSORHGA1,COUNTERPORTIONS,NUMBERCPSA1,COUNTERCONTROLST10;
4 boolean ERRORTENZA1,ERRORTENZA2,ERRORPENCLAPAWA1A1,ERRORPENCLAPAWA2A1,ERRORLOSECLAPAWA1A1,ERRORLOSECLAPAWA2A1;
5 boolean TIMEBOODGREN,TIMEBATTENSUPPLY,TIMEBOLLERWATER,TIMESTEAM,TIMEERRORLOSECLAPAWA1A1,TIMEERRORLOSECLAPAWA2A1;
6 boolean SWITCHTENZA1A1,SWITCHTENZA2A1,SWITCHOKLAPAWA1A1,SWITCHOKLAPAWA2A1,SWITCHOFFTENZA1,SWITCHOFFTENZA2,SWITCHOFFCLAPAWA1A1,SWITCHOFFCLAPAWA2A1;
7 boolean RESETERRTENZA1,RESETERRTENZA2,RESETERERRORLAPAWA1A1,RESETERERRORLAPAWA2A1,STARTTEMPERATUREREGULATORA1,STOPTEMPERATUREREGULATORA1,READYA1;
8
9 void setup() {
10 ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false; ST6=false; ST7=false; ST8=false; ST9=false; ST10=false; ST11=false;
11 TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false; TR5=false; TR6=false; TR7=false; TR8=false; TR9=false; TR10=false; TR11=false; TR12=false; TR13=false;
12 TR14=false; TR15=false; TR16=false; TR17=false; TR18=false; TR19=false; TR20=false; TR21=false; TR22=false; TR23=false; TR24=false;
13 }
14
15 void loop() {
16 TR1=STARTBOLLER_A1;
17 TR2=STARTBOLLER_A0;
18 TR3=STARTLEVELSENSORLOWA1(COUNTERPORTIONS+NUMBERCPSA1)&ERRORPENCLAPAWA1A1&ERRORPENCLAPAWA2A1&TIMEERRORLOSECLAPAWA1A1;
19 TR4=STARTBOLLERWATER;
20 TR5=STARTBOLLERSTEAM;
21 TR6=STARTBOLLERWATER;
22 TR7=STARTSTOPBOLLER_A1;
23 TR8=STARTERRORTENZA1;
24 TR9=STARTSTOPBOLLER_A1;
25 TR10=STARTERRORPENCLAPAWA1A1[ERRORLOSECLAPAWA1A1][ERRORLOSECLAPAWA2A1];
26 TR11=START(COUNTERPORTIONS+NUMBERCPSA1);
27 TR12=STARTSTOPBOLLER_A1;
28 TR13=STARTLEVELSENSORLOWA1;
29 TR14=STARTLEVELSENSORHGA1;
30 TR15=STARTSTOPBOLLER_A1;
31 TR16=STARTSTOPBOLLER_A1;
32 TR17=STARTSTOPBOLLER_A1;
33 TR18=STARTSTOPBOLLER_A1;
34 TR19=STARTSTOPBOLLER_A1;
35 TR20=STARTCOUNTERCONTROLST10-1;
```

```
A0ino
1 boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5,ST6,ST7,ST8,ST9;
2 boolean TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,TR17,TR18;
3 boolean OK_AB,CANCEL_AB,PLUS_AB,MINUS_AB,DELAY1,DELAY2,DELAY3,DELAY4,READY_AB;
4 boolean ERRORTENZA0,ERRORTENZA0A,ERRORPENCLAPAWA0A,ERRORLOSECLAPAWA0A,ERRORLOSECLAPAWA20A,ERRORLOSECLAPAWA20A;
5 boolean STARTBOLLER_AB,STOPBOLLER_AB;
6
7 void setup() {
8
9 ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false; ST6=false; ST7=false; ST8=false; ST9=false;
10 TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false; TR5=false; TR6=false; TR7=false; TR8=false; TR9=false; TR10=false; TR11=false; TR12=false; TR13=false;
11 TR10=false; TR11=false; TR12=false; TR13=false; TR14=false; TR15=false; TR16=false; TR17=false; TR18=false;
12
13 }
14
15 void loop() {
16
17 TR1=STARTBOLLER_AB;
18 TR2=STARTCANCEL_AB&DELAY2;
19 TR3=STARTBOLLER_AB;
20 TR4=STARTCANCEL_AB;
21 TR5=STARTPLUS_AB;
22 TR6=STARTMINUS_AB;
23 TR7=STARTPLUS_AB;
24 TR8=STARTMINUS_AB;
25 TR9=STARTBOLLER_AB;
26 TR10=STARTREADY_AB;
27 TR11=STARTCANCEL_AB;
28 TR12=STARTBOLLER_AB;
29 TR13=STARTCANCEL_AB;
30 TR14=STARTBOLLER_AB;
31 TR15=STARTCANCEL_AB&DELAY3;
32 TR16=STARTERRORTENZA0[ERRORTENZA0A][ERRORLOSECLAPAWA0A][ERRORLOSECLAPAWA20A][ERRORLOSECLAPAWA20A];
33 TR17=STARTCANCEL_AB&DELAY4;
34 TR18=STARTBOLLER_AB;
```

```
Atino
1 boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5,ST6,ST7,ST8,ST9,ST10,ST11;
2 boolean TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,TR17,TR18,TR19,TR20,TR21,TR22,TR23,TR24;
3 boolean STARTBOLLER_A0,STOPBOLLER_A1,LEVELSENSORLOWA1,LEVELSENSORHGA1,COUNTERPORTIONS,NUMBERCPSA1,COUNTERCONTROLST10;
4 boolean ERRORTENZA1,ERRORTENZA2,ERRORPENCLAPAWA1A1,ERRORPENCLAPAWA2A1,ERRORLOSECLAPAWA1A1,ERRORLOSECLAPAWA2A1;
5 boolean TIMEBOODGREN,TIMEBATTENSUPPLY,TIMEBOLLERWATER,TIMESTEAM,TIMEERRORLOSECLAPAWA1A1,TIMEERRORLOSECLAPAWA2A1;
6 boolean SWITCHTENZA1A1,SWITCHTENZA2A1,SWITCHOKLAPAWA1A1,SWITCHOKLAPAWA2A1,SWITCHOFFTENZA1,SWITCHOFFTENZA2,SWITCHOFFCLAPAWA1A1,SWITCHOFFCLAPAWA2A1;
7 boolean RESETERRTENZA1,RESETERRTENZA2,RESETERERRORLAPAWA1A1,RESETERERRORLAPAWA2A1,STARTTEMPERATUREREGULATORA1,STOPTEMPERATUREREGULATORA1,READYA1;
8
9 void setup() {
10 ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false; ST6=false; ST7=false; ST8=false; ST9=false; ST10=false; ST11=false;
11 TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false; TR5=false; TR6=false; TR7=false; TR8=false; TR9=false; TR10=false; TR11=false; TR12=false; TR13=false; TR14=false;
12 TR15=false; TR16=false; TR17=false; TR18=false; TR19=false; TR20=false; TR21=false; TR22=false; TR23=false; TR24=false;
13 }
14
15 void loop() {
16 TR1=STARTBOLLER_A1;
17 TR2=STARTBOLLER_A0;
18 TR3=STARTLEVELSENSORLOWA1(COUNTERPORTIONS+NUMBERCPSA1)&ERRORPENCLAPAWA1A1&ERRORPENCLAPAWA2A1&TIMEERRORLOSECLAPAWA1A1;
19 TR4=STARTBOLLERWATER;
20 TR5=STARTBOLLERSTEAM;
21 TR6=STARTBOLLERWATER;
22 TR7=STARTSTOPBOLLER_A1;
23 TR8=STARTERRORTENZA1;
24 TR9=STARTSTOPBOLLER_A1;
25 TR10=STARTERRORPENCLAPAWA1A1[ERRORLOSECLAPAWA1A1][ERRORLOSECLAPAWA2A1];
26 TR11=START(COUNTERPORTIONS+NUMBERCPSA1);
27 TR12=STARTSTOPBOLLER_A1;
28 TR13=STARTLEVELSENSORLOWA1;
29 TR14=STARTLEVELSENSORHGA1;
30 TR15=STARTSTOPBOLLER_A1;
31 TR16=STARTSTOPBOLLER_A1;
32 TR17=STARTSTOPBOLLER_A1;
33 TR18=STARTSTOPBOLLER_A1;
34 TR19=STARTSTOPBOLLER_A1;
35 TR20=STARTCOUNTERCONTROLST10-1;
```

```
A0ino
1 boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5,ST6,ST7,ST8,ST9;
2 boolean TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,TR17,TR18;
3 boolean OK_AB,CANCEL_AB,PLUS_AB,MINUS_AB,DELAY1,DELAY2,DELAY3,DELAY4,READY_AB;
4 boolean ERRORTENZA0,ERRORTENZA0A,ERRORPENCLAPAWA0A,ERRORLOSECLAPAWA0A,ERRORLOSECLAPAWA20A,ERRORLOSECLAPAWA20A;
5 boolean STARTBOLLER_AB,STOPBOLLER_AB;
6
7 void setup() {
8
9 ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false; ST6=false; ST7=false; ST8=false; ST9=false;
10 TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false; TR5=false; TR6=false; TR7=false; TR8=false; TR9=false; TR10=false; TR11=false; TR12=false; TR13=false; TR14=false; TR15=false; TR16=false; TR17=false; TR18=false;
11 TR10=false; TR11=false; TR12=false; TR13=false; TR14=false; TR15=false; TR16=false; TR17=false; TR18=false;
12
13 }
14
15 void loop() {
16
17 TR1=STARTBOLLER_AB;
18 TR2=STARTCANCEL_AB&DELAY2;
19 TR3=STARTBOLLER_AB;
20 TR4=STARTCANCEL_AB;
21 TR5=STARTPLUS_AB;
22 TR6=STARTMINUS_AB;
23 TR7=STARTPLUS_AB;
24 TR8=STARTMINUS_AB;
25 TR9=STARTBOLLER_AB;
26 TR10=STARTREADY_AB;
27 TR11=STARTCANCEL_AB;
28 TR12=STARTBOLLER_AB;
29 TR13=STARTCANCEL_AB;
30 TR14=STARTBOLLER_AB;
31 TR15=STARTCANCEL_AB&DELAY3;
32 TR16=STARTERRORTENZA0[ERRORTENZA0A][ERRORLOSECLAPAWA0A][ERRORLOSECLAPAWA20A][ERRORLOSECLAPAWA20A];
33 TR17=STARTCANCEL_AB&DELAY4;
34 TR18=STARTBOLLER_AB;
```

```

1 boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5;
2 boolean TR1, TR2, TR3, TR4, TR5, TR6, TR7;
3 boolean TIMERDELAYOPENVALVE1A4, TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4, RESETERRORVALVE1A4;
4 boolean SWITCHTOPENVALVE1A4, SWITCHTCLOSEVALVE1A4, ERRORVALVE1A4;
5 boolean OPENVALVE1A4, CLOSEVALVE1A4, POSITIONSENSOROPENVALVE1A4, POSITIONSENSORCLOSEVALVE1A4;
6
7 void setup() {
8   ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false;
9   TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false;
10  TR5=false; TR6=false; TR7=false;
11 }
12
13 void loop() {
14
15 TR1=ST1&OPENVALVE1A4;
16 TR2=ST2&POSITIONSENSOROPENVALVE1A4;
17 TR3=ST3&CLOSEVALVE1A4;
18 TR4=ST4&POSITIONSENSORCLOSEVALVE1A4;
19 TR5=ST2&TIMERDELAYOPENVALVE1A4;
20 TR6=ST4&TIMERDELAYCLOSEVALVE1A4;
21 TR7=ST5&RESETERRORVALVE1A4;
22
23 ST1=(ST1|TR4|TR7)&~TR1;
24 ST2=(ST2|TR1)&~TR2&~TR5;
25 ST3=(ST3|TR2)&~TR3;
26 ST4=(ST4|TR3)&~TR4&~TR6;
27 ST5=(ST5|TR5|TR6)&~TR7;
28

```

```

AD 110
1 boolean ST1,ST2,ST3,ST4,ST5;
2 boolean TR1, TR2, TR3, TR4, TR5, TR6, TR7;
3 boolean SWITCHTOPENVALVE2A5, SWITCHTCLOSEVALVE2A5, ERRORVALVE2A5;
4 boolean OPENVALVE2A5, CLOSEVALVE2A5, POSITIONSENSOROPENVALVE2A5, POSITIONSENSORCLOSEVALVE2A5;
5 boolean TIMERDELAYOPENVALVE2A5, TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5, RESETERRORVALVE2A5;
6
7 void setup() {
8   ST1=true; ST2=false; ST3=false; ST4=false; ST5=false;
9   TR1=false; TR2=false; TR3=false; TR4=false;
10  TR5=false; TR6=false; TR7=false;
11 }
12
13 void loop() {
14
15 TR1=ST1&OPENVALVE2A5;
16 TR2=ST2&POSITIONSENSOROPENVALVE2A5;
17 TR3=ST3&CLOSEVALVE2A5;
18 TR4=ST4&POSITIONSENSORCLOSEVALVE2A5;
19 TR5=ST2&TIMERDELAYOPENVALVE2A5;
20 TR6=ST4&TIMERDELAYCLOSEVALVE2A5;
21 TR7=ST5&RESETERRORVALVE2A5;
22
23 ST1=(ST1|TR4|TR7)&~TR1;
24 ST2=(ST2|TR1)&~TR2&~TR5;
25 ST3=(ST3|TR2)&~TR3;
26 ST4=(ST4|TR3)&~TR4&~TR6;
27 ST5=(ST5|TR5|TR6)&~TR7;
28

```

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто різні особливості, які тісно пов'язані із проектуванням системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою, розробкою програмного забезпечення системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою та програмним забезпеченням системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою, наведено інформацію про уже існуючі кавоварки та ознайомлено із їх особливостями, із яких компонентів складається система автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою, а також проектування та програмне забезпечення системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою для програмного автомату керування.

У першому розділі було проведено аналіз об'єкту автоматизації та досліджено уже існуючі системи керування, розглянуто та описано види кавових пристроїв, а також розглянуто будову та принцип роботи крапельних електричних кавоварок. Окрім цього було описано типові помилки, які виникають під час роботи крапельних електричних кавоварок та сформульовано задачі на проектування системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою.

ВИСНОВКИ

У другому розділі було розроблено структурну схему системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою на основі об'єкту автоматизації, для системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою було підбрано та описано усі основні технічні засоби та обгрунтовано їх вибір: мікроконтролер Arduino UNO або Arduino Nano , два датчики рівня води моделі K-0135, датчик температури моделі DS18B20, тензOMETричний датчик моделі SC133 із додатковим аналогово-цифровим перетворювачем моделі HX711, ТЕН 1 моделі XB628 (650 Вт) KW714472 та ТЕН 2 моделі DeLonghi 1000 Вт 225,а також два електромагнітні клапани моделі 06000BH-K5FV IRN001UN та інтерфейс користувача. Орім того було розроблено схеми з'єднань мікроконтролерів із іншими технічними засобами системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою.

ВИСНОВКИ

У третьому розділі було розроблено алгоритм керування системою автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою, який включає в себе застосування SWITCH-технології (автоматний підхід до створення програмного забезпечення), а саме модель (програмний автомат керування крапельною електричною кавоваркою) програмування автомат Мура, метод графів переходів, логічні системи станів A0-A5 програмного автомата керування крапельною електричною кавоваркою, логічні системи переходів для цих станів A0-A5 програмного автомата керування крапельною електричною кавоваркою, логічні системи виходів A0-A5 програмного автомата керування крапельною електричною кавоваркою. Було здійснено проектування прикладної програми систем автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою для програмних автоматів керування крапельною електричною кавоваркою A0-A5 за допомогою середовища проектування CoDeSys, а також було виконано розробку прикладного програмного забезпечення системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою на платформі Arduino IDE.

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1016386753

Дата перевірки:
25.06.2024 07:14:17 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
25.06.2024 07:20:10 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: Висоброшна_антиплагіат

Кількість сторінок: 107 Кількість слів: 16938 Кількість символів: 109182 Розмір файлу: 8.70 MB ID файлу: 1016198282

1321 слово позначене як "вилучене" та не враховується у підрахунку слів

0.49% Схожість

Найбільша схожість: 0.13% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1016197043)

0.47% Джерела з Інтернету

134

Сторінка 109

0.19% Джерела з Бібліотеки

39

Сторінка 109

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

0% Вилученого тексту з Бібліотеки

1

Сторінка 109

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

4

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 18%

ID: 132485 Назва: БКР Система автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою Додано в БД: 2024-06-25 Автора: Анастасія ВИСОБРОШНА Керівники: Денис МАКАРИШКІН Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	85512	759	523 (1%)	6 (1%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Висоброшна Анастасія Степанівна

Тема: Система автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість презентаційних слайдів 40 Кількість сторінок записки 105

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розроблено систему автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою, спроектовано крапельну електричну кавоварку.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз об'єкту автоматизації крапельної електричної кавоварки та досліджено уже існуючі системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою. У другому розділі розроблено структурну схему системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою на основі об'єкту автоматизації крапельною електричною кавоваркою; проведено обґрунтування та вибір технічних засобів системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою; розроблено схеми з'єднання мікроконтролера системи із іншими технічними засобами системи автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою. У третьому розділі розроблено алгоритм керування системою автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою на основі автомату Мура; запроєктовано прикладну програму керування системою автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою у середовищі CoDeSys на мові CFC; розроблено прикладну програму керування системою автоматичного керування крапельною електричною кавоваркою на платформі Arduino IDE.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється огляду існуючих технічних рішень щодо людино-машинного інтерфейсу

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно (5,0/A)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Чесун Віктор Миколайович
канд. техн. наук, доцент кафедри кібербезпеки

"24" 06 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Висоброшної Анастасії Степанівни

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи АКІТ-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

01.06.2024

дата


підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМПІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система автоматичного керування капілярною електрокавоваркою

Автор: Анастасія ВИСОБРОШНА

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: к.т.н., доц. Денис МАКАРИШКІН

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0,49% і адресується до 134 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Денис МАКАРИШКІН