

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр

Освітній рівень

Контролер портативної системи приготування напоїв

Назва теми

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі»

Шифр КПТР 022082.01.12.00ПЗ

Виконав: здобувач 4 курсу, група TP2-22-1


Підпис

О.О. Сатиренко
Ініціали, прізвище

Керівник:.


Підпис, дата 1.06.26

О.С. Пивовар
Ініціали, прізвище

Нормоконтроль:


Підпис, дата 1.06.26

В.І. Стецюк
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав.кафедри телекомунікацій,
медійних та інтелектуальних
технологій


Підпис, дата 1.06.26

С.К. Підченко
Ініціали, прізвище

1 червня 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій (ТМІТ)

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

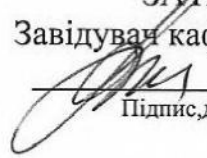
Шифр і назва

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Шифр і назва

Освітня-професійна програма «Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТМІТ

 23.01.2026р.
Підпис, дата

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ**

Сатиренко Олександрі Олегівні

Прізвище, ім'я, по батькові здобувача

1 Тема проєкту Контролер портативної системи приготування напоїв

керівник проєкту Пивовар Олег Сергійович, канд.техн.наук, доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від « 20 » січня 2026р. № 7, дод.№20.

2 Строк подання студентом проєкту на кафедру: 01.06.2026р.

3 Вихідні дані до проєкту Ескіз та загальні принципи побудови автоматизованого пристрою для приготування напоїв. Точність підтримання температурного режиму із використанням інтелектуального керування із температурними паузами не гірше 0,2 градуса. Тип забезпечення температурного режиму – змішаний: природне охолодження та регулювання потужності нагрівача. Напруга живлення контролера 3..5В, струм споживання до 1А (мінімізувати). Інтегральна схема контролера має бути виконана на базі мікросхем сімейства STM32. Повна гальванічна оптронна розв'язка із виконавчим пристроєм кінцевого засобу.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Техніко-економічне обґрунтування побудови аналогів. 2. Аналіз принципів роботи виконавчих модулів керування мішенню та схеми запобігання завадам по силовим каналам. 3. Розробка інтерфейсу взаємодії силовим кінцевим засобом. 4. Схемотехнічні, конструкторські та технологічні обґрунтування та розрахунки.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Схеми електрична структурна системи та пристрою. 2. Схема електрична принципова контролера пристрою приготування напоїв. 3. Демонстраційні плакати (до 15шт.).

6 Консультанти розділів кваліфікаційного проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 1.02.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

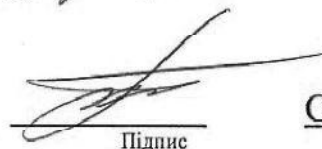
№ п/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	<i>Вибір тематики проекту</i>	<i>до 9.02.26</i>	<i>обрано</i>
2	<i>Переддипломна практика, аналіз початкових даних до проекту</i>	<i>до 27.02.26</i>	<i>виконано</i>
3	<i>Написання вступу та 1 розділу</i>	<i>до 15.03.26</i>	<i>виконано</i>
4	<i>Написання 2 розділу</i>	<i>до 15.04.26</i>	<i>виконано</i>
5	<i>Оформлення креслення структурної та функціональної схеми</i>	<i>до 15.04.26</i>	<i>виконано</i>
6	<i>Написання 3 розділу</i>	<i>до 1.05.26</i>	<i>виконано</i>
7	<i>Оформлення креслення принципової схеми та демонстраційних плакатів</i>	<i>до 10.05.26</i>	<i>виконано</i>
8	<i>Компоновка та формування висновків</i>	<i>до 15.05.26</i>	<i>виконано</i>
9	<i>Корекція зауважень керівника</i>	<i>до 17.05.26</i>	<i>виконано</i>
10	<i>Підготовка доповіді, оформлення документів супровіду проекту</i>	<i>до 18.05.26</i>	<i>виконано</i>
11	<i>Подання готового проекту на попередній захист</i>	<i>20.05.26 (орієнтовно)</i>	<i>виконано</i>
12	<i>Корекція зауважень під час попереднього захисту</i>	<i>до 01.06.26</i>	<i>виконано</i>
13	<i>Рецензування, антиплагіат, підписи</i>	<i>до 06.06.26</i>	<i>виконано</i>
14	<i>Завантаження в репозитарій</i>	<i>до 09.06.26</i>	<i>виконано</i>
15	<i>Захист кваліфікаційного проекту</i>	<i>з 09.06.26</i>	

Здобувач


Підпис

О.О. Сатиренко
Ініціали, прізвище

Керівник проекту


Підпис

О.С. Пивовар
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційного проекту:

«Контролер портативної системи приготування напоїв».

Автор роботи: Сатиренко Олександра Олегівна.

Керівник роботи: канд. техн. наук, доц. Пивовар Олег Сергійович.

Пояснювальна записка: 73 сторінок, 29 рисунків, 4 таблиці, 17 аналітичних співвідношень, 31 джерело.

Графічна частина: 3 креслення, 14 презентаційних слайдів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОНТРОЛЕР ТЕМПЕРАТУРИ, МІКРОБРОВАРНЯ, PID-РЕГУЛЯТОР, ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ.

Метою кваліфікаційного проекту є розробка пристрою для керування температурним режимом під час виробництва напоїв в об'ємі до 40л , що відрізняється пониженою вартістю, доступністю електронних компонент, надійністю та захистом від потужних зовнішніх завад по колам енергоживлення.

Проект присвячений розгляду принципу дії портативного пристрою для приготування напоїв, розробці частини конструкторської документації системотехнічної та схемотехнічної будови контролера для керування температурним режимом. Проведено аналіз вимог до температурного режиму, розглянуто аналогічні вітчизняні та закордонні рішення, сформовано технічне завдання для подальшої розробки конструкторської документації. Розроблені схеми електричні структурна та принципова. Проведено окремі конструкторські, електричні та технологічні розрахунки, що доводять правильність прийнятих рішень під час конструювання.

О.О. Сатиренко

Ініціали, прізвище здобувача



1.06.26.





Підпис, дата

№рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ екземпл.	Примітка
1						
2			<u>Документація загальна</u>			
3						
4	A4		Завдання на дипломний			
5			проект	1		
6	A4		Календарний план	1		
7	A4		Реферат (укр./англ.)	2		
8	A4	КПТР022082.01.13.00ПЗ	Пояснювальна записка	71		
9	A4	КПТР022082.01.13.02ПЗ	Перелік елементів	2		
10						
11	A4		Копії креслень	2		із форм.А3,А2
12	A4		Копії довідок антиплагіату	1		
13	A4		Рішення каф. про допуск	1		
14	A4		Копія відгуку рецензента	1		
15	A4		Копія відгуку керівника	1		
16	A4		Копія заяви про академічну			
17			добросесність	1		
18						
19			<u>Документація графічна</u>			
20						
21	A3	КПТР022082.01.13.01 Е1	Схема електрична структурна	1		
22	A3	КПТР022082.01.13.02 Е1	Схема електрична структурна	1		
23	A2	КПТР022082.01.13.02 Е3	Схема електрична принципова	1		
24	A4		Демонстраційні плакати	14		
25						
26						
27						

					КПТР 022082.01.12.00 ВП		
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Контролер портативної системи приготування напоїв Відомість проекту		
Розробив	Сатиренко			1.06.26			
Перевірів	Пивовар О.С.			1.06.26	Літ.	Аркуш	Аркушів
				1.06.26	Н	1	1
Н.контр.	Стецюк В.І.			1.06.26	ХНУ, ФІТ, ТМІТ		
Затверд.	Підченко С.К.			1.06.26			

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ.....	10
1.1 Загальні положення.....	10
1.2 Основні засади технології приготування.....	11
1.2.1 Базові інгредієнти.....	11
1.2.2 Технологічні операції.....	13
1.3 Базові температурні режими.....	16
1.4 Технічні рішення портативного використання.....	18
1.4.1 Узагальнена структура мікропивоварні.....	18
1.4.2 Портативні мікроброварні.....	19
1.4.3 Аналіз аналогів.....	21
2 СИСТЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.....	25
2.1 Розробка технічних вимог.....	25
2.1.1 Призначення та мета розробки пристрою.....	25
2.1.2 Умови експлуатації.....	25
2.1.3 Технічні параметри.....	26
2.2 Розробка структурної схеми контролера керування.....	27
2.3 Елементна база.....	30
2.4 Розробка силового блоку керування.....	33
2.4.1 Способи керування потужністю ТЕНів.....	33
2.4.2 Симісторне регулювання потужністю ТЕН.....	36
2.4.3 PID керування температурою.....	39
2.4.4 Моделювання роботи PI регулятора.....	42

КПТР 022082.01.12.00ПЗ				
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата
Розробив		Сатиренко		1.06.26
Перевірів		Пивовар		1.06.26
Н. контр.		Стецюк В.І.		1.06.26
Затв.		Підченко С.К.		1.06.26
Контролер портативної системи приготування напоїв. Пояснювальна записка				
Літера		Аркуш	Аркушів	
		6	73	
ХНУ, ФІТ, ТМІТ				

2.5	Оцінювання потужності ТЕН.....	46
2.5.1	Вибір критичного технологічного процесу.....	46
2.5.2	Розрахунки потужності ТЕН.....	48
3	ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА ТА РОЗРАХУНКИ.....	50
3.1	Розрахунок системи охолодження.....	50
3.1.1	Вибір способу охолодження.....	50
3.1.2	Розрахунки радіатора охолодження.....	51
3.2	Схема електрична принципова.....	54
3.2.1	Чипсет та клавіатура.....	54
3.2.2	Звукова та світлова індикація.....	55
3.2.3	Силовий блок.....	56
3.3	Розрахунок елементів схеми.....	58
3.3.1	Опори струмообмежуючих резисторів індикації.....	58
3.3.2	Опори резисторів силового блоку.....	60
3.4	Оцінювання рівня надійності виробу.....	62
	ВИСНОВКИ.....	66
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
	ДОДАТОК А.....	72
	ДОДАТОК Б.....	73

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БЖ – блок живлення
ДП – друкована плата
КВП – кваліфікаційний проект
МК – інтегральна схема мікроконтролера
КТД – конструкторсько-технологічна документація
ККД – коефіцієнт корисної дії
ТЕН – трубчастий електричний нагрівач
ТЗ – технічне завдання
ТС – температурний сенсор
OLED – дисплей на органічних випромінюючих діодах
ОР – оптрона розв'язка
ШИМ – широтно-імпульсна модуляція
ЦДТ – цифровий датчик температури
ЦКЄ – циліндрично - конусна ємність
LCD – світлодіодний символний дисплей
PID – пропорційний інтегрально - диференціюючий регулятор
SMD – технологія планарних компонент

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

В умовах ринкової економіки кожен приватний підприємець має дбати про нові види послуг та товарів, що характеризуються як ноу-хау просто для виживання на ринку. Давні традиції виробництва спиртових напоїв в Україні та всьому світі обумовили широкий попит на продукцію, в першу чергу пивоваріння та інших слабоалкогольних напоїв.

Кожен виробник має вирішувати, який кластер ринку має використовувати у своїй підприємницькій діяльності: або традиційний або напрямок пов'язаний із певними варіаціями продукту, що пов'язано із зміною смакових якостей, кольору, запаху напою, тощо.

Традиційний напрямок для приватного підприємця, як правило потребує ліцензії на виробництво, що захищена патентами, авторськими правами, міжнародними угодами, тощо. Створити суттєву конкуренцію потужним, всесвітньо відомим виробникам дуже складно, та потребує певних умов реалізації. В цьому випадку набагато простіше виступати у якості дилера, а не виробляти власний продукт.

Інтенсивний шлях пошуку нових рішень, в тому числі і у виробництві напоїв – це той шлях, який часто обирають приватні підприємці та невеликі фірми. Такий шлях дозволяє більш варіативно підходити до виробництва слабоалкогольних напоїв, забезпечивши зміну якості. Однак недоліком такого шляху є необхідність досліджень попиту, отримання ліцензії на подальшу реалізацію та проблеми із просуванням нового товару.

Метою кваліфікаційного проекту є розробка пристрою для керування температурним режимом під час виробництва напоїв в об'ємі до 40л , що відрізняється пониженою вартістю, доступністю електронних компонент, надійністю та захистом від потужних зовнішніх завад по колам енергоживлення.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ

1.1 Загальні положення

В продовж практично усієї історії людства виробництво спиртовмісних напоїв було одним із головних галузей діяльності та торгівлі. Технології такого виробництва удосконалювались паралельно технічному прогресу, та часто сприяли розвитку не тільки інших галузей, але дозволяли людству існувати в умовах слабкої санітарії та гігієни. Наприклад під час тривалих морських експедицій спиртовмісні напої із успіхом замінювали воду, що швидко псувалась. Зрозуміло, що вживання у великій кількості слабоалкогольних напоїв не є надто доцільним, але в помірній кількості, навіть рекомендується для покращення стану організму [1-4].

Незважаючи на протиріччя щодо погляду на слабоалкогольні напої, загальне їх виробництво у світі повсякчас збільшується, зростає також номенклатура виробів та способи їх вживання. Слід зазначити, що наявність алкоголю в невеликій кількості в звичайних продуктах є природнім фактором, пов'язаним із широким поширенням бактерій, результатом роботи яких є процес бродіння та насичення продуктів алкогольними елементами [1-2].

Найбільш поширеним серед слабоалкогольних напоїв є пиво, історія якого заглиблюється на декілька тисячоліть від нинішнього часу. Традиційно пивні напої поділяють на світлі та темні, але вже більше як 50 років різноманіття пивних напоїв різко зростає, змінюється також і культура вживання.

Поширення приватного підприємництва в Україні, останнім часом сприяла зацікавленості щодо домашнього виробництва із можливістю експериментувати щодо смакових та інших якостей цього напою, наприклад, відновлювати давні технології та рецепти. Відповідно і зріс попит на портативне устаткування для його виробництва.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки розвитку мікроелектроніки систему керуванням для виготовлення слабоалкогольних напоїв суттєво автоматизовано, що дозволяє більш точно дотримуватись технології, зменшити кількість виробничого персоналу, усунути певні людські фактори та збільшити продуктивність та зменшити час виробництва окремої партії, а також повторювати та розробляти досить складні рецепти в окремих випадках. В першу чергу це відноситься до підтримання температурного режиму та віддаленого керування та контролю за процесом [4-5].

Через найбільшу поширеність зосередимось на технології приготування різновидів пива.

1.2 Основні засади технології приготування

1.2.1 Базові інгредієнти

Базовими інгредієнтами виробництва пивних напоїв є солод, хміль і дріжджі. Якість базових інгредієнтів в першу чергу визначає якість кінцевого напою. Також якість пива залежить від води, що є по відсотковому внеску найбільшим у кінцевому продукті, та використовується на усіх етапах виробництва [1].

Солод – узагальнене поняття, що вбирає в себе зерно таких культур як ячмінь (в першу чергу), пшениця, кукурудза, рис, тощо, що замочують у воді та пророщують із додавання дезінфікуючих домішок. Для контролю проростання слід точно дотримуватись температурних обмежень, що стимулюють процес проростання. Для приватного виробництва зазвичай використовується концентрат або екстракт солода із різних видів зерна, що можливо вільно придбати в Україні (рис.1).

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Рисунок 1 – Екстракти солоду для приготування слабоалкогольних напоїв

Другий важливий інгредієнт пивоваріння – жіночі суцвіття багаторічної рослини хмелю, що надає напою особливий аромат та смак, але головне, що хміль має властивості консерванту, що дозволяє зберігати пиво тривалий час. Останнє важливий елемент середньовіччя, де чиста вода, особлива в містах постачалась населенню в недостатній кількості. Отже пиво задовольняло потребу людей в знезараженій рідині для пиття.

Шишки хмелю (рис.2) складно зберігати, тому для домашнього та промислового виробництва використовують спресовані, знезаражені та спеціальним чином оброблені гранули хмелю. Це пов'язано із процесом швидкого окислення суцвіття хмелю, під час якого суттєво та швидко втрачаються властивості, тобто падає якість інгредієнту. Для запобігання такому процесу безпосередньо після збору врожаю хмелю, його вихідний продукт гранулюють.

Сам процес виготовлення слабоалкогольних напоїв – природний процес бродіння, викликаний анаеробними чи аеробними мікроорганізмами. Суть процес полягає у переробці сусла із базових інгредієнтів та домішок, що визначають решту смакових якостей, в процесі спиртового бродіння.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Смакові якості і визначаються не тільки якістю спиртового бродіння але і рештою мікродомішок, що постачають у сусло дріжджові мікроорганізми. Для кожного сорту використовується свій штам мікроорганізмів, переважно грибків.



Рисунок 2 – Суцвіття хмелю (шишки) та гранули хмелю для класичного пивоваріння

Штами дріжджів (рис.3) також виробляються промисловістю та поступають у вільний продаж, що сприяє домашньому виробництву в портативних автоматизованих установках.

1.2.2 Технологічні операції

Хоча виготовлення продукту людством проводить вже декілька тисячоліть, послідовність операцій доволі складна (див. рис.4), а процес тривалий, спрямований на отримання певних смакових якостей та забезпечення процесу ефективної переробки цукру у суслі[2].

1 етап включає переробку солоду через подрібнення в однорідну масу, що має містити частинки різного розміру. На диву споживачу від співвідношення малих та великих частинок після подрібнення залежить сорт пива.

2 етап полягає у додаванні води та витримці за умови певного температурного режиму. Під час цього процесу проходить процес природної

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР 022082.01.12.00ПЗ				

ферментації, що забезпечується ферментами у складі зерна сусла. Температурний режим ферментації також впливає на сорт пива та має жорстко дотримуватись виробником. Результат ферментації фільтрують відділяючи тверді частинки від рідини, що насичена цурками. Фільтрація проходить за допомогою відстоювання, під час якого процес ферментації має закінчитись. Відстоювання також має проводитись за певного температурного режиму та певний час.



Рисунок 3 – Пакетизовані та гранульовані дріжджі

3 етап полягає у варінні результату фільтрації сусла, що саме дало назву процесу виготовлення пива – пивоваріння. Поступове нагрівання сусла призводить до його кипіння, під час кипіння в сусло вводять хміль. Концентрація хмелю в суслі також визначає сорт та якість пива та є об'єктом для варіації у домашньому виробництві.

Тривалість виварювання сусла з хмелем може сягати до 3 годин, під час цього процесу мікробіологічна біота гине, а руйнування молекулярної структури ферментів забезпечує зупинку усіх хімічних реакцій. На цьому етапі важливо контролювати густину сусла, завдяки тому, що значна частина води виварюється. Густина сусла також сильно впливає на кінцевий результат. Після

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

остигання, зварене сусло фільтрують від частинок хмелю та попередніх залишків відстоювання, а також недофільтрованих залишок попереднього етапу.

4 етап – бродіння, де відфільтроване сусло подають знизу на спеціалізовані циліндрично-конічні баки - бродильні танки і додають дріжджі. Температурний режим на початку бродіння визначається технологією та для верхнього бродіння сусло має мати температуру близько 20 градусів плюс мінус 2 градуси, для пива нижнього бродіння пиво слід вже охолоджувати до 7 градусів плюс мінус 2 градуси. Тобто на цьому етапі також важливим є дотримання температурного режиму навіть за допомогою холодильних агрегатів.

Приблизно через 24 години, після додавання дріжджів зверху танків бродіння з'являється товстезний шар пінки, що обумовлено суттєвим виділенням вуглекислого газу та насичення розчину етиловим спиртом. На цьому етапі особливо важливо дотримуватись температурного режиму, тому що під час бродіння виділяється велика кількість тепла, а система терморегуляції має вже не нагрівати а охолоджувати зону бродіння до стабільної температури [1-4].



Рисунок 4 – Технологічні операції під час виготовлення кінцевого продукту

										Арк.
										15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР 022082.01.12.00ПЗ					

Також під час бродіння слід проводити контроль щільності вуглекислоти у розчині, та за необхідністю його слід відводити з чану бродіння. Після закінчення виділення вуглекислого газу отримаємо молоде пиво, якому треба дозріти на наступному етапі.

5 етап найбільш тривалий, та може сягати до декількох місяців, залежно від сорту пива. Під час дозрівання особливо слід дотримувати температурний режим та тиск, а само дозрівання проходить в великих ємностях із нержавіючої сталі. На цьому етапі пивовару особливо допомагає автоматика, що забезпечує контроль та автоматичне керування режимом дозрівання. В домашньому пивоварінні зазвичай дозрівання проходить близько тижня.

6 етап – прикінцева фільтрація, що забезпечується механічними дрібними фільтрами та усуває із готового продукту дрібні домішки, частинки, осад, тощо. Як правило, фільтрація проводиться двома послідовними фільтрами, після чого, за умови жорсткої стерильності пиво розливають у тару.

1.3 Базові температурні режими

Чим ближче до початкового етапу технологічний процес, тим якісніше слід дотримуватись температурного режиму. Найбільш відповідальним є процес виготовлення сусла із солоду [2].

Мета процесу – забезпечити найбільш повне перетворення крохмалю зерна в суслний цукор, що в кінцевому рахунку визначають і щільність, і міцність, і прозорість, та решту показників якості кінцевого продукту. Це визначається тим, що за умови певної температури та наявності температурних пауз активуються та пере активуються певні групи ферментів, що забезпечують насичення розчину сусла складовими речовинами цукру.

Температурні режими під час отримання сусла називають температурними паузами, що можуть тривати до 2 годин (табл.1).

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 1 – Базові температурні режими (паузи) під час виготовлення пива

№	Умовна назва	Температура, °C	Тривалість, хвилин	Суть процесу	Результат процесу
1	Деокислотний	35-44	15-72	Зменшення кислотності	Покращує прозорість
2	Білковий	44-45	10-30	Ферментативне розщеплення білків	Зменшення в'язкості, стійкість піни
3	Оцукрювання альфа - амілазою	61-67	50-100	Ферментативне розщеплення крохмалю на прості цукри	Покращує міцність
4	Оцукрювання бета - амілазою	68-72	20-40	Ферментативне розщеплення крохмалю на складі цукри	Покращує солодкуватість, зменшує міцність
5	Виварювання сусла	100 (*)	до 180	Припинення роботи ферментів	Знезараження до бродіння
6	Верхнє бродіння	15-24	3-9 діб	Дріжджева ферментація	Міцність, смак
7	Нижнє бродіння	5-12	7-14	Дріжджева ферментація	Міцність, смак
8	Дозрівання (лагери)	1-5	до 1 місяця	Завершення дріжджової ферментації	Регулювання міцності напою
9	Дозрівання (елі)	10-15	до 14 діб		
10	Карбонізація	5-10	до 14 діб	Насичення вуглекислим газом	Якість та тривалість піни

Таким чином, виходячи із температурних режимів значення температури слід підтримувати із точністю не гірше за 0,1 градуси за Цельсієм та час із точністю до 1-3 секунди, щоб забезпечити ці значення набагато меншими за рецептурні температурні та часові інтервали.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1.4 Технічні рішення портативного використання

1.4.1 Узагальнена структура мікропивоварні

Портативні рішення присутні на ринку та призначені для домашнього використання за спрощеною технологією, де більшість основних операції проходить в одному бункері, устаткованому автоматикою, що забезпечую температурні та часові режими, на основі керуючих контролерів на інтегральних схемах [4].

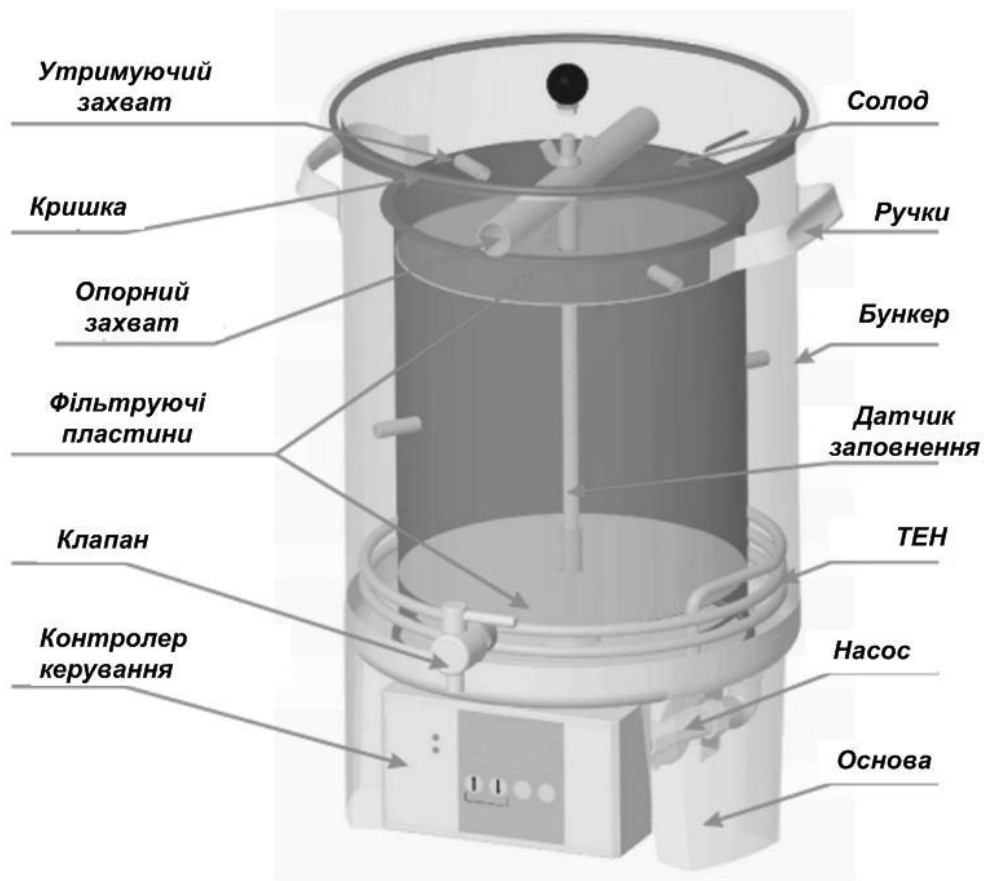


Рисунок 5 – Основні частини портативного агрегату для виготовлення пива

Структура домашнього пристрою для виготовлення пива в обсягах до 100 л, складається (рис.5) із бункера із датчиками температури, заповнення,

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

різноманітними фільтрами, насосом, теплоелектронагрівачем (ТЕН) та керуючим контролером. Подрібнення солоду проводиться окремо, а технологічні операції ферментації та бродіння проводяться послідовно в одному і тому ж бункері.

1.4.2 Портативні мікроброварні

Надалі розглянемо декілька аналогів, на технічні характеристики слід спиратись під час портативного використання [4-6].

Автоматична мікропивоварня GU-S700M-1/2 (рис.6) має у складі насос для рециркуляції сусла, а також вбудований контролер температурно-часових режимів з індикацією.



Рисунок 6 – Автоматична мікропивоварня GU-S700M-1/2

Процес отримання сусла, виварювання та витримка проводяться в на основі команд контролера керування, що задає температуру - часові режими та

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

попереджувальні сигнали відповідно запрограмованому рецепту виготовлення, що вимагає від пивовара певних дій, наприклад, засипання хмелю, солоду, закінчення затирання, добавляння води, тощо.

До комплекту входять :термостійка кришка; варильний бункер; трубки переливу та циркуляції сусла; механічні фільтри, бункери для солоду та змінні ручки.

Конструкція другого аналогу (рис.7) передбачає зовнішній регулятор температури РМ-АГ2 керує температурою цистерни типу "Універсал" із зовнішньою системою циркуляції сусла. Система напівавтоматична, потребує ручної праці під час виготовлення сусла та бродіння, а також фільтрації.



Рисунок 7 – Автоматична мікропивоварня AquaGradus™ CraftMaster

Портативна броварня DM-N30 (рис.8) має вбудований ТЕН, електронний контролер температури з таймером, помпу для циркуляції сусла. Броварню підключають до наявної дома системи енергоживлення та водопостачання.. Автоматичний цифровий вбудований контролер із дисплеєм керує процесом варіння таким чином, що забезпечує спрощення процесу через відсутність необхідності переливати сусло та мити бак.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Рисунок 8 – Портативна броварня DM-N30

Система охолодження проточною водою забезпечує можливість роботи за умови поза кімнатних температур повітря. Система помпової циркуляції сприяє більш рівномірному поширенню температури по всьому об'єму, усуваючи локальні перегріву, а також усуває пробки суслу.

Всі зазначені вище аналоги мають в складі контролер з індикатором, розраховані на різний об'єм та призначені для домашнього використання.

1.4.3 Аналіз аналогів

Характеристики зазначених аналогів зібрано в таблицю 2. Під час аналізу аналогів можливо зробити такі висновки.

Всі мініброварні розраховані на об'єм до 100л та від об'єму в цілому залежить вартість через більше використання матеріалів, у першу чергу нержавіючої сталі певної марки. Контролер може розташовуватись як в складі системи із броварним баком так і ззовні. Більш широкі можливості мають

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

мініброварні які допускають змішане нагрівання газ - електро та змішане охолодження – термостат - водяне охолодження.

Потужність нагрівачів більшості міні броварень близько 3кВт, в якості нагрівачів можуть виступати як ТЕН так і природний газ. Використання природного газу вимагає ускладнення механічної частини керування підтриманням температури і можливе тільки в режимі включення-виключення (ON-OFF). Електричний нагрів припускає і пропорційне керування, що значно зменшує імпульсні завади іншим домашнім приладам.

Таблиця 2 – Основні параметри мікроброварень = аналогів

№	Параметр	GU-S700M-1/2	AquaGradus	DM-N30
1	Об'єм броварного бака, л	65	50	30
2	Вартість, тис.грн	22	15	16
3	Напруга живлення, В	220-240,50Гц	215-235,50Гц	220-240,50Гц
4	Тип контролера	Вбудований	Виносний	Вбудований
5	Режим керування	ON-OFF	ON-OFF	ON-OFF
6	Режим нагріву	Електричний	Змішаний	Електричний
7	Режим охолодження	Природний	Природний	Природний або водяний
8	Потужність регулятора, кВт	3,5	4	3
9	Потужність ТЕН, кВт	3,2	3	2,7
10	Діапазон таймера, хв	1-180	10-240	1-360

Контролери міні броварень забезпечують максимальний час більше 2 годин, що забезпечує достатню швидкість нагріву до температури виварювання сусла або підтримки ферментації під час бродіння. Всі пристрої живляться від промислової мережі 230В, 50Гц, та допускають використання у побутових приміщеннях за умови кімнатних температур. Для розширення можливого

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

використання рецептів пива, особливо лагерів, мініброварню краще розташовувати у прохолодних приміщеннях.

На основі розглянутих аналогів можливо представити структурну схему системи керування процесом виробництва пива в домашніх умовах (рис.9).

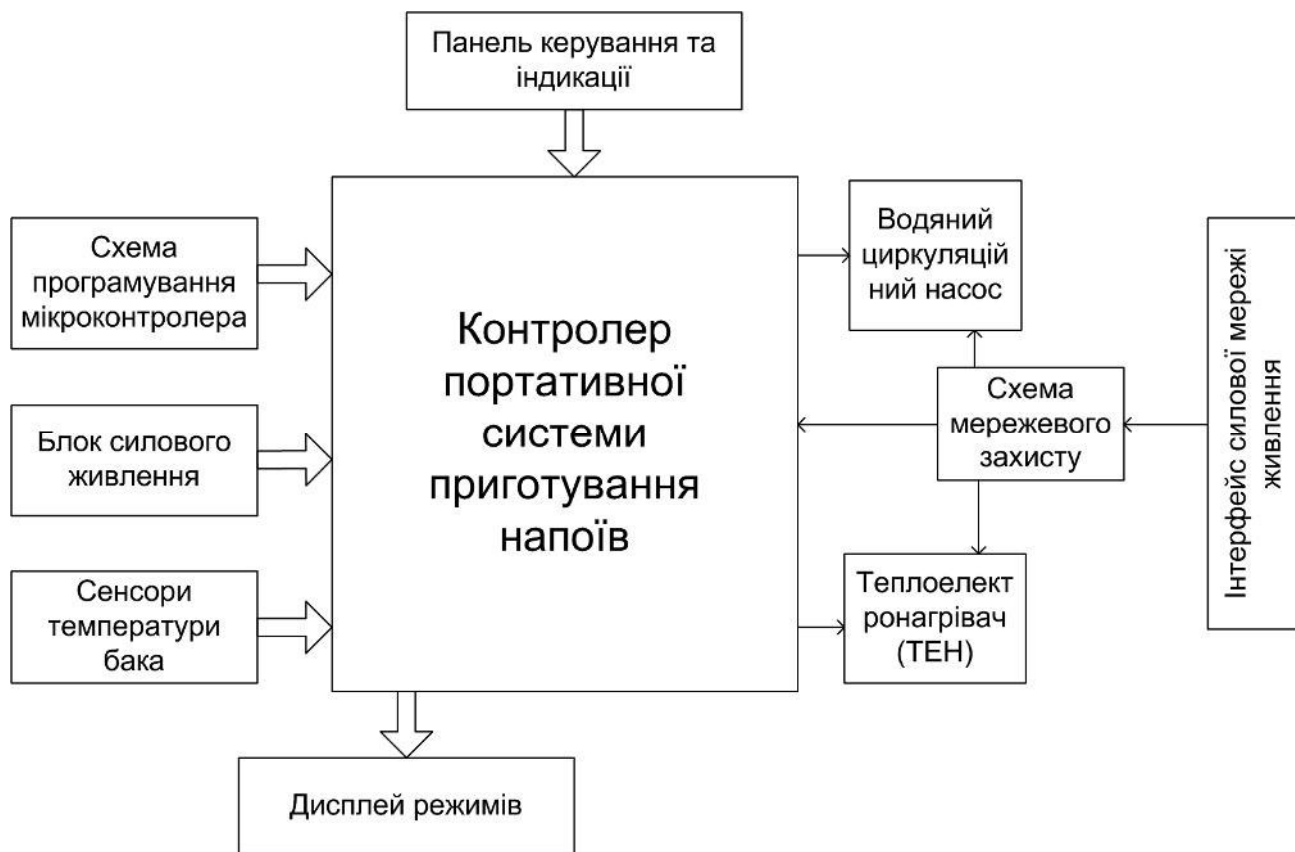


Рисунок 9 – Структурна схема керування температурно-часовим режимом мініброварні

Панель керування зазвичай реалізується у вигляді ряду кнопок, із інтуїтивно зрозумілими надписами, де користувач задає вбудовані або власні температурно-часові режими [6]. Тобто контролер має мати режим налаштування технології та режим виконання технологічних процедур, що легко зробити за допомогою сучасних універсальних мікроконтролерів із розширеним функціоналом та можливістю прямого підключення дисплею.

Через значну потужність ТЕНу реалізація пропорційного керування можлива за допомогою силової тиристорної або симісторної схеми на основі

-
PID технології фазового керування, що підтримує мету розробки пристрою – мінімізацію вартості, доступність компонент, підвищеною надійністю та захистом від потужних завад перемикачів та імпульсних завад зовнішніх завад по колах енергоживлення [7,8].

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2 СИСТЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Розробка технічних вимог

2.1.1 Призначення та мета розробки пристрою

Контролер портативної системи приготування напоїв призначено для використання у побутових системах виготовлення слабоалкогольних та неалкогольних напоїв з метою підтримання тривалих температурних режимів та автоматичного керування за заданою рецептурою.

Мета розробки – забезпечити універсальність застосування пристрою, здешевлення кінцевого виробу, покращення завадо захищеності під час спрацьовування потужного активного навантаження.

2.1.2 Умови експлуатації

Виріб за умовами експлуатації передбачається використовувати в помірному або помірно-холодному кліматі. У складі системи прилад має встановлюватись стаціонарно на рівній твердій поверхні. Під час експлуатації припустимі слабкі вібрації, слабе шумове навантаження, без безпосереднього впливу атмосферних опадів, та мінімізації дії решти неелектричних факторів впливу .

Для досягнення кінцевої мети рекомендується розміщення системи з даним виробом у напівпідвальних або підвальних приміщеннях і середньою температурою близько 10 градусів за Цельсієм, що забезпечує роботу тепло нагрівальної системи в режимі термостата: примусове нагрівання, природне охолодження.

Припустимо також використання виробу в приміщеннях із штучним мікрокліматом що забезпечує нормальні кліматичні умови для життя людини.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.3 Технічні параметри

Основні технічні характеристики контролера портативної системи приготування напоїв зібрано в табл.3

Таблиця 3 – Основні технічні параметри виробу

№	Параметр	Розмірність	Значення	Примітка
1	Об'єм контрольованої ємності, л	л	до 40	
2	Вартість,	тис.грн	15	Не більше
3	Напруга живлення, В	В	215-235	220-240,50Гц
4	Частота силової мережі живлення	Гц	50/60	
5	Тип контролера	-	Вбудований	
6	Тип дисплею	-	LCD	Інтегральний
7	Тип блоку живлення	-	Імпульсний	Інтегральний , покупний
8	Режим керування	-	Пропорційний	100 рівнів
9	Тип нагрівання	-	Електричний (ТЕН)	
10	Режим охолодження	-	Природний	Природний або водяний
11	Потужність регулятора	кВт	3,5	Не більше
12	Потужність ТЕН, кВт	кВт	3	Не більше
13	Діапазон таймера, хв	1-180	10-240	1-360
14	Діапазон робочих температур	Град. Цельсія	10-40	
15	Точність встановлення температури ємності	Град. Цельсія	0,2	
16	Тип конструкції	-	Моноплата	
17	Максимальна вологість повітря	%	95	
18	Середнє напрацювання на відмову	Тис.год	8	Не менше

2.2 Розробка структурної схеми контролера керування

Виходячи із сформованого технічного завдання (ТЗ) розроблено структурну схему контролю режимів (технологічних температурних пауз) для роботи мікроброварні на базі універсального, широкодоступного мікроконтролера керування (рис.10).

Робота контролера мікроброварні проводиться під контролем інтегрального мікроконтролера. Системне та користувацьке програмне забезпечення мікроконтролера реалізує керування технологічними операціями під час виготовлення напоїв. Можливість користувацького програмування забезпечує користувацький порядок подання температурних пауз, потужність нагрівання за температурним режимом, контроль температури, тощо.

Інформація про типові режими приготування або режими користувача зберігається в пам'яті мікроконтролера. Режим роботи встановлюється за допомогою блоку кнопок, які для запобігання хибним спрацьовуванням та завадам по колам живлення підключені за допомогою резистивної матриці та ємнісної матриці. Резистивна матриця забезпечує чітке значення логічної 1 на вході мікроконтролера, а ємнісна матриця запобігає мерехтінню контактів під час натискання кнопок. Також чіткому спрацьовуванню сигналів від клавіатури сприяє мікропрограмне забезпечення мікроконтролера, що реалізує багаторазове опитування клавіатури і мажоритарне рішення щодо наявності або відсутності сигналів керування.

Всі режими для виготовлення напоїв можливо викликати на індикаторний дисплей, що підключено до плати керування за допомогою інтерфейсу дисплею. Дисплей виконано на основі рідкокристалічної або світлодіодної матриці та має розрізнення не менше 20 символів у 4 ряди.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

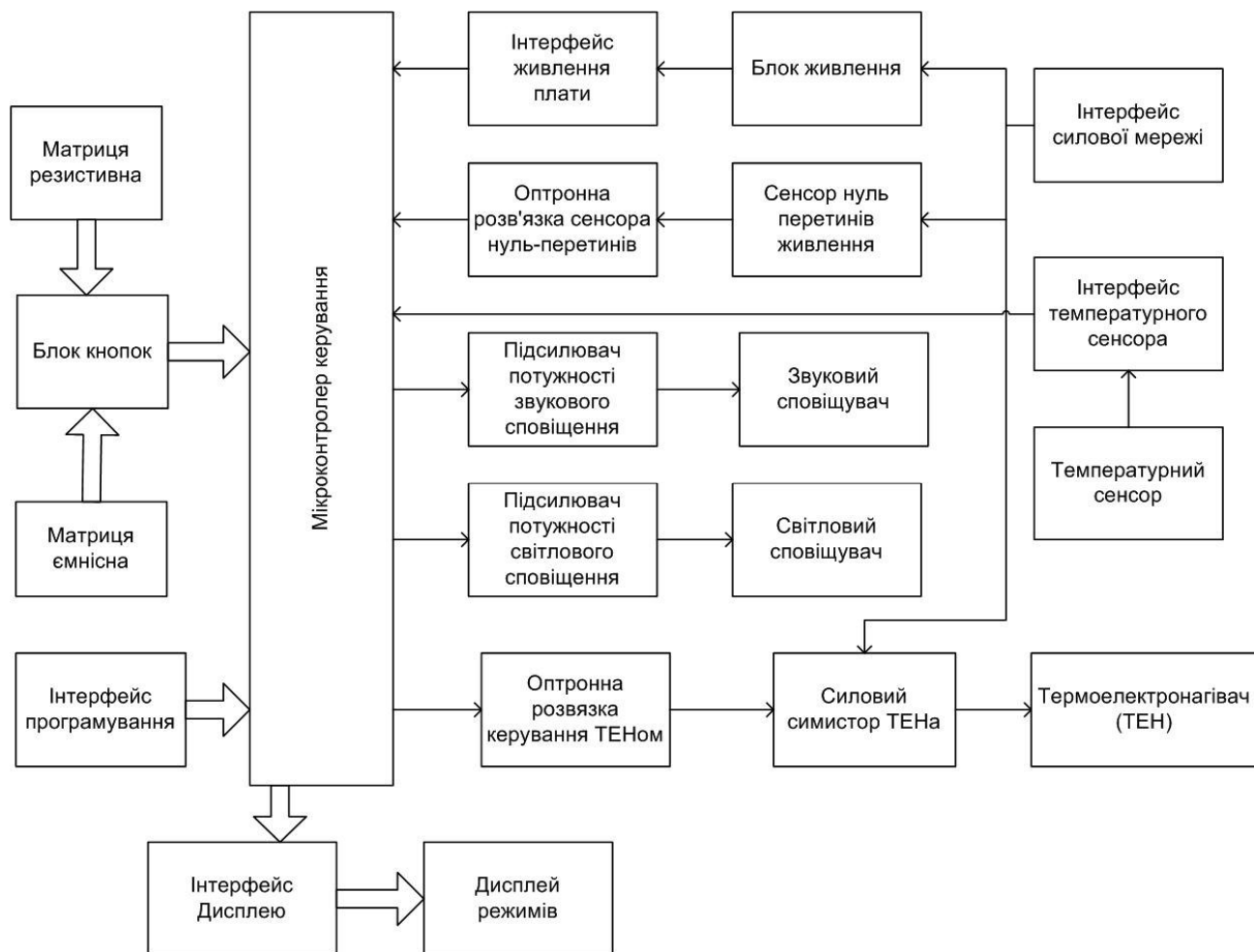


Рисунок 10 – Структурна схема пристрою контролю температурних пауз режимів мікроброварні

Мікроконтролер та усі виконавчі елементи живляться від однофазної силової мережі 230 В, 50 Гц. Блок живлення забезпечує стандартну напругу для живлення мікроконтролера у 5 В та подає на активні модулі, що розташовано на печатній платі. Такими є підсилювач потужності звукового сповіщення, підсилювач потужності світлового сповіщення, дисплей режимів та власне мікроконтролер. Крім того такі підсилювачі забезпечують додаткову розв'язку сповіщувачів від виходів мікроконтролера.

Звукове та світлове сповіщення - важливий елемент під час технологічного процесу виготовлення напоїв, яке призначено для індикації

-
початку-закінчення певно циклу (паузи), а також для видачі сигналів раптових або критичних помилок.

Силове керування нагріванням сусли в баку реалізується за допомогою потужного електронагрівального елемента, тому для взаємодії плати мікроконтролера застосована гальванічна оптична розв'язка електричних кіл силової частини та електричних слабострумівих кіл виходів або входів мікроконтролера, крім того таким чином забезпечується електростатичний та електромагнітних захист від перемикань потужного навантаження.

Виконавчим елементом силової частини є симісторна схема (симісторний оптрон), яка керується з боку мікропроцесора, та за своєю суттю може спрацьовувати в будь-який момент напівперіоду напруги силового живлення. Мінімальна кількість завад по колам живлення створюється в цьому випадку, коли вмикання тиристора проходить на початку на півхвилі напруги живлення, що забезпечує більш стабільну роботу всього контролера потужного навантаження загалом.

Для фіксації моменту початку та закінчення на півперіоду силової напруги живлення в схемі застосовано сенсор нуля перетинів напруги живлення, сигнал якого через оптичну розв'язку надходить на окремий порт мікропроцесора. Таке керування забезпечує слабші можливості щодо пропорційного керування виконавчим навантаженням. Але в умовах активного тепловиділяючого елемента, інерційність якого декілька секунд, практично не впливає на рівномірність нагрівання, тому застосування такої схеми є слушним.

Зрозуміло, що для автоматизації технологічного процесу виготовлення напоїв необхідно мати зворотний зв'язок за температурою. Для цього на ємності для виготовлення встановлюється інтегральний температурний сенсор, сигнал із якого по типовому низько швидкісному інтерфейсу надходить до порту мікроконтролера. Живлення сенсору також надходить із внутрішнього блоку живлення контролера мікроброварні. Особливої необхідності застосовувати

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

оптоелектронну розв'язку в цьому випадку потреби немає завдяки слабкострумним колам та цифровому сигналу що надходить.

Таким чином розроблена структурна схема відповідає принципу роботи аналогічних пристроїв та забезпечує реалізацію автоматизованого керування портативним апаратом для домашнього приготування як неалкогольних так і слабоалкогольних напоїв.

2.3 Елементна база

Основою для вибору елементної бази [10-16] є вимоги до мінімізації вартості, доступності компонент, можливості модернізації приладу із розширенням функціональних можливостей, наприклад, збільшення кількості каналів керування, індикації та зворотного сенсорного зв'язку.



Рисунок 11 - Модуль мікроконтролерної плати із встановленим мікроконтролером сімейства STM32

В якості мікроконтролерного модуля, що встановлено в контролер може використовуватись мініатюрна плата WeAct STM32G030F6P6 із встановленим універсальним сучасним мікроконтролером сімейства STM32, або власне

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

розміщення мікроконтролера окремо, через невелику потребу у вхідних та вихідних портах, достатня кількість виводів мікросхеми мікроконтролера до 20.

Мікроконтролери сімейства STM32 побудовано за архітектурою Cortex M0+, із напругою живлення 2..3,6В; із об'ємом Flash-пам'яті 32кБ% оперативної пам'яті технології SRAM -8кБ ; тактовою частотою 64МГц. Мікроконтролер також встатковано типовими інтерфейсами I2S, I2C, LIN, IrDA, USART, SPI та 13 вбудованими аналогово-цифровими перетворювачами.

Наявність 8 та 16 бітних таймерів забезпечує можливість розширеного керування часовими режимами виготовлення напоїв та забезпечити пропорційність керування ТЕНами, або іншими виконавчими пристроями.

Через наявність такого устаткування вбудованого в схему мікроконтролера забезпечується не тільки необхідний функціонал, але і перспективні варіанти модернізації, крім того архітектура мікроконтролера ефективно балансує між споживаним струмом та продуктивністю обробки даних.



Рисунок 12 – Малогабаритний модуль живлення

Модуль блока живлення S-15-3 SOMPOM (рис.12) вартістю близько 200 грн, забезпечує напругу живлення 3 В, що достатньо для роботи мікроконтролера. Потужність живлення 10 Вт, що значно перевищує потреби виробу що розробляється, однак меншої потужності універсальні модулі

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

живлення не випускаються. Значний запас по потужності забезпечує як можливість подальшої модернізації, так і суттєве покращення надійності в цілому через зменшення ефективного коефіцієнту використання.

Підтримка температурного режиму має відбуватись із точністю до 0,3 градуси, серед цифрових інтегральних датчиків широкого застосування для контролера доцільно застосувати (рис.13) сенсор Dallas DS18B20, із температурними межами -55 до +125 °С, та 12 розрядним цифровим виходом, що забезпечує похибку перетворення температури менше 0,3 °С із максимальним часом повного цифрового перетворення 750мс, що відповідає інерційності роботи потужних силових нагрівачів.

Крім того, мікросхема сенсора має вбудований механізм пріоритетної сигналізації під час перетинання порогу спрацьовування. Сигнали до контролера передаються по 1-Wire-інтерфейсу. Система адресації допускає роботу на одну шину великої кількості інтегральних сенсорів. Термометри, побудовані на базі таких сенсорів живляться напругою від 3.0В до 5.5В через окрему лінію живлення [15].



Рисунок 13 – Цифровий температурний сенсор на базі інтегральної схеми DS18B20

На основі корпусування інтегральної схеми DS18B20 в вологозахисний корпус, можливо створити виносний агрегат для вимірювання температури під болтове з'єднання.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Дисплейний модуль являє собою відтворювач режимів роботи, його індикатор має оглядатись з передньої панелі та забезпечувати значний кут огляду. Вимоги до мінімізації вартості та можливості роботи у підвальних приміщеннях зупинили вибір на модулі типу LCD 2004 20x4. Кількість символів інформації достатня для висвітлення інформації про діючий режим контролера та забезпечити просте та інтуїтивно зрозуміле програмування під час встановлення користувацьких режимів контролера [13].



Рисунок 14 – Цифровий дисплейний модуль 20 символів у 4 рядки

Решта обраних компонент представлена в переліку елементів КПТР022082.01.12.02 ПЕЗ.

2.4 Розробка силового блоку керування

2.4.1 Способи керування потужністю ТЕНів

Керування потужністю ТЕНа може реалізовуватись за допомогою як механічних (інших) регуляторів так і електронних (рис.15). Для точного керування необхідне коло зворотного зв'язку на основі температурного сенсора. В усіх типових аналогах виробу реалізація керування потужністю досягається за

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

допомогою електронного регулювання зміною живлячого струму, напруги, або часу силової дії струму [17].

Неперервне регулювання реалізується як включення ТЕНу до схеми полільника напруги або струму. Перевагою такого способу є те, що не змінюється форма та спектр сигналу живлення, що мінімізує кількість генерованих завад для зовнішніх пристроїв. Недоліком такого способу є низький коефіцієнт корисної дії через перерозподіл енергії на компоненті управління.

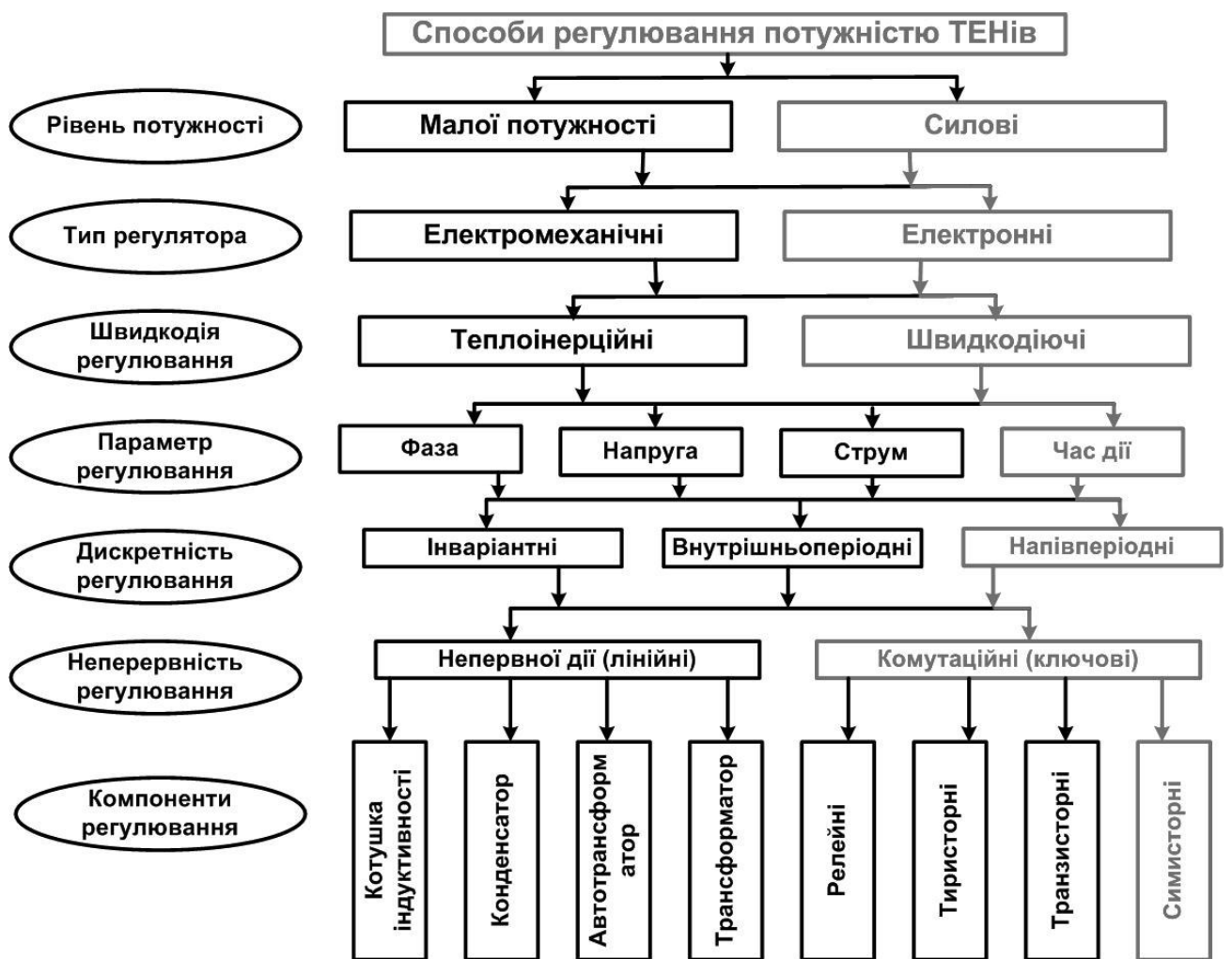


Рисунок 15 – Класифікація способів регулювання потужністю

Неперервне регулювання також можливо організувати реактивним способом, через зсув фази змінної напруги мережі між струмом і напругою на

ТЕНі на деяку величину. В такому випадку значення активної потужності, що виділяється буде пропорційно косинусу кута зсуву між напругою та струмом. Перевагою такого способу є ККД, що наближається до 100%, однак робота на низьких частотах спряжена із використанням великих значень реактивностей або їх еквівалентів із значними габаритами і масою. До цього ж способу відноситься спосіб регулювання із використанням лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) або трансформатора із регульованим коефіцієнтом трансформації.

Обидва представлених вище способи неперервного регулювання застосовуються для ТЕНів незначної потужності (до 10 Вт), та для точного керування процесом нагрівання, наприклад, у термостатах стабільних кварцових генераторів вимірювальних приладів.

Для потужних систем нагрівання (в нашому випадку треба нагріти об'єм близько 50л) що потребує нагрівача у декілька кіловат. Якщо робоча потужність ТЕНу сягає більше декількох кіловат, то така система нагрівання має значну теплову інерційність (рис.16) та допускає використання інтервалів часу близько секунди (наприклад, нагрівання прасок). Таке значення порівняно невелике із часом природного охолодження або нагрівання рідини такого об'єму.

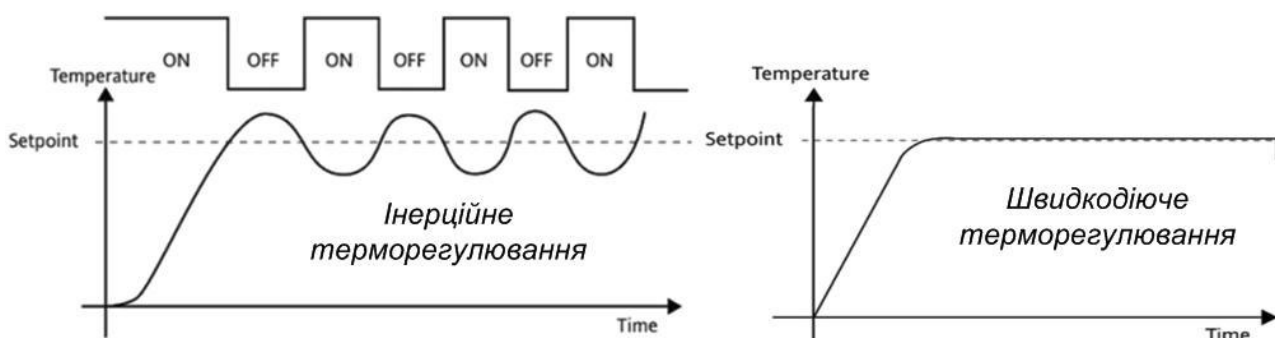


Рисунок 16 – Характеристики термостабілізації під час терморегулювання

Основні способи керування потужністю кіловатних ТЕНів із використанням ключових елементів (часове керування) можна поділити на елементи із швидким керуванням, що проводять перемикання із мінімальним

-
інтервалом часу співмірним із періодом змінної напруги силового живлення (50Гц). Та способи комутації із набагато більшим часом, співмірним із значенням теплової інерційності об'єму, що нагрівається (більше 1с).

Для швидкого керування використовують швидкодіючі електронні комутаційні компоненти такі як потужні транзистори, тиристори та симістори. Подібні регулятори потужності називають «димери». Зрозуміло, що також вони можуть використовуватись для «повільного» але вже електронного регулювання активною потужністю [14].

ТЕНи у складі електронних або електромеханічних терморегуляторів із комутацією працюють за принципом вмикання або перемикання частин або цілого активного елемента ТЕНУ за умови досягнення певної температури, тобто діють як стабілізатори температурного режиму. Вони можуть також використовуватись для підтримання заданого температурного режиму та програмованої зміни значення температури, а значить потребують плавного регулювання.

2.4.2 Симісторне регулювання потужністю ТЕН

Для потужних ТЕНів висуваються вимоги в першу чергу високого ККД [18], надійності та довговічності, а також, як в нашому випадку плавності та точності регулювання температури. Фактично пристрій, що розробляється є автоматом із колом зворотного зв'язку який встановлює та підтримує певний температурний режим бака для бродіння із точністю не гірше 0,3 градуси.

Виходячи із аналізу елементної бази для температурного сенсора використовується цифровий виносний інтегрований вимірювач, а керування, програмування та підтримка температурних режимів реалізується за допомогою мікроконтролера із можливістю перепрограмування «на місці».

Розміщення пристрою в рамках побутового застосування вимагає забезпечення мінімізації завад, що генеруватимуться під час роботи регулятора,

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

який має виконавчий комутаційний елемент у вигляді симістор. Такий вибір обумовлений мінімізацією вартості через простоту схеми (зменшення кількості компонент), та можливістю пропорційного електронного швидкого керування за час, що набагато менше часу інерційності нагрівального об'єму.

Принцип роботи симістора [13] полягає у вмиканні під час дії імпульсу або рівня напруги на керуючому електроді та вимиканні під час значень силової напруги близьких до нуля. Подібний принцип також використовує і тиристор, але він потребує попереднього перетворення змінної напруги в пульсуючу однополярну, що збільшує кількість силових елементів схеми.

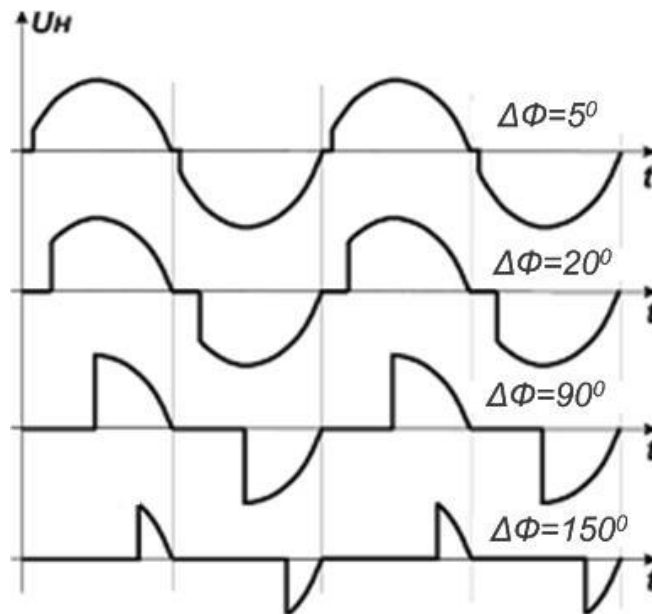


Рисунок 17 – Принцип фазового неперервного внутрішньонапівперіодного керування потужністю за допомогою симістора

Відповідно принципу роботи таких комутаційних елементів як симістор та тиристор реалізується фазовий спосіб регулювання силовою потужністю (рис.17). Чим пізніше початок включення симістор відносно початку напівперіоду, тим менше значення потужності ТЕНу і відповідно слабше нагрівання об'єму бака.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Недоліком такого способу є перетворення силової синусоїдальної напруги в імпульсну різнополярну напругу із різкими змінами, що призводить до розширення спектру такого сигналу та появі потужних комутаційних завад, в тому числі по колам живлення, що неприпустимо з точки зору електромагнітної сумісності.

Збереження всіх переваг симісторного комутаційного керування із одночасною мінімізацією комутаційних завад використовують спосіб черезнапівперіодного керування (рис.18), в якому симістор вмикається на інтервал часу, кратний повному періоду силової напруги (20мс) [12]. В такому випадку комутація має відбуватись в момент переходу силової напруги через нульове значення. В результаті форма силової напруги складається із частин синусоїдальної напруги, що кратна одному періоду, розділених інтервалами часу вимикання, що теж кратні одному періоду силової напруги живлення.

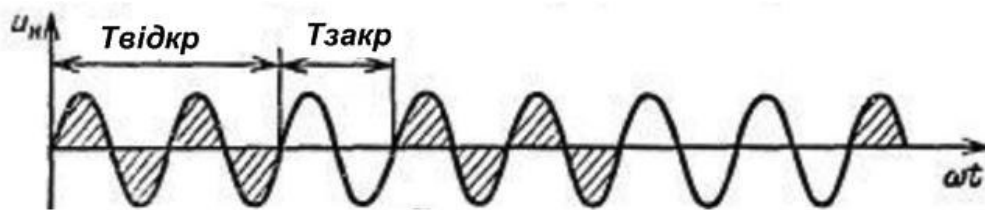


Рисунок 18 – Принцип керування активною потужністю із роботою симістора в інтервали часу, кратними періоду

Для реалізації такого принципу керування необхідно визначати моменти переходу силової напруги через нульове значення, що досить просто зробити за допомогою нуль-компаратора за простою схемою. Середній рівень активної потужності та дискрету керування залежить від співвідношення часу симістор у відкритому та закритому стані. Якщо чергувати відкриті та закриті стани на інтервалі часу в 1с, то кількість дискретів встановлення потужності дорівнюватиме частоті промислової мережі живлення, а потужність змінюватиметься від 1/50 до 50/50 від номінальної потужності ТЕНа.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Подібна схема повністю не усуває завади, але суттєво зменшує ширину їх спектру та спектральне насичення, що дозволяє суттєво покращити рівень електромагнітної сумісності без застосування фільтрів або інших схем для пригнічення мережевих завад [8].

Слід зазначити, що через значну швидкодію сучасних силових елементів, в останні роки можливе використання ключового керування із перетворенням частоти промислової мережі в діапазон ультразвукових частот та використання імпульсних різновидів модуляції для отримання заданої активної потужності в нагрівачі. Однак такий метод спряжений із додатковими апаратними ускладненнями схеми та подальшим зростанням завад, особливо завад в радіодіапазоні, спряжених із передачею шкідливої енергії завади через ефір.

2.4.3 PID керування температурою

Таким чином фазове керування потужністю ТЕН за допомогою симістора можливо поділити на внутрішньоперіодна та черезнапівперіодне. Регулювання температури проходить за допомогою досить інерційного елемента у вигляді ТЕН на основі еквівалентної схеми керування із зворотним зв'язком –PID регулятора (рис.19) [19,20].

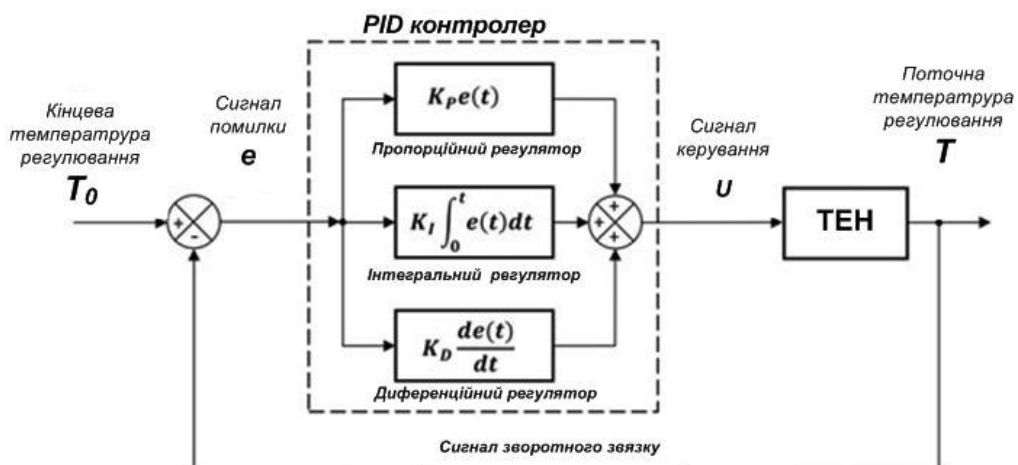


Рисунок 19 – Схема регулювання температури на основі PID-регулятора

						КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

Якщо використовувати вмикання та вимикання його на час співмірний із тепловою інерційністю ми будемо мати нагоду отримати неточність дотримання температури у декілька градусів, що виходить за межі температурних режимів під час технології пивоваріння.

Таким чином контролер має сам вибирати параметри та точність підтримання температури та визначати поточну потужність ТЕНу для досягнення максимального наближення до умов, що закладені в технологію виготовлення того чи іншого напою (рис.20). Подібні алгоритми керування використовуються не тільки для керування температурою, але і в інших галузях.

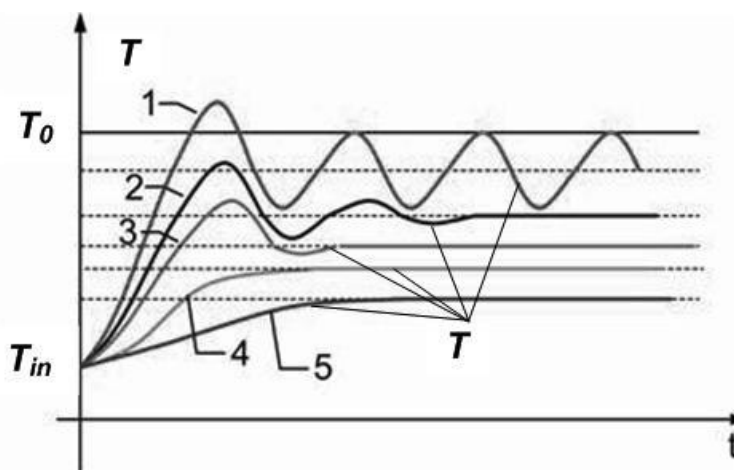


Рисунок 20 – Часові діаграми роботи PID регулятора

Універсальність застосування таких схем обумовила назву подібних технологій (алгоритмів) як пропорційне інтегрально-диференціальне (PID) регулювання, а програмно-апаратний пристрій, що виконує алгоритм процесу - PID контролер. Універсальність PID алгоритму для різних галузей дозволяє використати вже розроблені програмно-апаратні модулі та частини для зменшення вартості як розробки та виготовлення виробу.

PID контролер складається із пропорційної, інтегральної та диференційної ланки, через встановлення параметрів яких можливо отримати різні характеристики регулювання у часі (рис.20).

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Принцип роботи PID- контролера передбачає екстраполяцію наступного значення температури за минулими значеннями температури під час регулювання, при цьому весь час генеруючи сигнал похибки, таким чином, щоб максимально звести її до нуля (рис.17).

Пропорційна ланка має функцію швидкого керування на помилку пропорційно значенню помилки, але не спроможний усунути стаціонарні помилки. Інтегральна ланка PID-контролера визначає рівень стаціонарної помилки через інтегрування показників і таким чином може усувати помилку але за рахунок збільшення часу інтегрування. Диференційна ланка відповідальна за екстраполяцію значень через визначення швидкості зміни поточної температури. Дія диференційної ланки може призвести до появи коливального процесу встановлення значення заданої технологією виробництва температури. Всі компоненти PID-регулювання температури працюють одночасно для більш точного динамічного контролю температури або іншого регульованого параметра.

Якість PID регулювання напряму залежить від налаштування параметрів всіх ланок. Зазвичай, під час регулювання температури, намагаються отримати гладку криву регулювання (див.рис.20) із максимальною швидкістю встановлення режиму із коливальними процесами що не виходять за межі 0,3 градуси, задані в ТЗ на даний виріб. Зазвичай налаштування параметрів проводять або за допомогою експериментальних досліджень яким передують ретельне моделювання засобами автоматизованого проектування. Також слід зазначити, що диференційною ланкою під час регулювання температури зазвичай нехтують, то такий регулятор називають PI- регулятором.

Таким чином для досягнення регулювання температури для виготовлення домашніх напоїв обґрунтовано використання PID регулювання ТЕНОм потужністю 3кВт, за допомогою симісторного ключа-регулятора із фазовим керуванням. Конкретний різновид фазового керування слід обирається на основі

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначення початку циклу керування за нуль-перетинами напруги живлячої мережі та результатами контролю струму та температури одночасно.

Проста і добре відпрацьована структура PID регулятора дозволяє легко пристосуватись до зміни умов регулювання та підтримання температури в умовах зміни потужності ТЕНу, початкових значень температур, тощо.

2.4.4 Моделювання роботи PI регулятора

Моделювання необхідне для проведення оціночного аналізу встановлення параметрів програмно-апаратного PID регулювання із використанням фазового керування симістором із зворотним зв'язком по нуль-перетинам, струму та температурі (основний).

Вихідними даними для моделювання є:

1. Середовище моделювання – MatLab / Simulink , що має потужні засоби та моделі для підтримки моделювання саме PID контролерів.

2. Різновид PID контролера пропорційно інтегруючий (PI), що рекомендовано використовувати саме для регулювання температури [20,21].

3. Модель роботи ТЕНу для виходу на режим та підтримання температури – інерційне коло із запізненням без підсилення, що описується операторним рівнянням:

$$K_{ТЕН}(p) = \frac{K_{II}}{T_C p + 1} EXP\{-T_3 p\} \quad (1)$$

де, K_{II} - коефіцієнт передачі потужності від ТЕНу до баку із сушлом (іншим розчином);

T_C - інерційність прогрівання , характеризує час прогрівання баку із сушлом до максимальної температури за умови відсутності витоків тепла для сповільнення.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

T_3 - затримка від моменту спрацювання схеми управління подачі напруги на нагрівач до початку реального збільшення значення температури нагрівального об'єму.

4. Під час моделювання слід отримати рекомендації щодо встановлення параметрів PID-контролера в схемі регулятора із тепловою інерційною ланкою із запізненням для отримання аперіодичної гладкої характеристики нагрівання (без суттєвого збільшення або зменшення значення контрольованої температури під час перехідного процесу встановлення її значення).

Враховуючи умови моделювання складена програма на мові MatLab для досліджень залежності поточної температури від часу для ПІ регулятора

```
p = tf('p'); % Передавальна функція бака з ТЕНо
P = 1/(50*p + 1)^2; % Спрощена модель кола другого порядку
C = pidtune(P, 'PID'); % Автоматичне налаштування PID регулятора
T1 = feedback(C*P, 1); % Формування кола зворотного зв'язку
step(T1); % Аналіз реакції регулятора,
```

а також створена Simulink модель (рис.21) для досягнення результатів моделювання за вхідними даними.

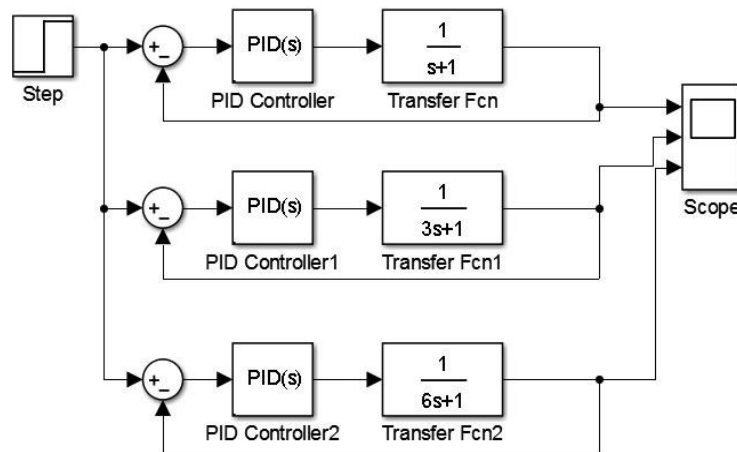


Рисунок 21 - MatLab / Simulink модель для дослідження впливу параметрів моделей на регульовальну характеристику PID регулятора температури(ліворуч) та результат роботи програми MatLab за нормованими параметрами регулювання.

Simulink модель регулятора складена таким чином, щоб отримати одночасно декілька залежностей та забезпечити відтворення характеристик (рис.22) регулювання на виході PID-регулятора температури баку на 30л.

Під час моделювання проводилось варіації трьома нормованими параметрами моделі:

1. Коефіцієнтом підсилення пропорційної ланки PID контролера K_{PID} ;
2. Коефіцієнтом інтегрування інерційної ланки PID контролера K_I .
3. Параметром інерційності нагрівача (T_C), за умови сталого коефіцієнту передачі потужності (K_{II}) від ТЕНу до баку із сушом.

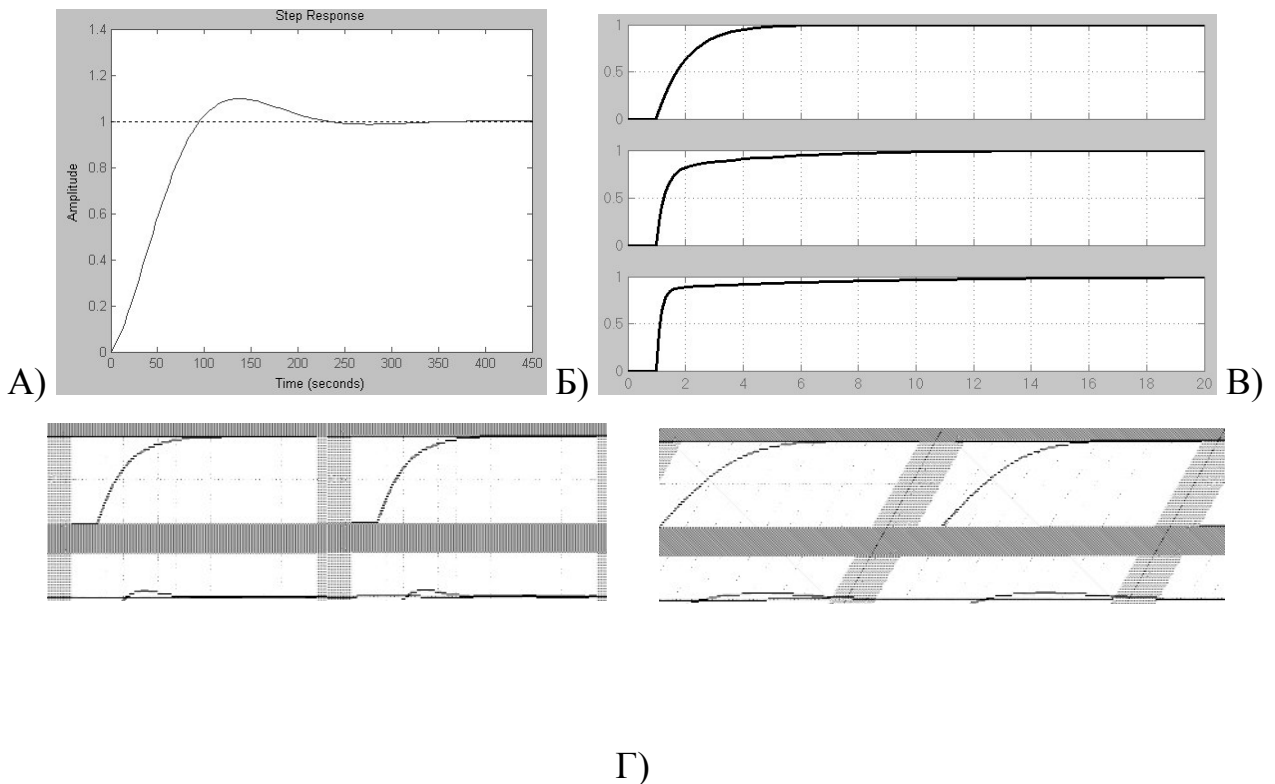


Рисунок 22 – Результати моделювання процесу встановлення та регулювання температури на основі ПІ- регулятора:

- А) Для типових параметрів MatLab моделі;
- Б) Під час зміни $K_{PID}=1,3,6$. Решта за ініціалізацій ним замовчуванням;
- В) Під час зміни $K_I=1,3,6$. Решта за ініціалізацій ним замовчуванням;
- Г) Під час зміни $T_C=1,3,6$. Решта за ініціалізацій ним замовчуванням.

За результатами моделювання можливо зробити такі висновки, що мають вигляд слушних пропозицій для розробки програмної частини PID регулювання нагріванням пристрою для виготовлення домашніх напоїв, в тому числі і пива:

1. Швидкодія регулювання напряму залежить від коефіцієнта підсилення пропорційної ланки, але має встановлюватись в обмеженому діапазоні через можливість появи резонансних процесів (див. рис.1.Б).

2. Значення коефіцієнту інтегрування інерційної ланки PID- контролера практично не впливає на швидкість встановлення значення температури, але активно впливає на рівень динамічних зміни під час встановлення температури, що неприпустимо для умов заданих в ТЗ.

3. Параметри моделі нагрівання ТЕНом баку для напоїв (бойлера) суттєво впливають як на швидкість регулювання так і на коливання температури під час встановлення температурного режиму.

За результатами моделювання можливо подати такі рекомендації щодо конструкції пристрою, що розробляється:

1. Під час розробки конструкції встановлення ТЕНу слід забезпечити мінімальну теплову інерцію, це не тільки зменшить сторонні витрати тепла, але і поліпшить динамічну характеристику нагрівання.

2. Параметри інерційності інерційної ланки PID- контролера слід вибирати максимально близькими до параметрів інерційності об'єму для нагрівання (ТЕНу разом з баком).

3. Для перевірки результатів під час останніх технологічних операцій виготовлення дослідних зразків слід уточнити результати моделювання на реальних параметрах конкретного пристрою для встановлення коефіцієнту підсилення пропорційної ланки PID- контролера.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Оцінювання потужності ТЕН

2.5.1 Вибір критичного технологічного процесу

Оцінювання потужності ТЕН для пивоварного виробництва [1-5] має проводитись відповідно розробленій, або запропонованій технології виробництва із дотриманням температурних пауз (див. табл.1).

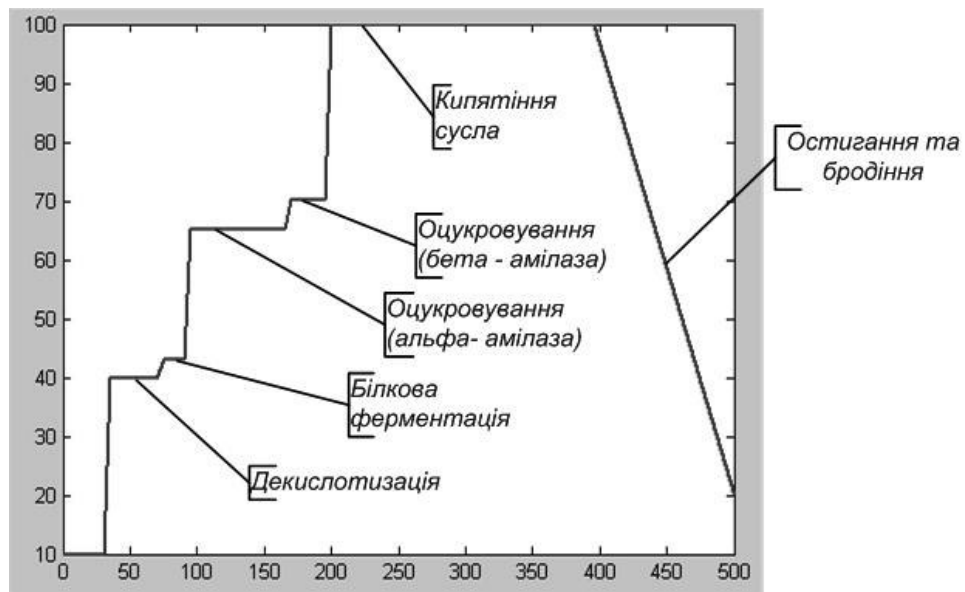


Рисунок 23 – Залежність значення температури (градуси Цельсія) часу (хвилини) під час технологічних процесів виготовлення пива пов'язаних із нагріванням

Загальний час нагрівання (рис.23), зважаючи на початкову температуру (підвальне приміщення) у 10 градусів складає до 10 год. Подальші процеси пов'язані із охолодженням та витримкою для розрахунку потужності ТЕНу можливо не враховувати. Для вибору температурних пауз важлива не тільки градієнт температури, але і швидкість переходу від однієї температурної паузи до іншої, що як раз і забезпечується потужністю нагрівального елементу та правильності вибору режиму його керування із боку контролера.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Найбільша енергія, що має передаватись баку із рідиною (суслом) має передаватись за умови найменшої тривалості температурної паузи та найбільшого градієнту температури, що має бути досягнута. Для визначення цих умов, за табл.1, рис.1 визначимо відношення необхідної зміни температури (градієнту) від тривалості температурної паузи для режимів варіння пива, що пов'язані із нагріванням (рис.24).

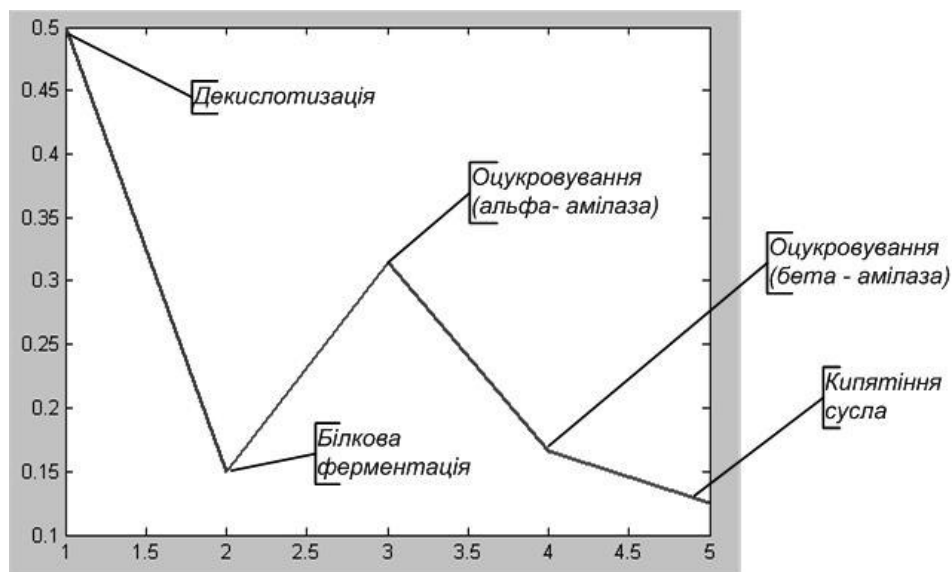


Рисунок 24 – Залежність температурного градієнту від порядкового номера типового технологічного процесу обробки сусла

Із аналізу залежності температурного градієнту для типових технологічних процесів можемо встановити, що найбільша потужність ТЕНу необхідна для початкового технологічного процесу – пов'язаному із первинними процесами декислотизації сусла для подальшого варіння пива. При цьому температура має змінитись за приблизно від 10 до 40 градусів за час не більший ніж 15 хвилин.

2.5.2 Розрахунки потужності ТЕН

Точний розрахунок потужності ТЕН спряжений із багатьма діючими факторами, тому застосуємо оціночний розрахунок на основі калькуляторів для нагрівання води, що представлено на багатьох сайтах, що пов'язані із продажем побутових бойлерів, а також на сайтах постачальників гарячої води побутовим та промисловим споживачам [22].

Під час розрахунків зазначимо, що процес витоку тепла вже нагрітого до певної температури баку із напоем набагато більш повільніший, ніж процес нагрівання, та витратою потужності для підтримки температурної паузи знехтуємо.

В переважній більшості випадків із достатнім рівнем точності провести оцінювання потужності нагрівального елементу визначають за співвідношенням, параметри якого є вхідними даними для розрахунку за інтернет калькуляторами:

$$P_{TEN} = \frac{C_{H_2O} \Delta T_{H_2O} V_B}{t_H}, \quad (2)$$

де C_{H_2O} - константа спрощеного обчислення потужності ТЕН, що дорівнює для води близько 0,0011;

ΔT_{H_2O} - різниця між початковим та кінцевим значенням температури під час нагрівання, $^{\circ}\text{C}$;

V_B - об'єм бака для нагрівання водяного розчину, л

t_H - час нагрівання, год

Наприклад, для найбільш критичного (за рис.24) процесу, обраному раніше потужність ТЕНу становитиме:

$$P_{TEN_1} = \frac{C_{H_2O} \Delta T_{H_2O} V_B}{t_H} = \frac{0,0011 \times 30 \times 30}{0,25} \approx 4(\text{кВт}). \quad (3)$$

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Результати розрахунку підтверджуються результатами отриманими за допомогою Інтернет калькулятора див. Додаток А. Слід зазначити, що первинний процес нагрівання суслу під час виробництва пива може тривати довше, тому слід орієнтуватись на другий по важливості процес в технології пивоваріння – процес оцукровування за допомогою альфа-амілази, для якого за (3) отримаємо:

$$P_{TEN_3} = \frac{C_{H_2O} \Delta T_{H_2O} V_B}{t_H} = \frac{0,0011 \times 19 \times 30}{0,75} \approx 1(\text{кВт}), \quad (4)$$

Результати отримані за (4) підтверджено на основі розрахунків за інтернет-калькулятором. За технічним завданням потужність нагрівача має бути не більше 3 кВт. Виходячи із розрахованих значень потужності для нагрівача оберемо проміжне значення у 2,3 кВт. Таке значення споживаної потужності відповідає струму близько 10А, для побутової напруги живлення у 230В, що суттєво не перевантажуватиме мережу живлення у домашньому господарстві.

Номінальна потужність ТЕНа також має обиратись із норм електромагнітної сумісності, чим менше потужність, тим менше завад для електрорадіоприладів генерується, але тим менш точно витримуються температурні паузи під час виготовлення напоїв. Крім того номінальну потужність краще обирати із типових показників потужності ТЕНів, що випускаються серійно.

Застосування пропорційного керування температурою також припускає використання ТЕНів в діапазоні 1,5...3кВт, через застосування фазового управління потужністю в PID контролері із зворотним зв'язком по струму ТЕНу. Таким чином, проведений технічний розрахунок потужності ТЕНу відповідає умовам, заданим ТЗ.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА ТА РОЗРАХУНКИ

3.1 Розрахунок системи охолодження

3.1.1 Вибір способу охолодження

Найбільш критичним елементом схеми з точки зору локальних перегрівів є симістор, що керує ТЕНом - ВТА41-600В (табл.4). Хоча натепер технологія виготовлення напівпровідникових виробів сягнула вперед, проблема локальних перегрівів електрорадіокомпонент залишається актуальною.

Таблиця 4 – Основні технічні параметри симістора ВТА41-600В

№	Параметр	Розмірність	Значення	Примітка
1	Максимальний змінний струм	А	40	не більше
2	Максимальна змінна напруга	В	600	не більше
3	Струм керування	мА	50	не більше
4	Швидкодія	В/мкс	10	не менше
5	Падіння напруги у відкритому стані	В	1,55/0,85	Мах/мін
6	Динамічний опір	МОм	10	Інтегральний
7	Температура кристалу	⁰ С	125	Гранична
8	Термальний опір кристал - корпус	⁰ С/В	1,2/0,9	Мах/мін
9	Термальний опір корпус - повітря	⁰ С/В	50	мах

Максимальний струм симістор (табл.4) реалізується в режимі перемикачання між температурними паузами відповідно технології виготовлення напоїв. Час перехідного режиму може складати декілька хвилин, що зазвичай більше значення теплової інерції, що складає близько хвилини. Отже розрахунок системи охолодження слід проводити як і для умов стаціонарного нагрівання за максимальної потужності для природної системи охолодження на

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основі радіатора або примусової системи охолодження рухом повітря. Останній варіант не є доцільним через додаткову наявність механічно рухливих частин та наявності додаткових повітряних потоків, що можуть спричинити зменшення ККД системи нагрівання баку із сулом через додаткові сторонні витоки тепла.

3.1.2 Розрахунки радіатора охолодження

Результатом розрахунків радіатора охолодження є площа охолоджувальної поверхні із урахуванням значень теплових опорів та припустимої температури перегріву для напівпровідникового кристалу симістора.

Діючий струм симістор складає близько 10 А, відповідно технічним характеристикам симістор, для нормальної роботи симістора слід забезпечити розсіювання потужності на радіаторі до 10Вт (рис.25).

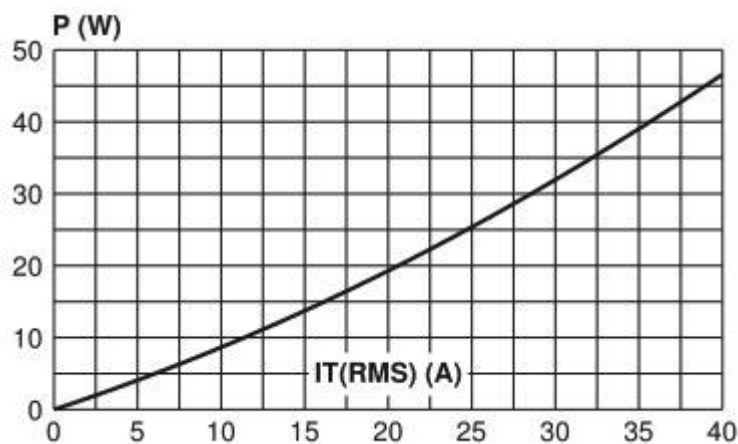


Рисунок 25 – Залежність розсіюваної потужності симістором ВТА41-600В від значення змінного струму у відкритому стані

Температура кристалу обраховується як [13]:

$$T_C = T_0 + P_W (R_1 + R_2 + R_3), \quad (5)$$

де, T_0 - максимальна температура навколишнього середовища (за ТЗ – 40°C ;

P_w - максимальна розсіювана потужність симістора (10Вт);

R_1 - термальний опір кристал – корпус ($1,2^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ – табл.4);

R_2 - термальний опір корпус – охолоджувальна поверхня;

R_3 - термальний опір охолоджувальна поверхня – навколишнє середовище;

Зазвичай теплові опори визначаються паспортними даними та способом приєднання охолоджувального елемента до радіатора. Для потужних навантажень часто забезпечують не тільки мінімізацію теплового опору але і електричну ізоляцію між корпусом симістора та радіатором. Останнє найбільш просто реалізувати за допомогою тонких ізоляційних прокладок (рис.26) або термопасти.

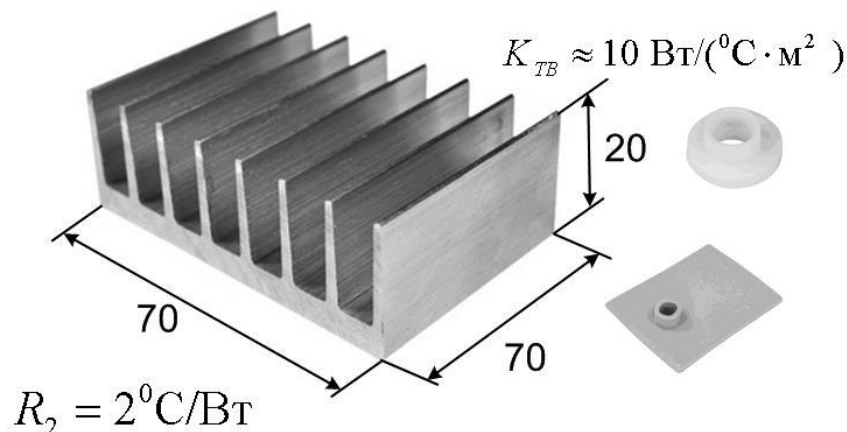


Рисунок 26- Форма радіатора та силіконових прокладок для забезпечення примусового охолодження симісторів контролера

Найбільш досконалим та інноваційним рішенням для радіатору охолодження є силіконова прокладка із втулкою для електричної ізоляції симістор від радіатора (рис.26), що має товщину близько 0,3 мм та забезпечує тепловий опір корпус - радіатор до $2^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ за рахунок високої теплопровідності та щільного притискання до радіатору симістор через гвинтове з'єднання.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Маючи тільки одну невідому в формулі (5) можливо розрахувати необхідний тепловий опір для радіатора за умови припустимої температури кристалу у 100°C :

$$R_3 = \frac{T_c - T_0}{P_w} - R_1 - R_2 = \frac{100 - 40}{10} - 1,2 - 2 = 2,8 (^{\circ}\text{C} / \text{Вт}), \quad (6)$$

що є порівняно невеликою величиною порівняно із тепловим опором корпус симістора – навколишнє середовище без радіатора.

Оцінити у першому наближенні площу радіатора можливо за допомогою коефіцієнтного методу на основі використання коефіцієнту тепловіддачі. Коефіцієнт тепловіддачі визначається рядом чинників, формою радіатора, розташуванням у корпусі і навіть температурою, за якої проходить охолодження потоками повітря. Зазвичай коефіцієнт тепловіддачі для радіатора типу пластина складає від 8 до 15 $\text{Вт}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2)$. Для значних температурних градієнтів коефіцієнт тепловіддачі може становити до половини від початкового значення.

Із використанням поняття коефіцієнту тепловіддачі площу радіатора можливо розрахувати як:

$$S_P = \frac{1}{K_{TB} R_3} = \frac{1}{20 \times 2,8} \cong 0,036 (\text{м}^2) \cong 360 (\text{см}^2), \quad (7)$$

де K_{TB} - коефіцієнт тепловіддачі радіатора (значення обрано із запасом на температурну залежність).

В якості радіатора можливо використовувати елементи конструкції виробу, але такі, що термоізовані від основного баку, однак для більш надійного електрозахисту найбільш доцільно застосувати радіатор охолодження який випускається серійно із алюмінієвого сплаву 6063-T5 – алюмінієві екструдовані пластинчасті радіатори. Такі радіатори можуть встановлюватись

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

безпосередньо на платі так як мають співмірні габарити, якщо врахувати ребра жорсткості.

3.2 Схема електрична принципова

3.2.1 Чипсет та клавіатура

Схема електрична принципова представлена на кресленні КПТР022082.01.12.02Е3 та розроблена відповідно структурній електричній схемі КПТР022082.01.12.02Е1.

Центральним елементом схеми є мікроконтролер DD1-STM32G030F6P6 в планарному корпусі, що має 20 виводів (рис.27). Програмне забезпечення мікроконтролера [26,27] завантажується через інтерфейс – роз'язтя Х5.

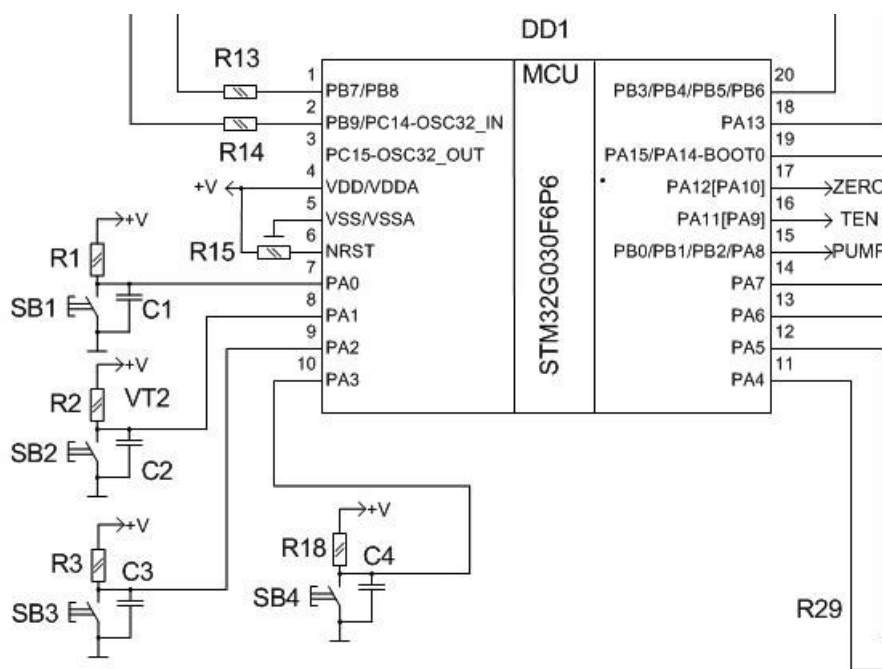


Рисунок 27 – Підключення блоку клавіатури пристрою до мікроконтролера

Схема чіпсетної підтримки мікроконтролера типова відповідно технічній документації. Програмування портів мікроконтролера покладається на

-
розробника програмного забезпечення та виходить поза межі даного кваліфікаційного проекту.

Блок клавіатури складається із 4 кнопок SB1-SB4 (рис.27). Під час натискання кнопки на входи портів PA0-PA3 мікроконтролера потрапляє напруга близька до 0В, що відповідає низькому логічному рівню.

Високий логічний рівень на портах PA0-PA3 підтримується за допомогою резисторів підтяжки рівня R1-R3,R18, які разом із конденсаторами C1-C4 також забезпечують формування інтегруючого кола для апаратного усунення мерехтіння контактів.

Зовнішні інтерфейси можливо поділити на сигнальні та силові. Сигнальні інтерфейси через порти мікроконтролера для уніфікації взаємодіють із мікроконтролером через роз'ємні з'єднання із 4 лініями. Серед сигнальних інтерфейсів присутні два інтерфейси для сенсорів температури (розняття X6-X7) по 1 Ware протоколу обміну, а також сенсор активності помпи перемішування рідини в бродильному об'ємі (X4). Сигнальний інтерфейс через розняття X8 виводить інформацію про режими та налаштування на зовнішній дисплей через SPI протокол обміну. Резистори R28-R34 забезпечують формування чітких логічних рівнів на входах портів мікроконтролера.

3.2.2 Звукова та світлова індикація

Звукова індикація (рис.1) реалізована за допомогою зумера із вбудованим генератором BA1. Світлова індикація відбувається за допомогою яскравого світлодіода VD1. Звукова та світлова індикація є допоміжними елементами, що забезпечують разом із дисплеєм індикацію переважно заборонених або аварійних режимів роботи пристрою.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

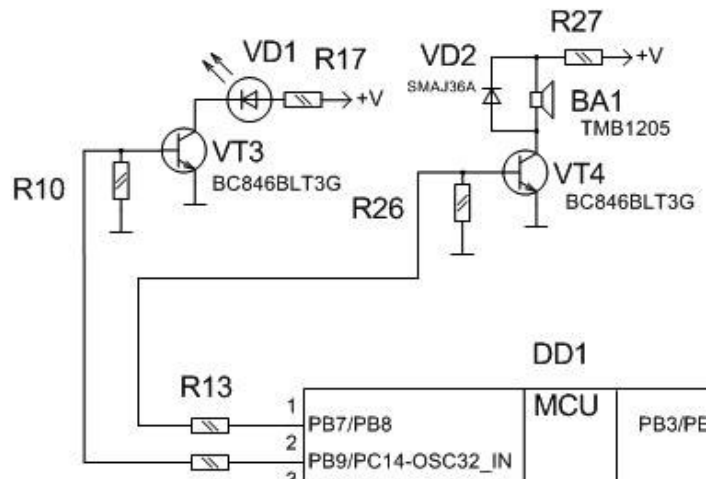


Рисунок 28 - Підключення світлового та звукового індикаторів до мікроконтролера пристрою

Транзисторні каскади із спільним емітером на VT3 та VT4 забезпечують підсилення звукових та світлових сигналів портів мікроконтролера відповідно за потужністю. Резистори R13, R14 в складі транзисторних каскадів підсилення обмежують вихідний струм порта на рівні до 1mA та унеможливають його перенавантаження. Захисний діод VD2 забезпечує протікання зворотних струмів самоіндукції під час вмикання та вимикання зумера як індуктивного навантаження.

3.2.3 Силовий блок

Силовий блок представлений системою керування ТЕНом, помпою перемішування та блоком живлення напруги плати на 3,3В. Для запобігання дії потужних завад по колам силового живлення між інтерфейсом мережі живлення X1, інтерфейсом підключення ТЕНу – X2 та інтерфейсом підключення помпи X3 включені оптронні розв'язки DA1-DA3, що реалізують відокремлення гальванічних ліній чутливих портів мікропроцесора від мережевої напруги живлення.

									Арк.
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР 022082.01.12.00ПЗ				

Керування потужністю та швидкістю роботи помпи реалізується за допомогою силових тиристорів VS1 та VS2 відповідно, за методом напівперіодної комутації. Тобто кожен півперіод мережевої напруги може пропускати або блокувати струм живлення через симістор. Комутація симістора проходить в моменти часу в яких мережева напруга перетинає нульове значення, таким чином мінімізується миттєвий ривок струму через навантаження і слабшають відповідні завади.

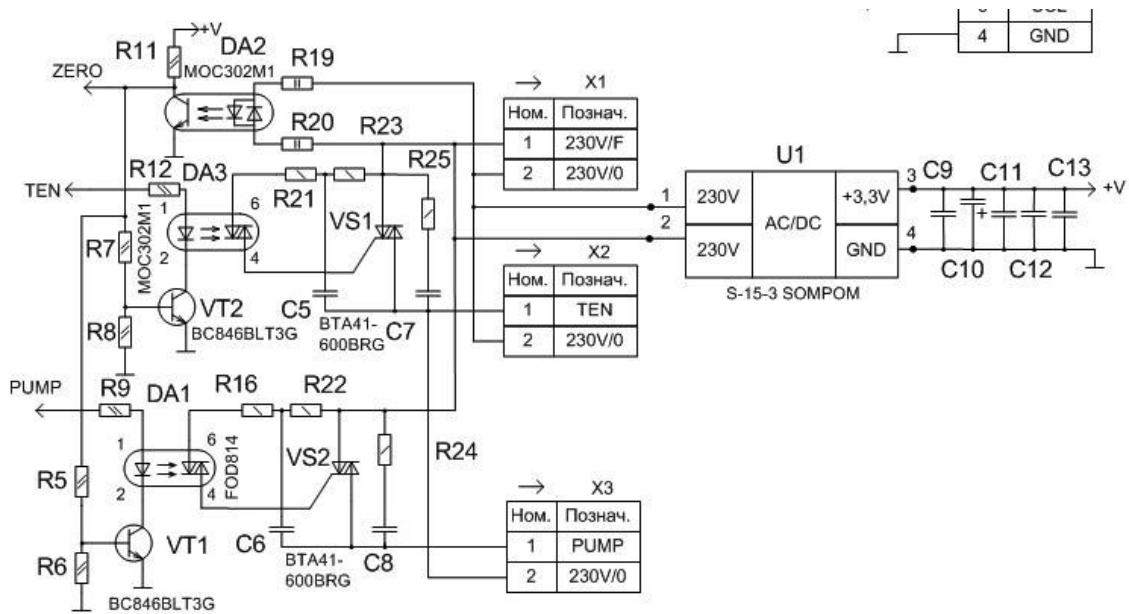


Рисунок 29 – Фрагмент схеми силового блока пристрою

Схема нуль контролю мережевої напруги зібрана на зустрічно-паралельному транзисторному оптроні DA2, таким чином, що в зоні нуль-перетинів на виводі 4 DA2 формується рівень напруги близький до 3,3В. В результаті струм, що протікає через резистор R11, R7 та R9 відкриває транзистори VT1, VT2 та створює потенційні можливості протікання струму диністорних світлодіодних оптронів DA1,DA3 якщо на відповідних портах (лінії електричних кіл TEN,PUMP) генерується високий логічний рівень із напругою близькою до 3,3В.

Крім того по лінії зв'язку ZERO цей рівень надходить на вхідний порт мікропроцесора та забезпечує можливість фіксації моменту переходу мережевої напруги через нуль для роботи програмної підтримки мікропроцесора.

Під час появи високого логічного рівня на портах мікропроцесора до яких підключено лінії TEN,PUMP спрацьовують диністори у складі оптрону, що запускає керуючий струм у потужних симісторах навантаження VS1,VS2, в результаті дії якого вони відкриваються та пропускають струм навантаження.

Для запобігання комутаційним завадам по колам керування симісторів застосовані захисні елементи R21,R25,C5 та R16,R22,C6, а також по вихідним колам симісторів R25,C7 та R24,C8.

Вторинне живлення усіх елементів плати контролера генерується окремим покупним модулем із вихідною напругою 3,3В. Модуль являє собою мініатюрний імпульсний високочастотний перетворювач U1. Для запобігання комутаційним завадам до виходу модуля у безпосередній близькості підключено конденсатори C9,C10, що блокують протікання струмів високих частот. Конденсатор C11 має бути розташовано близько виводів мікросхеми мікроконтролера, конденсатор C12, близько зони розташування інтерфейсу програмування, а конденсатор C13 близько розташуванню елементів силового блока.

3.3 Розрахунок елементів схеми

3.3.1 Опори струмообмежуючих резисторів індикації

Струмообмежуючі резистори для індикаторних елементів обираються виходячи із навантажувальної спроможності портів мікроконтролера та номінальних значень індикаторних електрорадіоелементів.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Навантажувальна спроможність виводів мікроконтролера DD1 (згідно паспортним даним) складає 10мА, для зменшення енергоспоживання вважатимемо припустимий струм порта на порядок меншим до 1мА.

Значення струмообмежуючого резистора R13 для світлодіодної індикації VD1, можливо розрахувати як:

$$R13 = \frac{V_{жс} - U_{K_{VT3}} - U_{DD1}}{I_{DD1}} = \frac{3,3 - 0,2 - 0,2}{0,001} \approx 3(кОм), \quad (8)$$

де $V_{жс}$ - напруга живлення плати контролера;

$U_{K_{VT3}}$ - падіння напруги на колекторному переході транзистора малопотужного планарного транзистора BC846BLT3G у відкритому стані;

U_{VT3} - падіння напруги вихідних кіл портів мікроконтролера STM32G030F6P6;

I_{DD1} - припустимий струм вихідних портів мікроконтролера STM32G030F6P6 взятий із запасом.

Значення струмообмежуючого резистора R17 в колекторному колі VT3 розраховується як

$$R17 = \frac{V_{жс} - U_{K_{VT3}} - U_{VD1}}{I_{VD1}} = \frac{3,3 - 0,2 - 2,2}{0,02} \approx 47(Ом), \quad (9)$$

де U_{VD1} - падіння напруги на відкритому світлодіоді червоноцї кольору;

I_{VD1} - номінальний струм яскравого дифузного світлодіоду 10мм діаметром Він не перевищує максимально припустимий струм транзистора VT3.

Для каскаду звукової індикації, зібраному на VT4 значення резистору R14 можливо обрати як $R14=R13$, через максимально споживаний струм зумера ТМВ1205 що складає 20мА за напруги 3,3 В та за для типізації номіналів резисторів. Опори резисторів, що забезпечують надійне закриття транзисторів

									Арк.
									59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР 022082.01.12.00ПЗ				

ключових каскадів на VT3,4 зазвичай обирають як R26=R10=10кОм, щоб струм через них під час відкритих транзисторів був набагато меншим за струм бази транзистора (близько 0.1мА) і більшим за зворотний струм в закритому режимі за паспортними даними (0,1мкА).

Резистор R27 разом із імпульсним діодом VD2 в колі зумера BA1 забезпечує додатковий захист від комутаційних завад самоіндукції, за умови R27=10Ом падіння напруги на ньому не перевищує 0,2В.

3.3.2 Опори резисторів силового блоку

Резистори силового блоку розраховуються відповідно паспортним даним оптоелектронних виробів, що застосовано в контролері та схемі електричній принциповій із розрахунку значення припустимого струму портів мікроконтролера DD1 до 10мА та струму включення диністорних оптопар DA1-DA3 - MOC302M1 та FOD814, що складає 8мА. Таким чином обидві оптопари можливо підключати безпосередньо входами керування до порту мікроконтролера. При цьому значення струмообмежуючим резисторів R9=R12 становитиме:

$$R9 = \frac{V_{жс} - U_{KVT3} - U_{VD}}{I_{ОПТ}} = \frac{3,3 - 0,2 - 1,4}{0,008} \approx 220(Ом), \quad (10)$$

де U_{VD} - падіння напруги на світлодіоді оптрона відповідно паспортним даним;

$I_{ОПТ}$ - струм відкривання оптопари (струм світлодіода оптопари).

Оптопара DA2 - FOD814 забезпечує формування вікно дозволу спрацьовування потужних симісторів керування ТЕНОм та помпою перемішування пристрою приготування напоїв через утримання транзисторів VT1, VT2 в закритому режимі більш частину на півперіоду мережевої напруги.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струм, що протікає через транзистор оптопари DA2 за паспортними даними не має перевищувати 50мА. Струми керування транзисторами VT1, VT2 у відкритому ключовому режимі мають складати близько 1мА, звідки опір резистора навантаження вихідного транзистора оптопари DA2 становитиме:

$$R_{11} = \frac{V_{жс} - U_{K_{VT3}}}{I_p} = \frac{3,3 - 0,2}{0,01} \approx 330(Ом), \quad (11)$$

де I_p - робочий струм транзистора оптопари (10мА).

Ключові каскади на VT1, VT2 по базовим колам еквівалентні ключовим каскадам на VT3 та VT4. Тому значення струмообмежуючих резисторів із умов типізації $R7=R5=R8=R6=R13=R14 = 3$ кОм.

Фіксація переходів через нуль проводиться на основі безпосереднього підключення оптопари DA2 до мережі живлення 220В, послідовно включені резистори струмообмеження R19,R20 мають забезпечувати захист вхідних світлодіодів оптопари від струмового перенавантаження та розраховуються як:

$$R_{19} + R_{20} = \frac{V_M - V_{VD}}{I_{VD}} = \frac{230 - 1,4}{0,008} \approx 26(кОм), \quad (12)$$

де V_M - номінальна напруга силового мережевого живлення (230В).

Сумарна розсіювана потужність на резисторах R19,R20 складає:

$$P_{R_{19+R_{20}}} \cong V_M I_{VD} = 230 \cdot 0,008 \approx 2(Вт), \quad (13)$$

Таким чином потужні резистори можуть бути розміщено безпосередньо на печатній платі виробу не перенавантажуючи її тепловий режим.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Якщо обрати коефіцієнт запасу у 50% для резисторів за потужністю, то резистори слід обрати такі, щоб номінальна розсіювана потужність кожного складала 2Вт, а опір кожного складатиме 13 кОм.

Значення решти опорів та елементів схеми силової комутації обрані згідно рекомендаціям паспортних даних окремих компонент.

3.4 Оцінювання рівня надійності виробу

Надійність контролера напоїв, як і будь-якого виробу радіоелектроніки оцінюють відповідно етапам життєвого циклу. Найбільш часто використовують аналіз під час періоду експлуатації, що є найбільш тривалим та слушним з точки зору користувача [28-31]. Якщо розглядати такий період нормальної експлуатації з точки зору статистики відмов, то ми маємо справу із експоненційним законом розподілу, в якому для розрахунків слід подати інтенсивність відмов компонент та схему включення за відмовами. Остання обирається як послідовна схема, через те, що елементів резервування в схемі не передбачено.

Для розрахунку надійності використовується схема електрична принципова виробу із переліком компонент що подана в додатках. Крім того слід вказати орієнтовне електричне навантаження, умови механічного та кліматичного впливу, особливості умови використання приладу загалом, тощо. Перераховані умови для оціночного розрахунку надійності обираються відповідно показникам аналогів та типовим значенням використання.

Сумарну інтенсивність раптових відмов контролера під час експлуатації можливо визначають коефіцієнтним методом як [28]:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^M \lambda_{0i} K_{1i} K_{2i} K_{3i} \alpha_i (t^0, E_i), \quad (14)$$

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

де λ_{oi} - інтенсивність відмов окремого компоненту за нормальних умов експлуатації (паспортні дані), 1/год;

K_{1i} - коефіцієнт впливу вібрації, ударів, прискорення. тощо, що складає для стаціонарних засобів радіоелектроніки близько 1,2, але за умов роботи помпи для перемішування суслу та контролера, що вбудовується в корпус пристрою оберемо вище значення - 2;

K_{2i} - коефіцієнт сукупного температурного та гігроскопічного впливу, для підвальних приміщень за температури $t=+10\dots+30$ °С та відносній вологості у 60-90% встановлюється близько $K_2=1,5$ (підвальні приміщення броварень мають стабільні умови, але із урахуванням вібрацій та додаткової вологи з баку $K_2=3$);

K_{3i} - коефіцієнт впливу несприятливих умов через зміну атмосферного тиску в місці експлуатації $K_3=1,1$;

$\alpha_i(t^0, E_n)$ - коефіцієнт, впливу локальних перегрівів, а також рівня навантаження елемента порівняно із максимально припустимими значеннями, визначається для кожного елемента окремо);

M - кількість складових, що входить до розрахунку надійності (кількість елементів або кількість окремих модулів).

Через приблизно однакові кліматичні та механічні умови експлуатації оцінити надійність (14) можливо більш спрощено, а саме:

$$\lambda_{\Sigma} = K_1 K_2 K_3 \sum_{i=1}^M \lambda_{oi} \alpha_i(t^0, E_i), \quad (15)$$

також через використання групування елементів по рівно надійних групах.

Використовуючи перелік елементів виробу згрупуємо елементи із приблизно рівною інтенсивністю відмов та подамо у вигляді таблиці разом із коефіцієнтом електричного навантаження.

						КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			63

Таблиця 4 – Калькуляція для розрахунку сумарної інтенсивності відмов

№	Групи компонент	Коеф. ел. навантаження	$\lambda_0, 1/\text{год} \cdot 10^{-6}$	Кільк. елем.в групі, шт	$\lambda_0, 1/\text{год} \cdot 10^{-6}$ групи.	Фактор електричного навантаження.
1.	Мікросхеми (оптрони)	0,2	0,007	3	0,0042	Робочий струм
2.	Мікроконтролер	0,2	0,007	1	0,0014	Навантаження портів
3.	Конденсатори планарні	0,2	0,05	8	0,08	Робоча напруга
4.	Конденсатори високовольтні	0,7	0,1	4	0,28	Робоча напруга
5.	Конденсатори, електrolітичні	0,4	0,1	1	0,04	Робоча напруга
6.	Резистори планарні	0,3	0,05	33	0,495	Робоча потужність
7.	Резистори штирові, потужні	0,5	2	2	2	Робоча потужність
8.	Транзистори планарні	0,2	0,01	4	0,008	Робоча потужність, ключовий режим
9.	Діод захисний	0,3	0,03	1	0,009	Середній струм
10.	Світлодіод	0,8	1	1	0,8	Струм світіння
11.	Зумер	1	1	1	1	Інтенсивність роботи
12.	Стабілітрон SOD469	0,7	0,1	1	0,07	Струм стабілізації
13.	Тактова кнопка	0,25	1	4	1	Інтенсивність натискань
14.	Розняття слабкострумові	0,2	0,3	4	0,24	Робочий струм
15.	Клемник силовий	0,6	2	3	3,6	Робочий струм
16.	Модуль живлення	0,02	5	1	0,1	Струм живлення
17.	Печатна плата	1	1	1	1	-
18.	Точки пайки	1	0,005	216	1,08	-
19.	Всього	-	-	289	11,8	

Таблиця 4 дає результат по інтенсивності відмов без застосування коефіцієнтів впливу за (15). Якщо врахувати вказані в (15) коефіцієнти впливу для стаціонарної апаратури, що працює у закритих підвальних або напівпідвальних приміщеннях то сумарна інтенсивність відмов зросте до:

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР 022082.01.12.00ПЗ	

$$\lambda_{\Sigma} = K_1 K_2 K_3 \lambda_{\Sigma 0} = 2 \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cong 80 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{\text{год}} \right), \quad (16)$$

Відповідно експоненційному закону розподілу відмов середній час на відмову під час експлуатації складатиме::

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{80 \times 10^{-6}} \cong 12500 (\text{год}), \quad (17)$$

що повністю відповідає умовам технічного завдання та пристроям прототипам для розробки.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ВИСНОВКИ

- 1 Автоматизація виробництва слабоалкогольних напоїв для невеликих приватних виробництв позитивно впливає на розвиток галузі, в першу чергу галузі пивоваріння, як найбільш провідної галузі даного напрямку. Збільшується асортимент кінцевого виробу, зростає економіка супутніх галузей, удосконалюється технологія.
- 2 Класифіковано базові технологічні режими виробництва пива, відокремлено вимоги до тривалості та температурного режиму, визначено узагальнену структуру пристроїв портативного виробництва пива – мікропивоварень обсягом до 50л за раз. Подано ряд аналогів, що активно просуваються на світовому ринку виготовлення напоїв в домашніх умовах, а саме: GU-S700M-1/2, AquaGradus™ CraftMaster, DM-N30. Проведено аналіз аналогів та розроблена структурна схема Портативна система приготування напоїв КПТР022082.01.12.01Е1.
- 3 Проведено розробку технічних вимог до виробу, що розробляється, визначено мету розробки, зони застосування та розміщення, а також технічні параметри для розробки контролера мікроброварні для виробництва пива : вбудований, із дисплеєм, звуковою та світловою індикацією, природним охолодженням та електричним нагрівом сусла із потужністю не більше 3кВт, для розміщення в підвальних приміщеннях та середнім напрацюванням на відмову не менше 8тис.год.
- 4 Відповідно аналогам та розробленому технічному завданню розроблена схема електрична контролера портативної системи приготування напоїв КПТР022082.01.12.02Е1. Запропоновано використання елементної бази в центрі якої програмне керування на базі мікроконтролера STM32G030F6P6 із тепловими сенсорами DS18B20 та силовими елементами керування ВТА41-600BRG. Взаємодія плати контролера зі зовнішніми електричними

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зеднаннями прогодить через силові клемні розняття та сигнальні штирові розняття.

- 5 Проведено аналіз способів керування потужністю нагрівача із застосуванням симісторних схем як комутаційних елементів. Розроблено класифікаційну схему керування потужністю, за якою обраний спосіб керування класифікується як силовий, електронний, швидкодіючий, із керуванням часом дії, напівперіодний, ключовий симісторний.
- 6 Розглянуто можливості застосування апаратно-програмних схем пропорційних інтегруючих – диференціюючих перетворювачів, для застосування у виробі, що розробляється. Проведено моделювання роботи пропорційно-інтегруючого регулятора в середовищі Matlab, а також створена Simulink модель для досягнення результатів моделювання. Проведено моделювання за розробленими моделями, сформовано рекомендації для розробника програмного забезпечення даного виробу.
- 7 Проведено аналіз перехідних процесів в просторі температурно-часових режимів, під час аналізу встановлено, що найбільша потужність нагрівання застосовується для початкового процесу нагрівання суслу. Відповідно цьому розрахована необхідна потужність електронагрівача, що має становити не менше 1кВт.
- 8 Проведено вибір способу охолодження найбільш критичного елементу – силового симістора, наведено розрахунки радіатора охолодження, що для розсіювання потужності 10Вт має становити не менше 360 кв.см. Обрано тип радіатора охолодження із алюмінієвого сплаву пластинчастого типу габаритами 70x70x20.
- 9 Розроблена схема електрична принципова КПТР022082.01.12.02ЕЗ та складено перелік елементів КПТР022082.01.12.02ЕЗ контролера портативної системи приготування напоїв, що складається із мікроконтролера із чіпсетом, системи інтерфейсів, силової частини, клавіатури, дисплею та блоку живлення. Подано опис функціонування контролера за схемою.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

-
- 10 Проведено розрахунок окремих елементів схеми електричної принципової КПТР022082.01.12.02ЕЗ, що підтверджують правильність прийнятих рішень під час формування конструкторської документації.
- 11 Проведено розрахунок надійності виробу для раптових експлуатаційних відмов через розбиття всіх компонент плати мікроконтролера на групи за рівною інтенсивністю відмов, в результат розрахунку середній час напрацювання на відмову оцінений як не менше 12 тис.год., що відповідає умовам технічного завдання.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Домарецький В. А. Технологія солоду та пива: Підручник. – Київ: «Фірма «ІНКОС», 2004. – 426 с.
2. Температурні паузи при затиранні солоду для пива. Craft Beer. URL: [https://craftbeerclub.com.ua/articles/temperaturni-pauz-pr-zatranni-solodu-dlya-pwa#:~:text=Затирання%20солоду%20-%20це%20процес%20приготову %](https://craftbeerclub.com.ua/articles/temperaturni-pauz-pr-zatranni-solodu-dlya-pwa#:~:text=Затирання%20солоду%20-%20це%20процес%20приготову%20)
3. G30v3 Brewing System. Grainfather All Grain Brewing. URL: <https://shop.grainfather.com/nz/g30v3-brewing-system.html>
4. Домашня міні-пивоварня – Crafter. Crafter – професійне обладнання від виробника. URL: [https://hmel-master.metalworkshop.com.ua/shop/product/домашня-міні-пивоварня /](https://hmel-master.metalworkshop.com.ua/shop/product/домашня-міні-пивоварня/)
5. Bier brauen | Rainer's Projekte. Willkommen | Rainer's Projekte. URL: <https://radow.org/brauen.php>
6. Бондар П. М. Вимірювальні перетворювачі, прилади та системи [Електронний ресурс] : конспект лекцій / П. М. Бондар // Кафедра ПСОН ; НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». – 2009. – Режим доступу : <http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Bondar/lecture1.pdf>
7. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). Характеристики напруги в електричних мережах загального призначення [Текст]. – Чинний від 2015-07-1. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. – 40 с.
8. Рентюк В. — Електромагнітна сумісність: проблема, рішення якою не уникнути, CHIP NEWS Україна, 2018. № 1.
9. Елементна база радіоелектронної апаратури: Пасивні радіокомпоненти В 4 ч. Ч. 1. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.О.Піддубний, І.О.Товкач. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,05 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 98 с.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

-
10. Тищенко К. В. Програмування систем збору і аналізу даних / К. В. Тищенко, О. П. Ткач. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 168 с.
 11. Дімер STM32. stD. URL: <https://istarik.ru/blog/arduino/137.html>
 12. Книш Ю. М. Фізичні основи напівпровідникової електроніки. – Київ:КНУ, 2013. – 296 с.
 13. Троцишин І.В. Фізичні основи електронних приладів: Навч. посібник / І.В.Троцишин – Хмельницький: ХДУ. – 2004. – 488 с.
 14. Бондаренко І.М., Сучасна компонентна база електронних систем: Навчальний посібник / І. М. Бондаренко, О. В. Бородін, В. П. Карнаушенко // Харків: ХНУРЕ. 2020. – 268с.
 15. Цифровий датчик температури Sensor DS18B20 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1942-cifrovoi-datchik-temperaturi-sensor-ds18b20-dlya-sonoff-th10-th16>
 16. Швець Є.Я. Матеріали і компоненти електроніки: навч. посібник /Є.Я.Швець, І.Ф.Червоний, Ю.В.Головка – Запоріжжя, ЗДІА, 2011. – 278 с.
 17. Даниленко М.В. – Основи теплообміну в електроніці. – Київ: КПІ ім І.Сікорського, 2018. - 145с.
 18. Мельник, А. А. Фазозсувні перетворювачі та їх застосування. – Харків:ХНУ, 2018. – 330 с
 19. PID Controller Explained - RealPars. The Easiest Way to Learn Industrial Automation. URL: <https://realpars.com/pid-controller/>
 20. Principles of PID Control and Tuning. Eurotherm. URL: <https://www.eurotherm.com/pt-br/temperature-control-pt-br/principles-of-pid-control-and-tuning/>
 21. Рябенький В.М. Основи моделювання систем і процесів в електротехніці (Використання пакету прикладних програм MATLAB/Simulink). Навчальний посібник / Під редакцією проф. В.М. Рябенького. – Львів: новий Світ – 2000, 2008. – 385 с.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

-
22. Калькулятор розрахунку потужності тону для нагрівання води. Ten24.
URL: <https://ten24.com.ua/ua/blog/kalkulyator-rascheta-moshchnosti-tena-dlya-nagreva-vody/>
 23. Bier brauen | Rainer's Projekte. Willkommen | Rainer's Projekte. URL:
<https://radow.org/brauen.php>
 24. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, т.1, — Харків: «Компанія СМІТ», 2003. — 580 с.
 25. Андреев О.В. Пристрої генерування та формування радіосигналів: навч. посібник [електронне видання] / О.В. Андреев, В.В. Ципоренко, В.Г. Ципоренко, І.І. Полещук – Житомир: ЖДТУ, 2018. – 138 с.
 26. Баран В.С. Основи мікропроцесорної техніки: лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / В.С.Баран, Г.Г.Власюк, Ю.О.Оникієнко, О.І.Смоленська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. –140 с.
 27. Рентюк В. — Практичні питання застосування ІМС ізольованого інтерфейсу в частині виконання вимоги щодо електромагнітної сумісності, Компоненти і технології, 2015. № 3.
 28. Васілевський О.М., Гриценко Ю.В. Нормування показників надійності технічних засобів. Навч. посібник .Вінниця: ВНТУ, 2013р., 160 с.
 29. Буката Л.Н. Чисельні методи та моделювання на ЕОМ: навчальний посібник. – Ч. 1. – Модуль 2 / Буката Л.Н., Глазунова Л.В. – Одеса: ОНАЗ ім.О.С. Попова, 2013. – 84 с.
 30. ДСТУ 3004-95. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. К.: Держстандарт України, 1995. – 123 с.
 31. Розрахунок показників надійності радіоелектронних засобів : навчально-метод. посібник / С. М. Боровиков. І. М. Цирельчук, Ф. Д.: БГУІР, 2010. - 68 с.: іл. ISBN 978-985-488-480-6

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ДОДАТОК А

Скрін результатів розрахунку потужності нагрівача для первинного циклу технології пивоваріння

🔄 <https://www.poproekty.com.ua/calc1/>

УСЛУГИ ▾ НАШИ ОБЪЕКТЫ ▾ О КОМПАНИИ ▾ МАГАЗИН

⋮

Температура холодной воды, °C	10	°C
Температура нагретой воды, °C	40	°C
Объём/масса нагреваемой воды, л/кг	30	л
КПД нагревателя, %	98	%
Расход электроэнергии на нагрев, кВт·ч	1,07	кВт·ч
Расход электроэнергии на нагрев, Гкал	0,001	Гкал
Сколько стоит разогрев воды		
Тариф на электроэнергию, грн за кВт·ч	5	грн./кВт·ч
Стоимость разогрева воды, грн	5,35	грн.
Сколько времени нагревается вода		
Мощность нагревателя, кВт	4	кВт
Время нагрева	0 ч. 16 мин.	

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

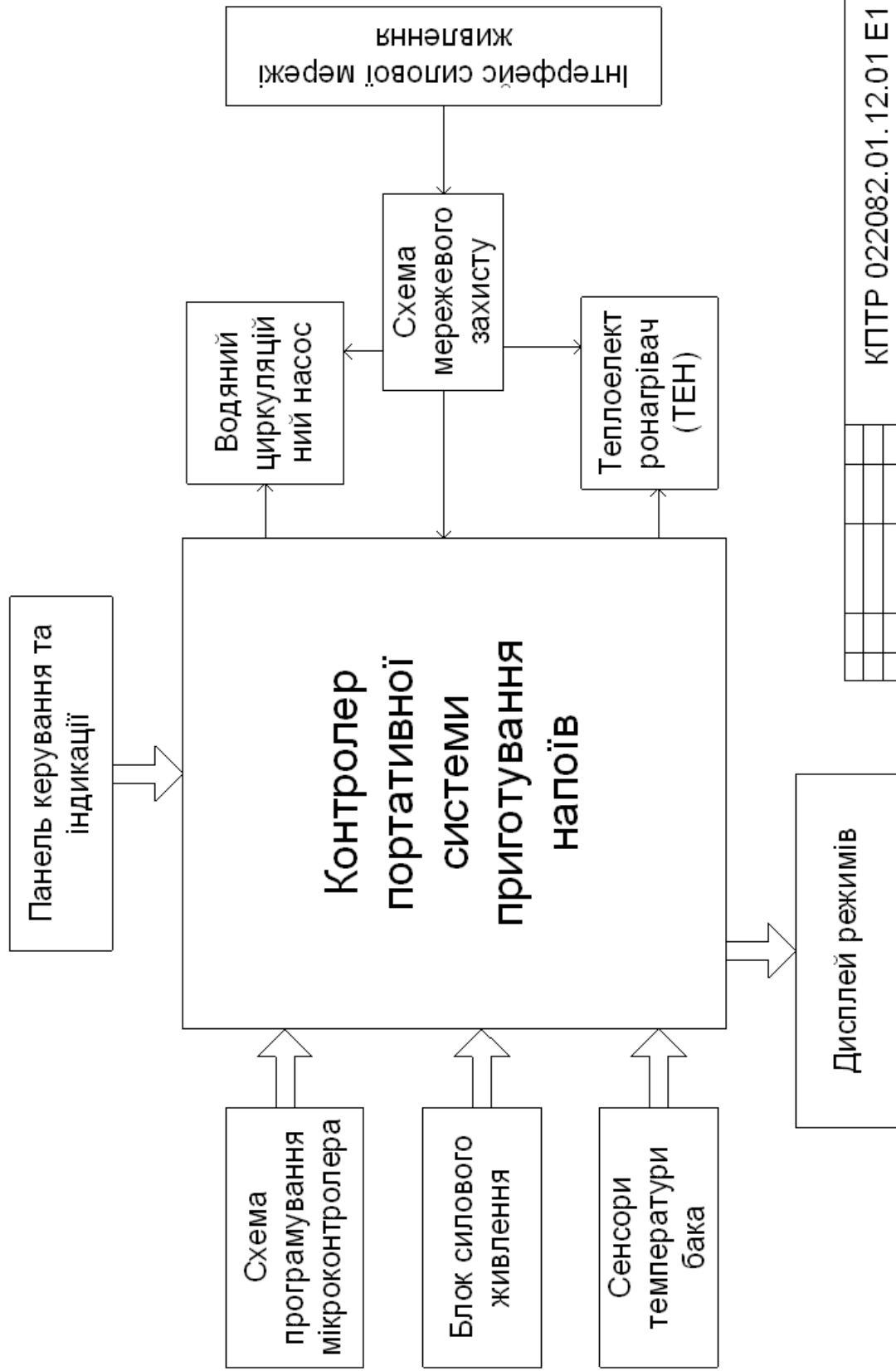
ДОДАТОК Б

Скрін результатів розрахунку потужності нагрівача для температурної паузи циклу оцукровування альфа-амілазою технології пивоваріння

Расчет расхода на нагрев ВОДЫ	Значение
Температура холодной воды, °C	45 °C
Температура нагретой воды, °C	64 °C
Объём/масса нагреваемой воды, л/кг	30 л
КПД нагревателя, %	98 %
Расход электроэнергии на нагрев, кВт·ч	0,68 кВт·ч
Расход электроэнергии на нагрев, Гкал	0,001 Гкал
Сколько стоит разогрев воды	
Тариф на электроэнергию, грн за кВт·ч	5 грн./кВт·ч
Стоимость разогрева воды, грн	3,39 грн.
Сколько времени нагревается вода	
Мощность нагревателя, кВт	1 кВт
Время нагрева	1 ч. -19 мин.

					КПТР 022082.01.12.00ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

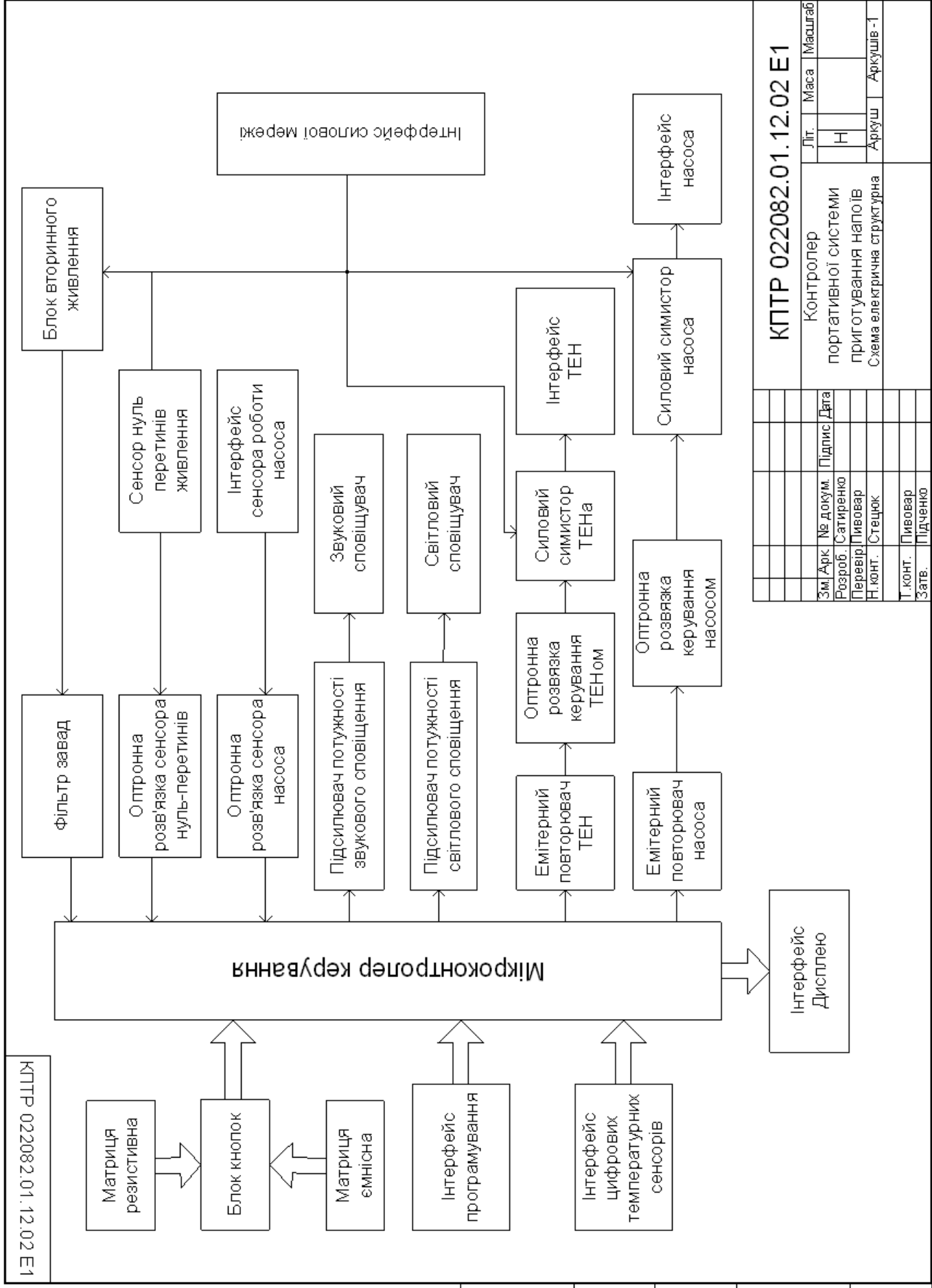
КПТР 022082.01.12.01 Е1



КПТР 022082.01.12.01 Е1

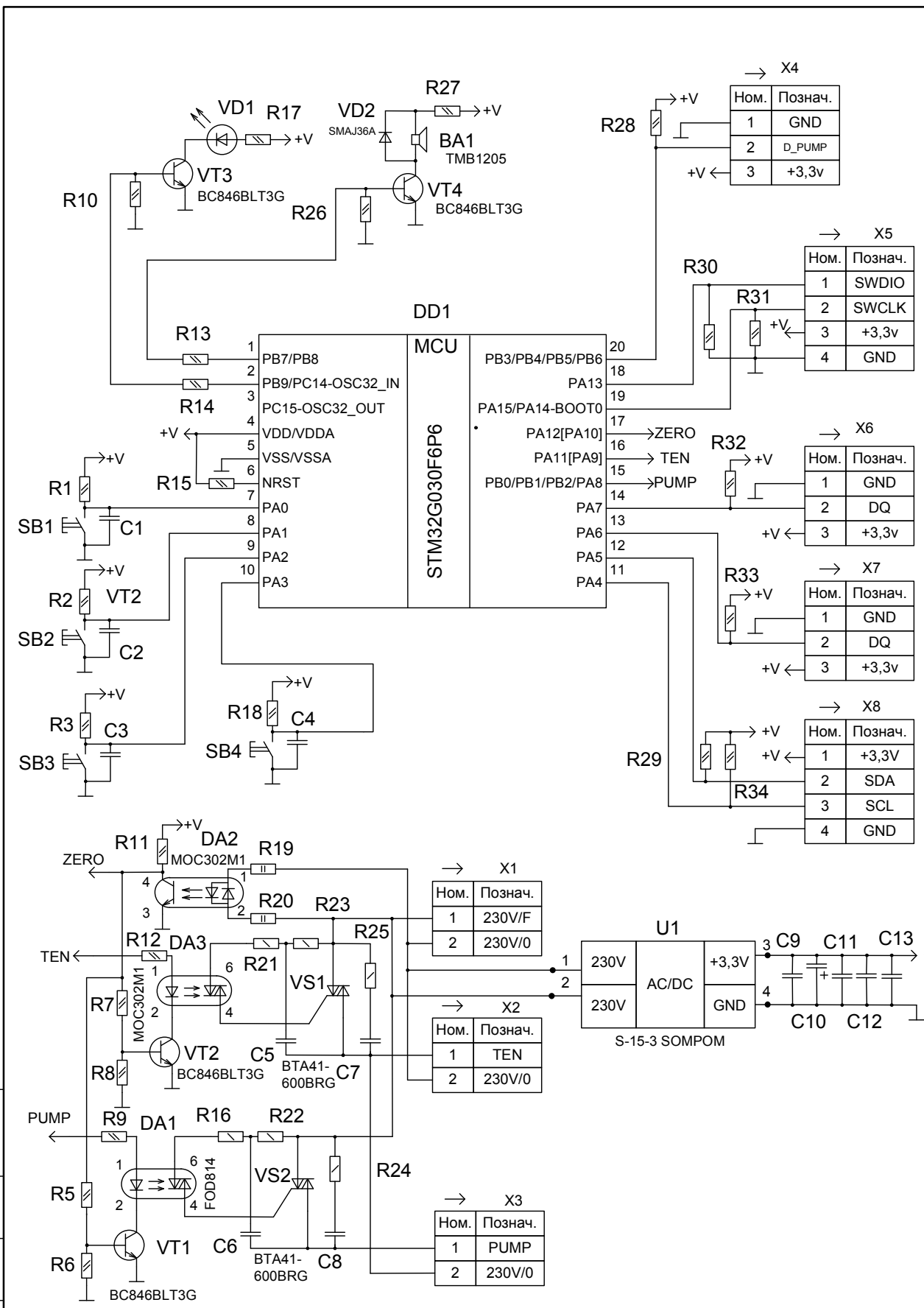
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Сатиренко		
Перевір.	Пивовар		
Н.конт.	Стецюк		
Т.конт.	Пивовар		
Затв.	Підченко		
Літ.	Маса	Масштаб	
у			
Аркуш	Аркушів - 1		
Портативна система приготування напоїв			
Схема електрична структурна			
ХНУ, ФІТ, ТМІТ			

№, № бланк.	Підпис і дата	Взам. №, №	№, № дубл.	Підпис і дата
-------------	---------------	------------	------------	---------------



КПТР 022082.01.12.02 Е1		Літ.	Маса	Маштаб
Контролер портативної системи приготування напоїв		Н		
Схема електрична структурна		Аркуш	Аркушів - 1	
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Сатиренко			
Перевір.	Ливовар			
Н.конт.	Стецюк			
Т.конт.	Ливовар			
Затв.	Підченко			

№, №підп.	Підпис і дата	Взам. №, №	№, № дубл.	Підпис і дата
-----------	---------------	------------	------------	---------------



Ім'я № відп.	Підпис	Дата
Вам. ін. №	Ім. № дубл.	Підпис
Вам. ін. №	Ім. № дубл.	Дата

КПТР 022082.01.12.02 E3						
Контролер портативної системи приготування напоїв				Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н		
Розроб.	Сатиренко					
Перевір.	Пивовар					
Н.конт.	Стецюк			Аркуш	Аркушів -1	
Т.конт.	Пивовар			ХНУ, ФІТ, ТМІТ		
Затв.	Підченко					

№рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ екземпл.	Примітка
1						
2			<u>Документація загальна</u>			
3						
4	A4		Завдання на дипломний			
5			проект	1		
6	A4		Календарний план	1		
7	A4		Реферат (укр./англ.)	2		
8	A4	КПТР022082.01.13.00ПЗ	Пояснювальна записка	71		
9	A4	КПТР022082.01.13.02ПЗ	Перелік елементів	2		
10						
11	A4		Копії креслень	2		із форм.А3,А2
12	A4		Копії довідок антиплагіату	1		
13	A4		Рішення каф. про допуск	1		
14	A4		Копія відгуку рецензента	1		
15	A4		Копія відгуку керівника	1		
16	A4		Копія заяви про академічну			
17			добросесність	1		
18						
19			<u>Документація графічна</u>			
20						
21	A3	КПТР022082.01.13.01 Е1	Схема електрична структурна	1		
22	A3	КПТР022082.01.13.02 Е1	Схема електрична структурна	1		
23	A2	КПТР022082.01.13.02 Е3	Схема електрична принципова	1		
24	A4		Демонстраційні плакати	14		
25						
26						
27						

					КПТР 022082.01.12.00 ВП		
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Контролер портативної системи приготування напоїв Відомість проекту		
Розробив	Сатиренко			1.06.26			
Перевірів	Пивовар О.С.			1.06.26	Літ.	Аркуш	Аркушів
				1.06.26	Н	1	1
Н.контр.	Стецюк В.І.			1.06.26	ХНУ, ФІТ, ТМІТ		
Затверд.	Підченко С.К.			1.06.26			

Кваліфікаційний проєкт бакалавра КОНТРОЛЕР ПОРТАТИВНОЇ СИСТЕМИ ПРИГОТУВАННЯ НАПОЇВ

1

Здобувач : ст. гр ТР2-22-1 Олександра САТИРЕНКО
Керівник : канд. техн. наук, доц. Олег ПИВОВАР.
Пояснювальна записка: 74 стр., 29 рис., 4 табл,
31 джерел , подібність (StrikePlagiarism) – 2%
Графічна частина: 3 креслення, 10 слайдів.

Метою кваліфікаційного проєкту є розробка пристрою для керування температурним режимом під час виробництва напоїв в об'ємі до 40л , що відрізняється пониженою вартістю, доступністю електронних компонент, надійністю та захистом від потужних зовнішніх завад по колам енергоживлення

ІНГРЕДІЄНТИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПИВА

2

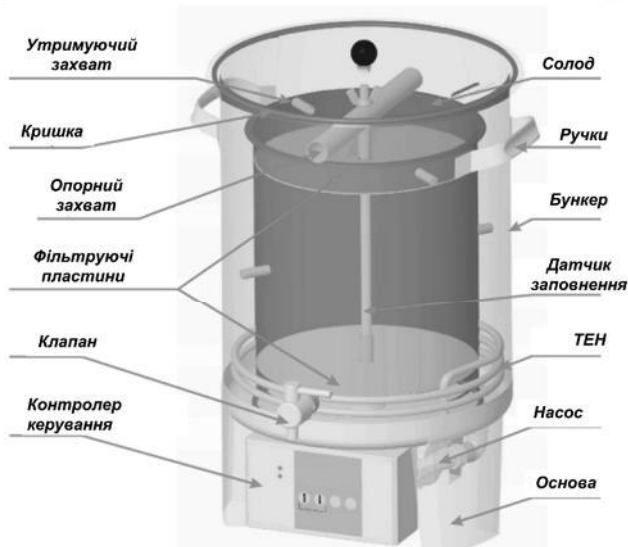


Технологія виробництва пива в домашніх умовах передбачає термічну обробку водних розчинів (суслу) та використання напівфабрикатів основних інгредієнтів

УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА МІКРОБРОВАРНІ

3

МІКРОБРОВАРНЯ (GU-S700M-1/2)
ІЗ ВБУДОВАНИМ
КОНТРОЛЕРОМ



СКЛАД МІКРОБРОВАРНІ

Основне завдання мікроконтролера – контроль та керування температурними режимами та однорідністю водних розчинів

АНАЛОГИ РОЗРОБЛЮВАНОГО ПРИСТРОЮ

4

Автоматична мікропивоварня
AquaGradus™ CraftMaster



Портативна автоматична
броварня DM-N30

№	Параметр	GU-S700M-1/2	AquaGradus	DM-N30
1	Об'єм броварного бака, л	65	50	30
2	Вартість, тис.грн	22	15	16
3	Напруга живлення, В	220-240,50Гц	215-235,50Гц	220-240,50Гц
4	Тип контролера	Вбудований	Виносний	Вбудований
5	Режим керування	ON-OFF	ON-OFF	ON-OFF
6	Режим нагріву	Електричний	Змішаний	Електричний
7	Режим охолодження	Природний	Природний	Природний або водяний
8	Потужність регулятора, кВт	3,5	4	3
9	Потужність ТЕН, кВт	3,2	3	2,7
10	Діапазон таймера, хв	1-180	10-240	1-360

СТРУКТУРНА СХЕМА МІКРОБРОВАРНІ

5



СТРУКТУРНА СХЕМА КОНТРОЛЕРА МІКРОБРОВАРНІ

6



СПОСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ ТЕН

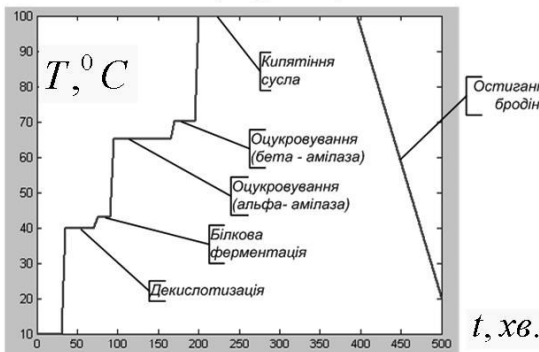
7



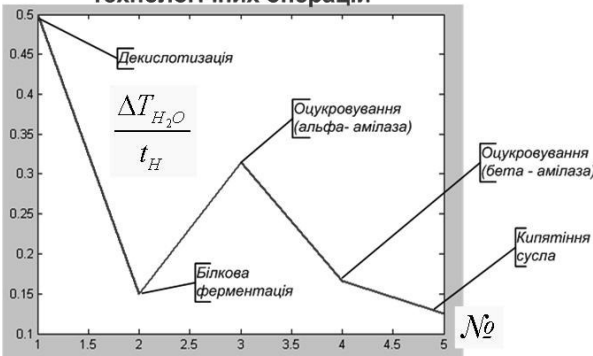
ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ТЕН

8

Типові температурні паузи



Типові температурні градієнти технологічних операцій



Вихідні дані:

$\frac{\Delta T_{H_2O}}{t_H}$ - температурний градієнт зміни між температурними паузами

V_B - температурний градієнт зміни між температурними паузами

C_{H_2O} - константа теплоємності суслу

Для процесу декислотизації:

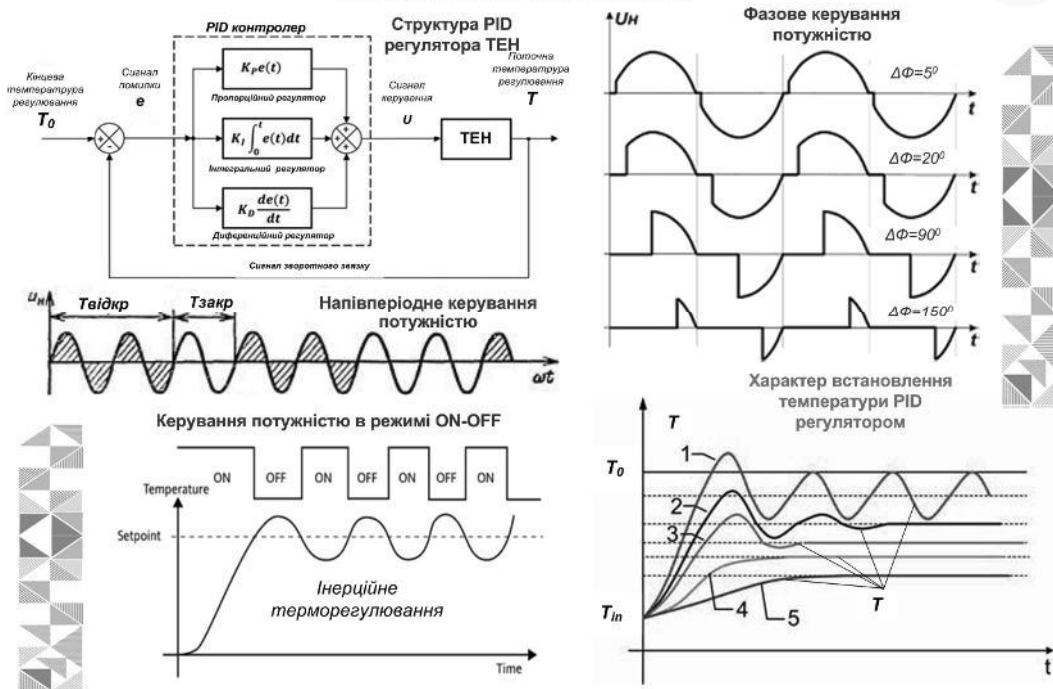
$$P_{TEN_1} = \frac{C_{H_2O} \Delta T_{H_2O} V_B}{t_H (год)} = \frac{0,0011 \times 30 \times 30}{0,25} \approx 4 (кВт)$$

Для процесу оцукровування:

$$P_{TEN_2} = \frac{C_{H_2O} \Delta T_{H_2O} V_B}{t_H (год)} = \frac{0,0011 \times 19 \times 30}{0,75} \approx 1 (кВт)$$

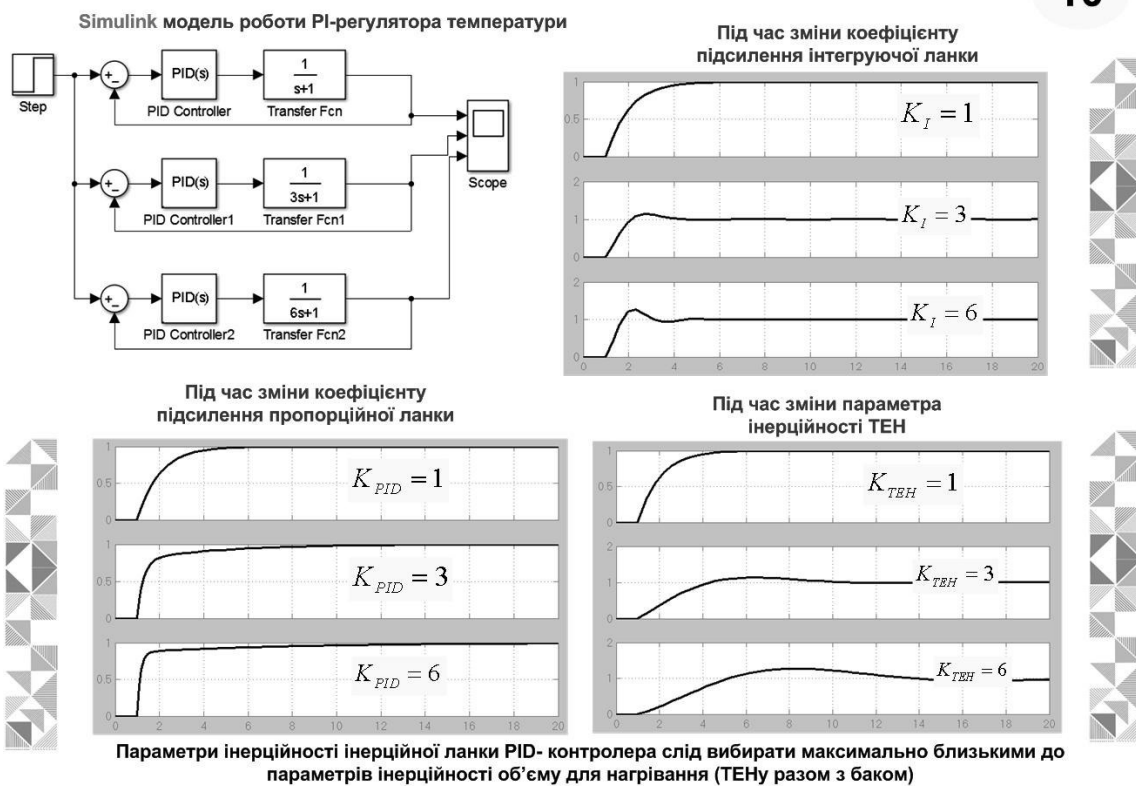
КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ PID РЕГУЛЯТОРОМ НА ОСНОВІ СИМІСТОРА

9



МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ PI-РЕГУЛЯТОРА ТЕН

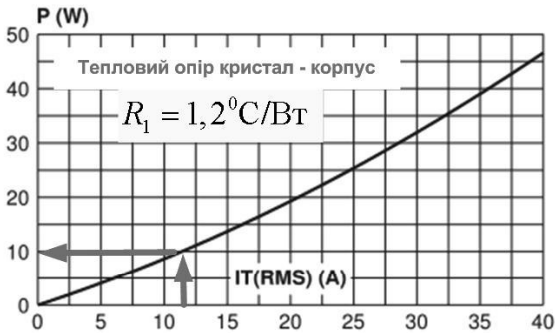
10



РОЗРАХУНОК РАДІАТОРА ОХОЛОДЖЕННЯ СИМІСТОРА

11

Залежність розсіюваної потужності симістором ВТА41-600В від значення змінного струму у відкритому стані



Максимальна температура кристалу симістора

Тепловий опір радіатор - середовище

$$R_3 = \frac{T_{\text{CORE}} - T_0}{P_W} - R_1 - R_2 = \frac{100 - 40}{10} - 1,2 - 2 = 2,8 (^{\circ}\text{C}/\text{Вт})$$

Площа радіатора природного охолодження:

$$S_p = \frac{1}{K_{\text{TB}} R_3} = \frac{1}{10 \times 2,8} \approx 360 (\text{см}^2)$$

Форма алюмінієвого екструдованого пластинчастого типового радіатора та прокладок для забезпечення низького теплового опору корпус-радіатор

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$K_{\text{TB}} \approx 10 \text{ Вт}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{м}^2)$$

Температура кристалу на основі відомих теплових опорів:

$$T_C = T_0 + P_W (R_1 + R_2 + R_3)$$

Потужність розсіювання симістора

Максимальна температура навколишнього середовища

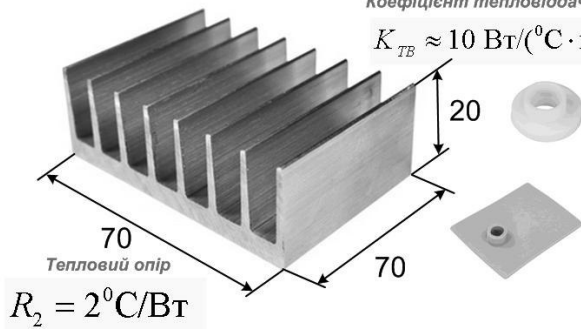


СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА КОНТРОЛЕРА ПОРТАТИВНОЇ СИСТЕМИ ПРИГОТУВАННЯ НАПОЇВ

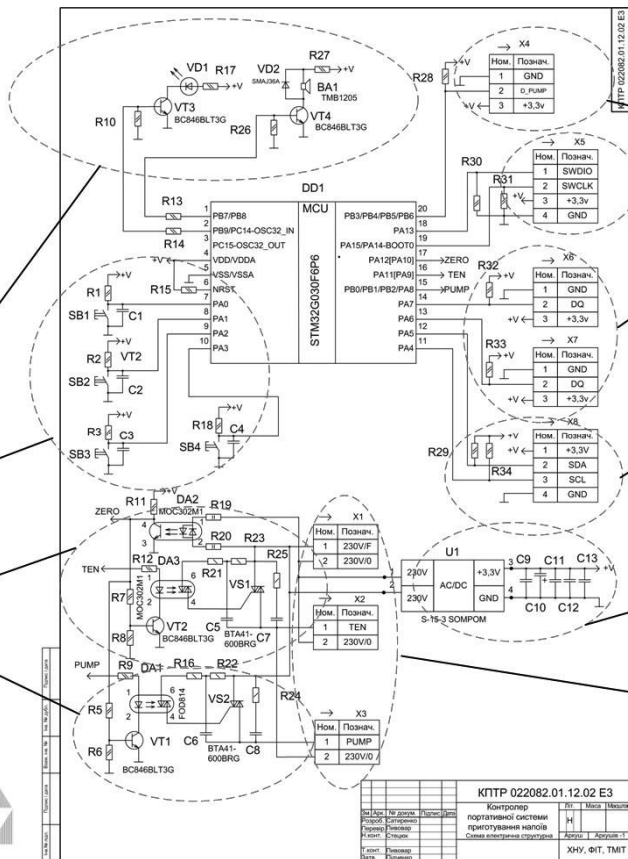
12

Блок індикації

Клавіатура

Силовий блок ТЕН

Силовий блок насосу



Інтерфейс сенсора насоса

Інтерфейс програмування

Інтерфейс температурних сенсорів

Інтерфейс дисплею

Блок живлення плати контролера

Силові інтерфейси

КПТР 022082.01.12.02 E3			
№ документа	№ документа	Позначення	Вид
022082.01.12.02 E3	022082.01.12.02 E3	Контролер портативної системи приготування напоїв	Н
022082.01.12.02 E3	022082.01.12.02 E3	Схема електрична принципна	С
022082.01.12.02 E3	022082.01.12.02 E3	ХНУ, ФІТ, ТМІТ	ХНУ, ФІТ, ТМІТ

Калькуляція інтенсивності відмов за групами компонент

№	Групи компонент	Коеф. ел. навантаження	$\lambda_0, 1/\text{год} \cdot 10^6$	Кільк. елементів групи, шт	$\lambda_0, 1/\text{год} \cdot 10^6$ групи.	Фактор електричного навантаження.
1	Мікросхеми (оптрони)	0,2	0,007	3	0,0042	Робочий струм
2	Мікроконтролер	0,2	0,007	1	0,0014	Навантаження портів
3	Конденсатори планарні	0,2	0,05	8	0,08	Робоча напруга
4	Конденсатори високовольтні	0,7	0,1	4	0,28	Робоча напруга
5	Конденсатори електролітичні	0,4	0,1	1	0,04	Робоча напруга
6	Резистори планарні	0,3	0,05	33	0,495	Робоча потужність
7	Резистори штирові, потужні	0,5	2	2	2	Робоча потужність
8	Транзистори планарні	0,2	0,01	4	0,008	Робоча потужність, ключовий режим
9	Діод захисний	0,3	0,03	1	0,009	Середній струм
10	Світлодіод	0,8	1	1	0,8	Струм світіння
11	Зумер	1	1	1	1	Інтенсивність роботи
12	Стабілітрон SOD469	0,7	0,1	1	0,07	Струм стабілізації
13	Тактова кнопка	0,25	1	4	1	Інтенсивність натискань
14	Розняття слабоструміві	0,2	0,3	4	0,24	Робочий струм
15	Клемник силовий	0,6	2	3	3,6	Робочий струм
16	Модуль живлення	0,02	5	1	0,1	Струм живлення
17	Печатна плата	1	1	1	1	-
18	Точки пайки	1	0,005	216	1,08	-
19	Всього	-	-	289	11,8	-

ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ КОНТРОЛЕРА 13

Сумарна інтенсивність відмов:

$$\lambda_{\Sigma} = K_1 K_2 K_3 \sum_{i=1}^M \lambda_{0i} \alpha_i (t^0, E_i)$$

Коефіцієнти кліматичного та механічного впливу:

№	Коефіцієнт	Позначення	Типові значення	Прийняте значення	Обґрунтування
1	Коефіцієнт впливу вібрації	K1	1...3	2	Стационарне розміщення, вібрації від помпи
2	Коефіцієнт впливу температури та вологості	K2	1...5	3	Підвальні приміщення, нагрів баку із сушом
3	Коефіцієнт впливу атмосферного тиску	K3	1...2	1,1	Робота за умов близьких до нормальних

Сумарна інтенсивність раптових відмов:

$$\lambda_{\Sigma} = K_1 K_2 K_3 \lambda_{\Sigma 0} = 2 \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \approx 80 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{\text{год}} \right)$$

Середній час напрацювання на відмову за умови експоненційного розподілу відмов:

$$T_{\text{ср}} = 1/\lambda_{\Sigma} = 1/80 \times 10^{-6} \approx 12500 (\text{год})$$



ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛАХ 14

1. Проведено аналіз технології виробництва пива в умовах мікроброварень та пристроїв для її реалізації в обсягах до 60л. На основі аналогів розроблене технічне завдання для розробки контролера на основі мікропроцесора STM32G030F6P6.

2. Розроблені електричні структурні схеми пристрою (КПТР022082.01.12.01E1) та контролера (КПТР022082.01.12.02E1). Проведено аналіз та моделювання (Матлаб/Simulink) перехідних процесів в просторі температурно-часових режимів, що забезпечується PID-регулятором, розрахована потужність ТЕН (2 кВт), обрано спосіб керування ТЕН, що класифікується як силовий, електронний, швидкодіючий, із керуванням часом дії, напівперіодний, ключовий симісторний.

3. Проведено вибір способу охолодження найбільш критичного елементу – силового симістора, наведено розрахунки радіатора охолодження, що для розсіювання потужності 10Вт має становити не менше 360 кв.см. Розроблена схема електрична принципова КПТР022082.01.12.02E3 контролера, обрано та розраховано типомінали окремих компонент схеми, подано опис її функціонування та призначення елементів, проведено розрахунок надійності за раптовими відмовами (12тис.год.)



Завідувачу кафедри
телекомунікацій, медійних та
інтелектуальних технологій (ТМІТ)
Сергію ПІДЧЕНКО
здобувача вищої освіти
студента 4 курсу, гр. ТР2-22-1
Олександри САТИРЕНКО

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційного проекту до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений 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 (StrikePlagiarism 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.

10.04.2026р.

дата



підпис

Олександра САТИРЕНКО .

КОНТРОЛЬ ПЛАГІАТУ

Antiplagiapism та Strikeplagiарism

Fri Apr 10 21:50:04 EEST 2026, Стецюк Віктор Іванович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiарism (<http://ap.km.ua>) v-16.709

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: UA, US, RU. Помилки в документах: 11%

ID: 270348 Назва: Контролер портативної системи приготування напоїв Додано в БД: 2026-04-10 Автора: Сатиренко Олександра Олегівна Керівники: Пивовар Олег Сергійович Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	72031	586	1128 (2%)	20 (3%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Олександра САТИРЕНКО_ТР2-22-1

Співавтор:

Назва: Контролер портативної системи приготування напоїв

Експерт: Олег ПИВОВАР

Підрозділ: Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Коефіцієнт подібності 1:2.08%

Коефіцієнт подібності 2:0.49%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 31

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2026-04-10 20:17:29.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

К.Т.Н. доц. Пивовар О.С.



Дата 10.04.2026р.

експерт

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ
Телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій (ТМІТ)

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Контролер портативної системи приготування напоїв
Автор Сатиренко Олександра Олегівна, гр..ТР2-22-1
Освітня програма Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
Науковий керівник: Пивовар Олег Сергійович к.т.н., доц.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Відповідає
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та ДООПРАЦЬОВАНА і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:


Результати перевірки на плагіат системою Antiplagiarism – 1%.

Результати перевірки на плагіат системою Strikeplagiarism – 2%.

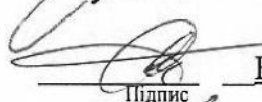
Виявлені мінімальні запозичення є випадковими збігами або результатами обробки форм стандартних бланків та не є плагіатом.

Дата 1.06.26.


Завідувач кафедри ТМІТ


Підпис Сергій ПІДЧЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми


Підпис Віктор СТЕЦЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис Олег ПИВОВАР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Сатиренко Олександра Олегівна на захист кваліфікаційної роботи

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 172 - Телекомунікації та радіотехніка

На тему: Контролер портативної системи приготування напоїв

Кваліфікаційна робота, рецензія і довідка про перевірку на академічні запозичення додаються.

В. О. Декан факультету



Сергій Лисенко

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Сатиренко О.О. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 13,04 %, добре 17,39 %, задовільно 69,57 %.

шкалою ЄКТС: А 13,04 %, В 8,70 %, С 8,70 %, D 21,74 %, E 47,83 %.

Методист факультету

(підпис)

Тетяна Козуб

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студентка Сатиренко О.О. виконала кваліфікаційний проєкт на тему розробки пристрою керування силовими механізмами установкою для виробництва конденсатом датчиків. Глибоко розглянуто конструкцію та технологічний процес, на основі чого аргументовано прийняті технічні рішення з вибору елементної бази та схемотехніки на базі мікроконтролера. Оформлення яскраве, технічно грамотне.

Оцінка кваліфікаційної роботи

Керівник кваліфікаційної роботи

Олег Плибовар

(підпис)

Олег ПЛИВОВАР

(ім'я, прізвище)

" 4 " червня 2026 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кваліфікаційну роботу розглянуто. Студент Сатиренко О.О. допускається до її захисту на екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри Телекомунікацій, мобільних та інтелектуальних технологій

(назва)

Сергій ПІДЧЕНКО

(підпис, ім'я, прізвище)

" 4 " червня 2026 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційний проект здобувача бакалаврського ступеня вищої освіти

Сатиренко Олександри Олегівни (гр.ТР2-22-1)

«Контролер портативної системи приготування напоїв»

Розвиток приватної ініціативи щодо мікровиробництв продуктів харчування та напоїв є важливим на даний час через можливість децентралізованого використання енергетичних ресурсів за умови важкого енергетичного стану в Україні через неспровоковану військову агресію.

Кваліфікаційний проект бакалавра складається із текстової частини, що складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел (31 найменування), двох додатків та матеріалів у кінці звіту. Загальний обсяг роботи в якому викладено основний зміст складає 67 сторінок. Графічна частина представлена 3 кресленнями загальним обсягом 2 аркуші формату А2 із переліком елементів.

Перевагами кваліфікаційного проекту використання прогресивної мікроелектронних компонент, ґрунтовне виділення понять для розробки, коректне та обґрунтоване складання технічного завдання, наявна розробка комп'ютерних моделей керування тепловими режимами, коректність електричних розрахунків окремих компонент, акуратність та технічна грамотність подання креслень схем на основі діючих стандартів. Однак в роботі присутні ряд неточностей формулювань, обмежено описана робота електричної схеми, не в повному обсязі обґрунтовано вибір окремих компонент.

В цілому кваліфікаційний проект здобувача бакалаврського рівня вищої освіти за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» виконано на високому технічному рівні та може бути рекомендовано до подальшої розвитку та впровадження. Проект заслуговує оцінку "ВІДМІННО".

Рецензент:

Мартишук В. В., д.т.н., проф.,
проф. кедр. АІТ та РХС

12 червня 2026 р.