

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри  В. М. Рябенський
д.т.н., професор

« 16 » червня 2025 р.

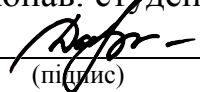
Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Розробка мікропроцесорної системи керування технологічним процесом сушіння конденсаторів

Виконав: студент 4397зст групи

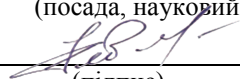
 Д. І. Дарієнко
(підпис)

Керівник роботи:

завідувач кафедри ПЕЕТ, д.т.н.,

професор

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

 В. М. Рябенський
(підпис)

м. Миколаїв – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра	програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій
Спеціальність	172 «Електронні комунікації та радіотехніка»
Освітня програма	Телекомунікації

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми
 О.К.Жук
(підпис)

« 14 » квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» (освітньо-кваліфікаційний рівень)

Студенту Дарієнку Дмитру Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка мікропроцесорної системи керування технологічним процесом сушіння конденсаторів

керівник роботи Рябенський Володимир Михайлович, завідувач кафедри ПЕЕТ, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора № УЧ-343 від «23» квітня 2025 року.

2. Термін подання роботи: 10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані по роботі:

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) _____
Аналіз сучасного стану технологічного процесу виготовлення конденсаторів
Детальний розбір технології та процесу виготовлення конденсаторів
Розробка мікропроцесорної системи керування технологічним процесом сушіння конденсаторів

Охорона праці Додатки

5. Перелік презентаційних матеріалів Технічні дані імпульсних конденсаторів.

Схема установки для термовакуумної сушки і просочення конденсаторів.

Схема установки для тестування конденсаторів.

Блок-схема мікропроцесорної системи керування для сушіння конденсаторів.

Модель системи керування в програмі PROTEUS.

Блок-схема програми мікропроцесорної системи керування установкою для сушіння конденсаторів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4 Охорона праці	Тубальцев А. М., доцент каф. екології та природоохоронних технологій		

7. Дата видачі завдання «10» лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд існуючої літератури з теми	03.03.2025	Виконано
2.	Вступ	10.03.2025	Виконано
3.	Аналіз сучасного стану технологічного процесу виготовлення конденсаторів	07.04.2025	Виконано
4.	Детальний розбір технології та процесу виготовлення конденсаторів	12.05.2025	Виконано
5.	Розробка мікропроцесорної системи керування технологічним процесом сушіння конденсаторів	26.05.2025	Виконано
6.	Складання програми (додатки)	26.05.2025	Виконано
7.	Висновки	30.05.2025	Виконано
8.	Складання презентації	06.06.2025	Виконано
9.	Охорона праці	09.06.2025	Виконано
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			

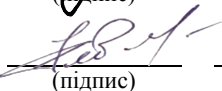
Студент


(підпис)

Д. І. Дарієнко

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

В. М. Рябенський

(прізвище та ініціали)

Анотація

Кваліфікаційна робота присвячена актуальній темі, розробці системи яка б слідувала та керувала технологічним процесом під час сушіння високовольтних конденсаторів, актуальність її полягає в тому, що в наш час з кожним роком збільшується потреба в конденсаторах та їх надійності і високій якості, а також автоматизації їх виробництва на всіх стадіях. На сучасному рівні комплекс цих проблем вирішується у кваліфікаційній роботі. Розглянуто сучасний стан конденсаторобудування в Україні та розроблено безпосередньо саму мікропроцесорну систему керування технологічним процесом сушіння конденсаторів.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить 85 сторінок, 2 таблиці, 26 рисунків, а також бібліографічний список з 6 найменувань.

Ключові слова: ізолюючі матеріали, конденсатори, високі напруги, тиск, вологість, мікропроцесорні системи, алгоритми керування.

Abstract

The qualification work is dedicated to a topical topic, the development of a system that would monitor and control the technological process during the drying of high-voltage capacitors. Its relevance lies in the fact that nowadays the need for capacitors, their reliability and high quality, as well as automation of their production at all stages, is increasing every year.

At the current level, the complex of these problems is solved in the qualification work. The current state of condenser construction in Ukraine has been considered and the microprocessor control system for the technological process of drying condensers has been developed.

The explanatory note of the qualification work contains 85 pages, 2 tables, 24 figures, as well as a bibliographic list of 6 titles.

Keywords: insulating materials, capacitors, high voltages, pressure, humidity, microprocessor systems, control algorithms.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів..	5
Вступ.....	6
Розділ 1. Аналіз сучасного стану технологічного процесу виготовлення конденсаторів	9
1.1. Технології процесу та способи сушіння конденсаторів	13
1.2. Сучасні установки для термовакuumної сушки конденсаторів ..	17
1.3. Контрольно-вимірювальні прилади	21
Розділ 2. Детальний розбір технології та процесу виготовлення конденсаторів.....	26
2.1. Розробка електротехнічного устаткування для тестування конденсаторів	38
Розділ 3. Розробка мікропроцесорної системи керування технологічним процесом сушіння конденсаторів.....	52
3.1. Детальний аналіз вибраних елементів для системи	53
3.2. Збір системи та принцип її дії	61
Розділ 4. Охорона праці	74
4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, впливаючих на людину при розробці виробу.....	76
4.2. Розробка заходів щодо забезпечення безпеки людини при розробці виробу.....	80
Висновки	84
Список використаних джерел	85
Додаток А.....	86
Додаток Б	88
Додаток В	90
Додаток Г	93

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ**

ВК – високовольтні конденсатори.

ВІ – вологість ізоляції.

ВЕ – високі температури.

МПС – мікропроцесорна система.

ПЗ – програмне забезпечення.

ТП – технологічний процес.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Скорочення	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВСТУП

В процесі розвитку продуктивних сил, в роботі по прискоренню науково-технічного прогресу і підвищення ефективності виробництва, важливе місце займає електротехнічна промисловість - основна технічна база електрифікації нашої країни.

Зростаюче введення енергетичних потужностей вимагає установки в мережах енергосистем, а також на промислових і сільськогосподарських підприємствах значної кількості силових конденсаторів для підвищення коефіцієнта потужності. Конденсатори широко застосовують для компенсації реактивної потужності електротермічних установок, пуску і роботи конденсаторних електродвигунів, компенсації реактивної потужності і забезпечення нормальної роботи люмінесцентних світильників. Конденсатори використовують також у фільтрах перетворювальних підстанцій, в облаштуваннях ємнісного відбору потужності, для здійснення високочастотного зв'язку по високовольтних лініях електропередачі, в сучасних потужних вимикачах високої напруги, високовольтних трансформаторах і т.д.

Останніми роками значно розширилася сфера застосування конденсаторів у зв'язку з використанням силових напівпровідникових (тиристорів) перетворювальних пристроїв для управління електроприводом. Імпульсні силові конденсатори застосовують при дослідженні керованих термоядерних реакцій, при створенні потужних імпульсних джерел світла. Швидкий розвиток науки і техніки постійно вимагає розширення масштабів виробництва і створення нових силових конденсаторів.

Успішне рішення завдань, поставлених перед силовим конденсаторобудуванням, можливо тільки при підготовці висококваліфікованих робітників основних професій конденсаторного виробництва. Робітники конденсаторного виробництва повинні мати необхідну майстерність, тому що від них в першу чергу залежить якість і

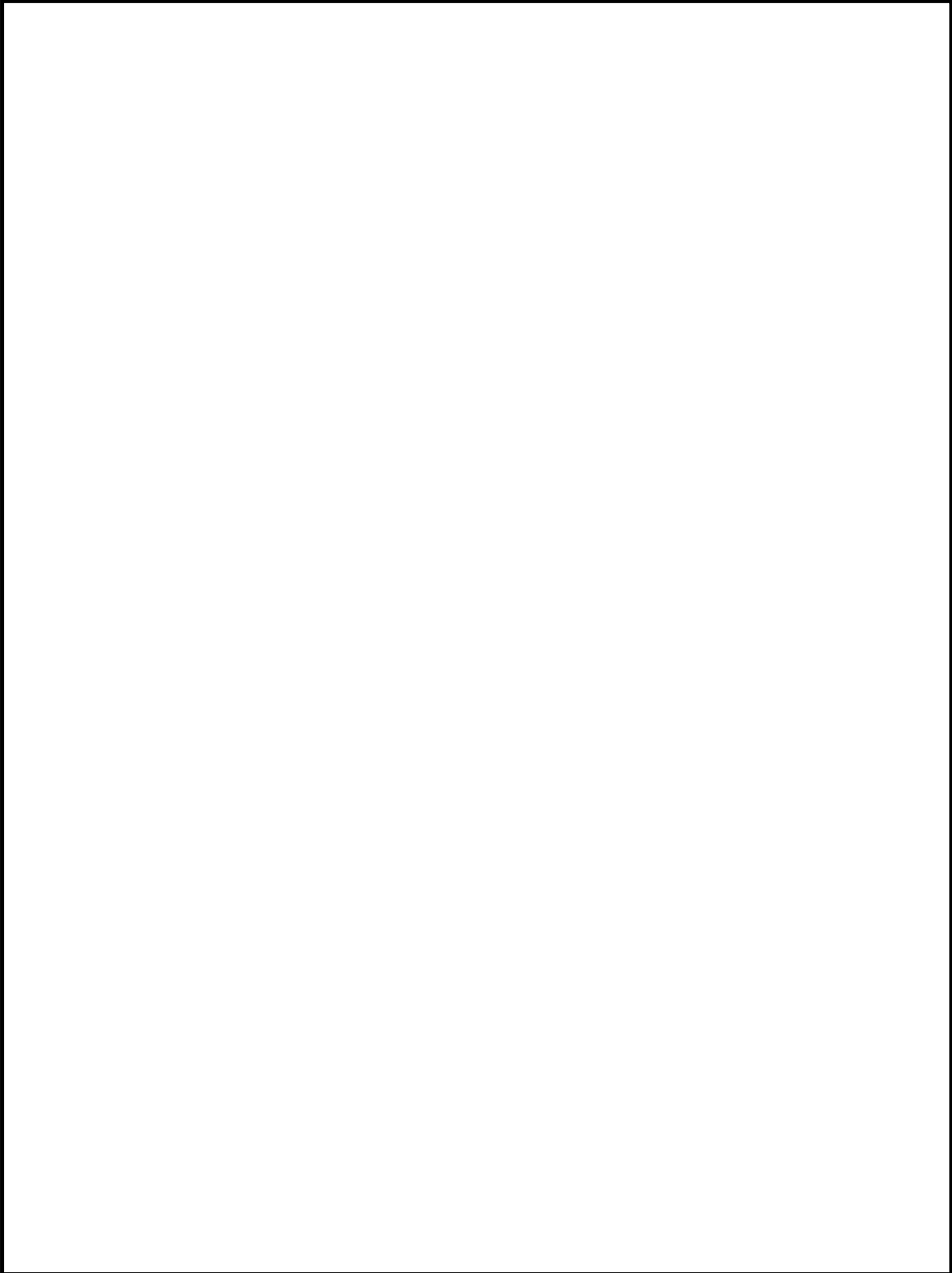
					172.4397зст.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

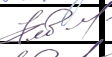
надійність конденсаторів, що випускаються, а також такі економічні показники підприємств, як продуктивність праці, собівартість і прибуток. Хороші професійні знання і навички робітників дозволяють економити дорогі конденсаторні матеріали, енергоресурси і ефективніше використати устаткування і пристосування.

Навчальний посібник складений з урахуванням знань, отриманих такими, що вчаться в загальноосвітній школі, і містить елементи інженерно-технічних знань, необхідних для оволодіння професійною майстерністю. Знайомство з виробництвом силових конденсаторів потрібне не лише працівникам, безпосередньо пов'язаним з виробництвом силових конденсаторів, але і широким колам працівників інших спеціальностей, що займаються експлуатацією і ремонтом конденсаторів.

Весь процес виготовлення силових конденсаторів захопити у нас не вийде, адже він є досить об'ємним, отже в даному дипломному проекті буде представлена розробка мікропроцесорної системи керування технологічним процесом сушіння силових конденсаторів.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Дарієнко Д. І.			Аналіз сучасного стану технологічного процесу виготовлення конденсаторів	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							8	17
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Рябенський В. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

Конденсатори є неодмінним елементом будь-яких електронних схем, від простих до самих складних. Важко собі уявити яку б то не було електронну схему, в якій не використовуються конденсатори. За два з половиною століття свого існування вони досить значно змінили свій вигляд і сьогодні відповідають усім вимогам передової технології. Деякі конденсатори коштують не більше гривні, але їх виробництво у світовому масштабі обчислюється мільярдами доларів.

Принципи виготовлення конденсаторів стали відомі ще 250 років тому, коли в 1745 р. в Лейдені німецький фізик Евальд Юрген фон Клейст і нідерландський фізик Пітер ван Мушенбрук створили перший конденсатор – "лейденську банку" – у ній діелектриком були стінки скляної банки, звідки і виникла назва. Ці принципи не змінилися до цих пір, проте вдосконалення технологій та застосування нових матеріалів дозволили значно поліпшити конструкцію конденсаторів. Сумарний заряд, який міг накопичуватися в лейденської банку ємністю 1 літр, тепер можна "вмістити" в пристрій розміром не більше шпилькової головки.

За останні 30 років розміри конденсаторів зменшувалися настільки ж швидко, наскільки швидко відбувалася мініатюризація в електроніці. Адже легко можна згадати як ще 15–20 років тому комп'ютери (ЕОМ) були настільки величезними, що займали цілі зали. Зараз же, мініатюрний комп'ютер з легкістю уміщається у нас на долоні, хоча його продуктивність в десятки разів вище.

Мініатюризація – основний напрямок в удосконаленні конструкції конденсаторів, оскільки від цього залежить подальше зменшення розмірів інтегральних схем. Існують дві найбільш поширені конструкції конденсаторів: одна заснована на використанні тендітних керамічних шарів товщиною 0,002 см і менше, а в основі другого лежить технологія, що

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

дозволяє "згортати" плоскі структури площею з газетний лист в об'ємні конструкції розміром з шматок цукру. Щоб зрозуміти теоретичні основи цих технологій, повернімося до самих перших конденсаторів.

Прообразом сучасних конденсаторів, як уже було сказано, була лейденська банку. У 1746 р. її удосконалив англійський вчений, астрономі фізик Дж. Бевіс. Лейденська банку являє собою скляну посудину, внутрішня і зовнішня поверхня якого покриті двома аркушами фольги. Через гумову пробку в судину вставлений металевий стрижень так, що він стосується внутрішнього листа фольги. Внутрішній і зовнішній листи фольги, в звичайних умовах мають нейтральний заряд, відіграють роль електродів, якщо їх підключити до зовнішнього джерела електричних зарядів. Джерелом зарядів може бути електрична батарея, генератор або проста ебонітових паличка, затерта про шерсть або хутро. Якщо такий паличкою, що несе в собі вільні електрони, торкнутися металевого стержня в горлечку судини, електрони перетечуть з палички на внутрішній електрод. Таким чином негативний заряд буде перенесено на внутрішній електрод.

Оскільки здатність накопичувати заряди у судини обмежена їх взаємним відштовхуванням, їх перехід на електрод не може бути нескінченним. Здатність накопичувати або утримувати заряди називається ємністю.

У лейденської банку ємність збільшується завдяки наявності другого електрода на зовнішній стінці судини. Якщо цей електрод заземлити, то заряд, накопичений на внутрішньому електроді, буде притягувати із землі такий же за величиною заряд протилежного знаку. Накопичений на зовнішньому електроді позитивний заряд притягує що знаходяться на внутрішньому електроді негативно заряджені електрони, частково нейтралізує сили відштовхування, стримуючі накопичення електронів. Завдяки цьому місткість посудини збільшується. Однак рости нескінченно вона не може.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Є два шляхи збільшення ємності лейденської банки. Один з них полягає у збільшенні площі електродів, щоб дати можливість зарядам розосередитися в більшому просторі і тим самим зменшити силу взаємного відштовхування електронів. Інший шлях - зменшити товщину скляної стінки судини, що розділяє заряди, які скупчуються на внутрішньому і зовнішньому електродах. Не треба забувати при цьому, що якщо скло буде дуже тонким, електрони зможуть пройти крізь нього, створюючи іскровий розряд, що призведе до розсіювання заряду.

Обидва шляхи в лейденській банку важко реалізувати, але вони входять до числа трьох класичних способів, до яких вдаються сучасні вчені та інженери при розробці нових конструкцій конденсаторів. Третій напрям збільшення ємності – врахування особливостей поведінки електронів в ізоляторах. Хоча електрони в ізоляційному матеріалі нерухомі, вони все ж таки можуть злегка зміщуватися під дією сил притягання або відштовхування, що діють збоку електродів. На одній стороні розділяє електроди діелектрика електрони як би "спучуються" під його поверхнею, створюючи негативний заряд, на іншій його стороні вони "птопають" у товщу діелектрика, збільшуючи в під поверхневої зоні значення позитивного заряду. Таким чином, створені в діелектрику заряди сприяють нейтралізації зарядів на обкладках, а деякі діелектрики можуть нести заряди, які за величиною не поступаються зарядам на самих електродах. Нейтралізація зарядів зменшує дію сил відштовхування і створює умови для накопичення на електродах більшого заряду, що веде до збільшення ємності. Ступінь прояви цього феномену залежить від властивостей діелектрика і називається діелектричної проникністю матеріалу. Діелектрична проникність вказує, у скільки разів збільшується ємність конденсатора, коли замість вакууму простір між його електродами (обкладками) заповнюється даним матеріалом. Скло, що використовується в лейденській банку, має значення діелектричної проникності близько 5, а діелектрична проникність нових

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

матеріалів, що використовуються в сучасних конденсаторах масового виробництва, досягає 20 000.

Застосуванням цих матеріалів як раз і пояснюється висока ефективність роботи багатошарових керамічних конденсаторів, що є одним з двох найбільш поширених видів цього пристрою. Інший тип --електролітичні конденсатори; їх питома ємність (на одиницю об'єму) ще вище, навіть без використання діелектриків з високою діелектричною проникністю. Обсяг виробництва тих і інших становить 95% загальної кількості надходять у продаж конденсаторів.

Багатошаровий керамічний конденсатор - зменшений варіант лейденської банки. На практиці в якості діелектрика в керамічних конденсаторах використовується титанат барію з додаванням невеликої кількості інших оксидів. Такі кераміки, що мають діелектричну проникність в межах від 2000 до 6000, в початковому стані являють собою тонко дисперсний порошок, частки якого мають діаметр кілька мікрон. Порошок змішують з розчинником, що містить речовину, що пов'язує, яке потім з'єднає рівномірно розосереджені в розчині частинки кераміки. Отримана суміш у вигляді рідкої глини має таку ж консистенцію, як і фарба. Суміш розливають шаром завтовшки кілька сотих часток міліметра на паперову або сталеву стрічку і висушують. Плівка ріжеться на квадратні пластини розміром 15-20 см; на кожен таку пластину методом друкованого монтажу наноситься кілька тисяч обкладок через спеціальний трафарет, що задає їх конфігурацію. Для нанесення обкладок використовується срібно-паладієвих суспензія.

Після того як обкладки нанесені, беруть 30-60 пластин і спресовують їх між кількома шарами таких же пластин, на які обкладки НЕ наносилися. Отримані заготовки конденсаторів обпікаються в печі з повільним нагріванням до 1000-1400 ° С. електролітичні конденсатори можна уподібнити лейденській банці з дуже тонкого скла, зменшеною до розмірів

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

невеликого куба. Він виготовляється з шматка металу з 60% пористістю. Для більшості сучасних електролітичних конденсаторів використовують подрібнений тантал – твердий метал сірого кольору. Порошок танталу спресовується і потім протягом декількох годин отриману заготовку нагрівають у вакуумній камері до температури, близької до 2000 ° С. У результаті частки металу спікається, щільно зчеплюються одна з одною. Що утворюються при цьому невеликі ніші і щілини в товщі спресованого порошку підвищують поверхневу площу заготовки, яка потім буде служити однією з обкладок конденсатора. Потім у електролітичній ванні заготовку піддають анодуванню, щоб на поверхнях пір отримати ізолюючий шар оксиду танталу. Потім заготовку занурюють у розчин нітрату марганцю. У її порах після нагріву осаджуються частки напівпровідного діоксиду марганцю, шар яких грає роль однієї обкладки, а танталові частинки під шаром оксиду танталу – іншої обкладки.

Конденсатор спочатку покривають графітовою, потім срібною фарбою, напилують шар нікелю і закладають в корпус.

Незважаючи на те що електролітичні конденсатори мають найбільшу питому ємність у порівнянні з іншими типами конденсаторів, область їх застосування обмежена. По-перше, це пояснюється тим, що підводиться до нього напруга повинна мати певну полярність, яку не можна змінювати. Ця особливість допускає використання електролітичних конденсаторів тільки в колах постійного струму. По-друге, електролітичні конденсатори більш схильні до пробоя, оскільки шари діелектрика в ньому дуже тонкі.

1.1. Технології процесу та способи сушіння конденсаторів

Навколишнє атмосферне повітря завжди містить деяку кількість водяної пари. Якщо порівняно сухий матеріал помістити у вологе повітря, матеріал буде зволожуватись, поглинаючи вологу з повітря. Зміст вологи на

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

одиницю маси матеріалу з часом буде підвищуватися, поки не встановиться деякий рівноважний стан вологості. Навпаки, якщо в повітря тієї ж відносної вологості помістити матеріал з високою початковою вологістю, вологість матеріалу буде зменшуватися, наближаючись також до рівноважного стану вологості.

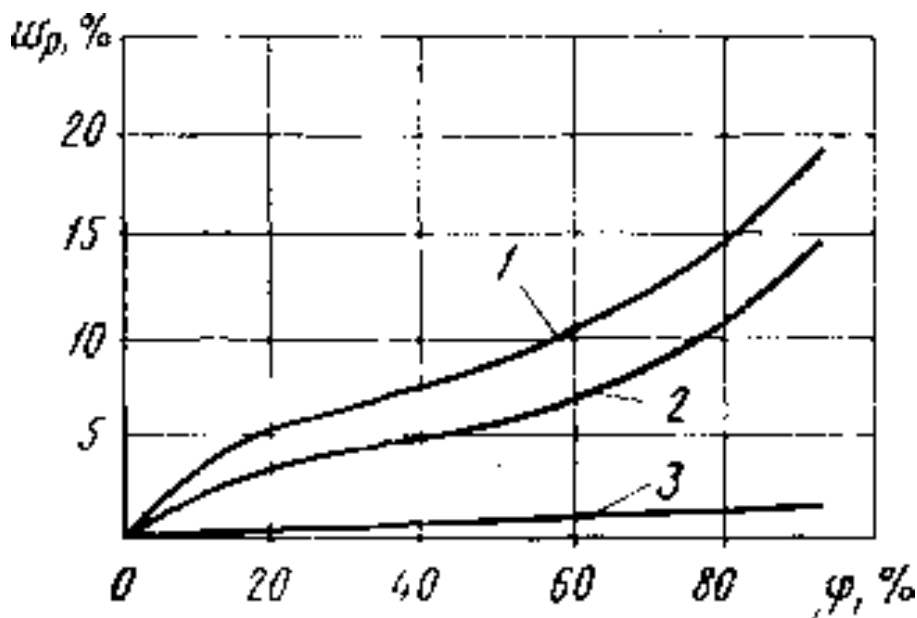


Рисунок 1.1 – Залежність рівноважної вологості W_{p0} від відносної вологості навколишнього повітря ϕ для різних матеріалів: 1 – дерево; 2 – кабельний та конденсаторний папір; 3 – пориста кераміка

Для різних матеріалів значення рівноважної вологості при одному і тому ж значенні відносної вологості повітря можуть бути різними (рис. 1). Великий вплив на вологість матеріалу надає температура. З підвищенням температури рівноважна вологість знижується. Наприклад, для конденсаторного паперу щільністю $0,8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ при відносній вологості повітря 60% з підвищенням температури від 20 до 40°C рівноважна вологість знижується від 9,5 до 7,3%.

Рівноважна вологість матеріалу при нормальній температурі повітря, відносна вологість якого дорівнює приблизно 98%, називається вологопоглинанням матеріалу, визначається відношенням маси води в матеріалі M_v до маси абсолютно сухого матеріалу M_c і виражається у відсотках:

$$\omega = \frac{M_B - M_C}{M_C} * 100\% \quad (1)$$

Мале вологопоглинання мають неполярні матеріали (стирофлекс, поліпропілен, парафін та ін.) також вельми помітною вологопоглинання відрізняються сильно полярні матеріали, особливо містять в складі молекул гідроксильні групи ОН (целюлоза).

Процес видалення вологи супроводжується порушенням зв'язку її з матеріалом, на що витрачається певна енергія.

При виробництві силових конденсаторів звичайно мають справу з сушінням паперу, вологовміст якого 8-10%, тобто з видаленням лише адсорбційно зв'язаної вологи. Сушка матеріалів є теплофізичним процесом видалення поглиненої вологи, що супроводжується зміною технологічних властивостей матеріалу. Сушку матеріалів використовують для різних цілей: поліпшення структурно-механічних і термічних властивостей (цегли, деревини, ізоляційних матеріалів), збільшення теплотворної здатності палива, консервування та зберігання харчових продуктів, поліпшення електричних властивостей ізоляційних матеріалів і т. д.

На практиці застосовують такі способи видалення вологи з матеріалів: фізико-хімічний, механічний і тепловий.

Фізико-хімічний спосіб заснований на поглинанні вологи такими речовинами, як хлористий кальцій, вапно, сірчана кислота, силікагель і ін, що володіють великою здатністю поглинати вологу з навколишнього середовища. У деяких випадках цей спосіб застосовують для видалення вологи з газів і рідин. Механічний спосіб заснований на видаленні вологи з дуже вологих матеріалів шляхом пресування, віджимання, центрифугування і застосовується в текстильній, паперовій та інших галузях промисловості. Тепловий спосіб заснований на видаленні вологи з матеріалу конденсацією, випарюванням.

Сушку конденсацією використовують переважно для сушіння вологих газів, що супроводжується їх охолодженням. Газ пропускають через холодильник з температурою більш низькою, ніж точка роси вологого газу.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Пари, охолоджуючись, конденсуються, в результаті чого зменшується вологовміст газу. Сушка випарюванням полягає в тому, що волога в матеріалі доводиться до температури кипіння, відповідної тиску навколишнього повітря. Крім тиску температура кипіння залежить від характеру з'єднання вологи з матеріалом. У капілярно-пористих матеріалах рідина починає кипіти при більш низькій температурі, ніж рідина в посудині, при однаковому барометричному тиску. І чим менше радіус капілярів, тим нижче температура кипіння. У разі інтенсивного нагріву рідина в капілярах приходить в стан інтенсивного пароутворення (кипіння) при температурі значно менше 100°C навіть в умовах нормального барометричного тиску.

Процес сушіння може бути значно прискорений створенням вакууму в посудині з висушуванням матеріалом. При цьому знижується точка кипіння вологи в матеріалі і забезпечується інтенсивний відвід пари, що виділяється. Сушка в вакуумі в поєднанні з високими температурами забезпечує високу ступінь висушуваності матеріалу. Так, наприклад, силові конденсатори сушать при 120-130°C і тиску 1 Па і нижче. Сушка випарюванням пов'язана зі споживанням тепла, необхідного для перетворення вологи матеріалу в пар. Для підведення тепла служить нагріте повітря або газ, нагріті різними способами металеві поверхні, дотичні з матеріалом або випромінюють на нього тепло на відстані, діелектричний нагрів та ін. Утворені пари відводяться повітрям, газами або шляхом відкачування. При нагріванні від зовнішніх теплових джерел отримане поверхнею матеріалу тепло завдяки теплопровідності матеріалу передається його внутрішнім верствам, тобто відбувається теплообмін. В цьому випадку температура поверхневих шарів матеріалу вище, температури внутрішніх шарів.

Разом з теплообміном в матеріалі і між матеріалом і навколишнім середовищем відбувається вологообмін. Волога з внутрішніх шарів матеріалу поступово пересувається до зовнішніх шарів, де вона випаровується і у вигляді пари видаляється в атмосферу. Випаровування вологи починається з зовнішніх шарів матеріалу, в результаті чого протягом всієї сушіння

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вологість внутрішніх шарів матеріалу залишається вище вологості зовнішніх шарів. Таким перепадом вологості, що діє від центру до зовнішніх шарів, і пояснюється в основному переміщення води всередині матеріалу. Вологообмін між матеріалом і навколишнім середовищем викликається різницею парціальних тисків пари у поверхні матеріалу і в навколишньому середовищі. Щоб відбувалося випаровування, парціальний тиск пари в навколишньому середовищі повинно бути нижче парціального тиску пари у поверхні матеріалу. Теплообмін і вологообмін тісно пов'язані між собою і визначають швидкість сушіння, її якість і економічність.

1.2. Сучасні установки для термовакuumної сушки конденсаторів

Для сушки і просочення конденсаторів застосовують термовакuumні установки періодичної дії, де сушка і просочування відбуваються в одній мій і тій же шафі.

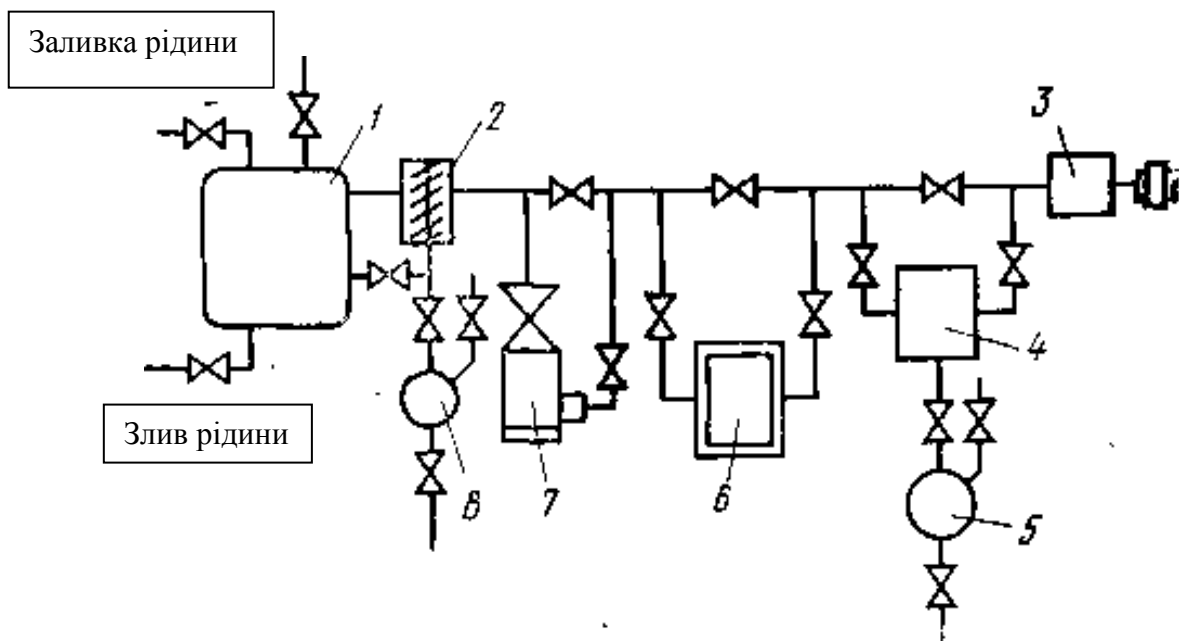


Рисунок 1.2 – Схема установки для термовакuumної сушки і просочення конденсаторів

1 – термовакuumна шафа, 2 – водоохолоджувальна пастка, 3 – вакуумний насос з масляним ущільненням, 4 – водоохолоджувальний і конденсатор пари, 5 – вологосбірник, 6 – двоохоторний вакуумний насос, 7 – бустерний насос, 8 – збірник конденсату, просочений рідиною

Кожного разу після сушки і просочення однієї партії конденсаторів в шафу завантажується нова партія. Схема однієї з промислових установок показана на рис. 1.2.

Якщо застосовують попередню сушку конденсаторів, використовують більш прості установки. При цьому в установках остаточної сушки і просочення відпадає необхідність в конденсаторі вологи і волого збірників. Основним видом обладнання, що входить до складу кожної установки, є термовакuumна шафа для сушіння і просочення конденсаторів, вакуумні насоси, конденсатори вологи і пари просочується рідиною. Крім того, установку оснащують різної вимірювальної і регулюючої апаратурою. Термовакuumні установки розміщують у спеціальних будівлях і постачають підйомнотранспортними засобами для завантаження та вивантаження конденсаторів. Цех термовакuumної сушки і просочення конденсаторів зображений на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Цех термовакuumної сушки і просочення конденсаторів

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		18

В даний час процес сушки і просочення максимально автоматизують. Кожну таку установку постачають пультом управління, де розміщують прилади для вимірювання температури і вакууму. Всі прилади на пульті пов'язують загальною схемою автоматики, яка забезпечує безперервний контроль за вакуумом і температурою і підтримує їх на рівні, встановленому технологічним процесом. Автоматизовані установки дозволяють без втручання обслуговуючого персоналу здійснювати найвигідніший режим сушіння, а також проводити заливку, просочення, осушку та охолодження конденсаторів перед вивантаженням. На пультах розміщують також захисну апаратуру, яка дозволяє при перерві подачі електроенергії, теплоносія або охолоджуючої води відключати насоси і автоматично закривати відповідні затвори установки. Захисна апаратура не тільки запобігає виходу з ладу насосів, але і дозволяє порівняно тривалий час підтримувати в шафі встановлений вакуум і температуру без порушення режиму обробки конденсаторів. При вакуумній сушці і просочення конденсаторів прагнуть до зниження тисків від $10^{-1} - 10^{-2}$ Па. Застосування вакууму при таких залишкових тисках дозволяє отримувати конденсатори з високими і стабільними характеристиками. Необхідність отримання такого високого вакууму в установках для сушки і просочення конденсаторів зажадала застосування насосів трьох видів: механічних з масляним ущільненням, двороторним і бустерних. В даний час освоєно виробництво спеціальних високопродуктивних вакуумних насосів, запірної арматури і регулюючої апаратури, які повинні повністю задовольнити потреби конденсаторного виробництва.

Для термовакуумної сушки і просочення конденсаторів застосовують шафи прямокутної форми, що представляє собою зварену конструкцію з листової сталі.

З одного торцевої сторони він забезпечений герметично закривається кришкою. У верхню стінку шафи вварені введення для підключення

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вакуумних насосів і патрубки для впуску просочується рідиною, підключення вимірювальної апаратури (щоб вимірювати температуру і вакуум) і впуску повітря з атмосфери. У нижню частину шафи вварений патрубков, через який зливають просочуючих рідина після просочення конденсаторів. Для спостереження за процесом сушіння і просочення конденсаторів шафа має шість оглядових вікон, розташованих на кришці і задній стінці. Всі стінки шафи по зовнішній поверхні оперезані П-подібними ребрами жорсткості. Ребра жорсткості герметично приварені до стінок і разом з ними утворюють канали, по яких пропускають теплоносій для обігріву шафи. В якості теплоносія застосовують водяний пар або спеціальну рідину. Кришка шафи має самостійний обігрівач. Теплоносій для обігріву кришки подають за допомогою гнучких шлангів. Канали шафи і кришки розраховані на робочий тиск теплоносія 5-105 Па і робочу температуру 150°C.

Відповідно до вимог Котлонагляду канали шафи при випробуваннях повинні витримувати гідравлічний тиск $9 \cdot 10^5$ Па. Їх часто використовують для охолодження конденсаторів після закінчення сушіння перед заливкою, а також після просочення, що дозволяє скоротити час процесу. Зовні весь шафа і кришка обмурований теплоізоляцією. Для завантаження конденсаторів на сушку і просочення всередині шафи поміщають прямокутну платформу, яка може вільно пересуватися по рейках, укріплених на нижній стінці шафи. Конденсатори можна завантажувати як безпосередньо на платформу, так і в ванну, що встановлюється на цій платформі. Для зливу рідини після просочення в дні ванни передбачений зливний патрубок, сполучається із зливним патрубком шафи, що дозволяє видаляти рідину, не відкриваючи кришки. Оскільки шафа призначена для роботи при високому вакуумі (до 10^{-2} Па) і температурі до 150°C, до нього пред'являють високі вимоги щодо герметичності. Роз'ємні і нероз'ємні місця ущільнень у вигляді фланцевих з'єднань і зварних швів виконують з особливою ретельністю. Велику

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

труднощі представляє забезпечення надійного ущільнення шафи з кришкою, так як довжина ущільнення по периметру становить близько 9 м.

Роз'ємні з'єднання шаф, які використовуються для просочення конденсаторів маслами, ущільнюють за допомогою масла і температуростійкої гуми. У шафах, що застосовуються для просочення конденсаторів хлорованими дифенілами, роз'ємні з'єднання ущільнюють силіконовою гумою, так як звичайна гума при зіткненні з хлорованими дифенілами або їх парами швидко руйнується і забруднює просочується рідиною. Щоб забезпечити надійне ущільнення, гуму закладають у спеціально проточені і прошліфовані пази місць з'єднання. Для забезпечення стиснення гуми в межах пружної деформації передбачені обмежувачі. Внутрішня поверхня шафи, а також поверхні всіх деталей, що знаходяться усередині нього (ванни, платформи), повинні бути добре оброблені. Наявність на цих поверхнях шорсткостей і раковин ускладнює отримання високого вакууму внаслідок їх газовиділення.

Застосовують також шафи з електричним обігрівом. В цьому випадку шафи виконують одностінними. Нагрівальні елементи у вигляді сталевих труб розташовані на внутрішніх поверхнях шафи, між ними і стінками шафи знаходяться листи з алюмінію або білої жерсті для відображення променистої енергії до конденсаторів. Шафи з електричним обігрівом дозволяють автоматично регулювати температуру. У той же час підвищується електробезпечність обслуговування і не забезпечується рівномірний розподіл температури в процесі сушіння конденсаторів, що обмежує використання цих шаф.

1.3. Контрольно-вимірювальні прилади

Основними параметрами, які необхідно контролювати в процесі вакуумної сушки і просочення конденсаторів, є температура і вакуум. Для

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

контролю температури застосовують термометри опору. Вимірювання температури цими термометрами засновано на зміні електричного опору провідника при його нагріванні або охолодженні. Термометр опору складається з тонкого металевого дроту, зазвичай з платини, намотаного на спеціальний каркас. Ця дрот є чутливим елементом термометра і для запобігання від зовнішніх впливів укладена в захисну арматуру. Щоб визначити температуру тієї чи іншого середовища, термометр опору занурюють в цю середу. Знаючи залежність опору від температури, можна по зміні опору судити про температуру вимірюваного середовища. Електричний опір термометрів зазвичай вимірюють за допомогою потенціометрів і врівноважених чотириплічних мостів, в одне з плечей яких включають термометр опору.



Рисунок 1.4 – Термопарний манометр ВТ-2

Для вимірювання і запису температури в процесі вакуумного сушіння і просочення широко використовують електронні автоматичні урівноважені мости постійного і змінного струму ЕМП-109М1 і ЕМП-209М1, що вимірюють і записують одночасно від однієї до 24 величин.

Якщо прилади призначають не тільки для вимірювання і запису температури, але і для її регулювання, в них вбудовують спеціальні

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

електричні та пневматичні регулюючі пристрої. Принцип дії пристрій і правила обслуговування приладів докладно наводяться в спеціальних інструкціях. Для контролю тиску в межах від атмосферного до 150 Па служать механічні стрілочні манометри. При вимірах більш низьких тисків (від 150 до 10^{-1} Па) використовують головним чином термопарні манометри ВТ-2 (рис. 1.5) і ВТ-3.

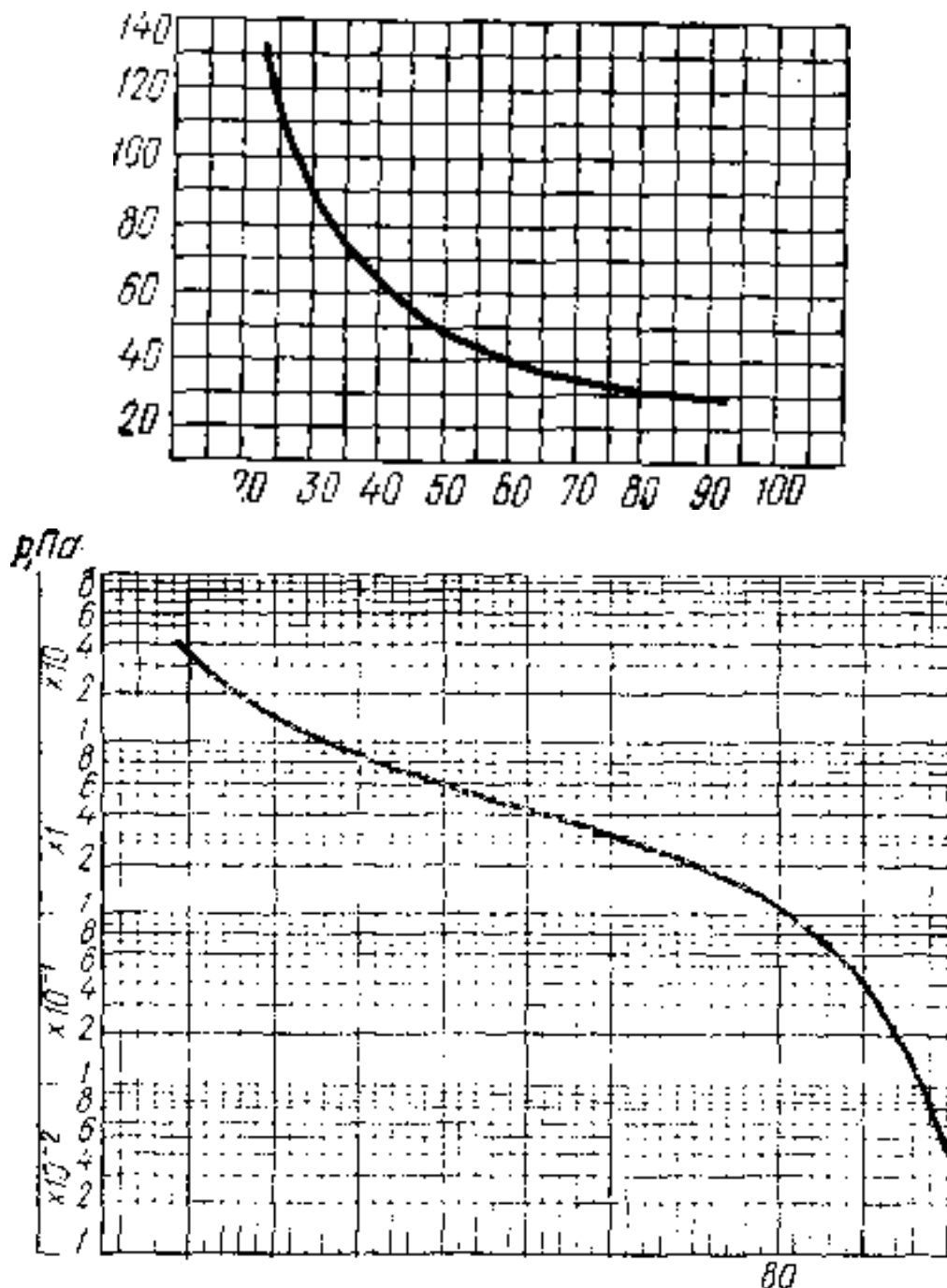


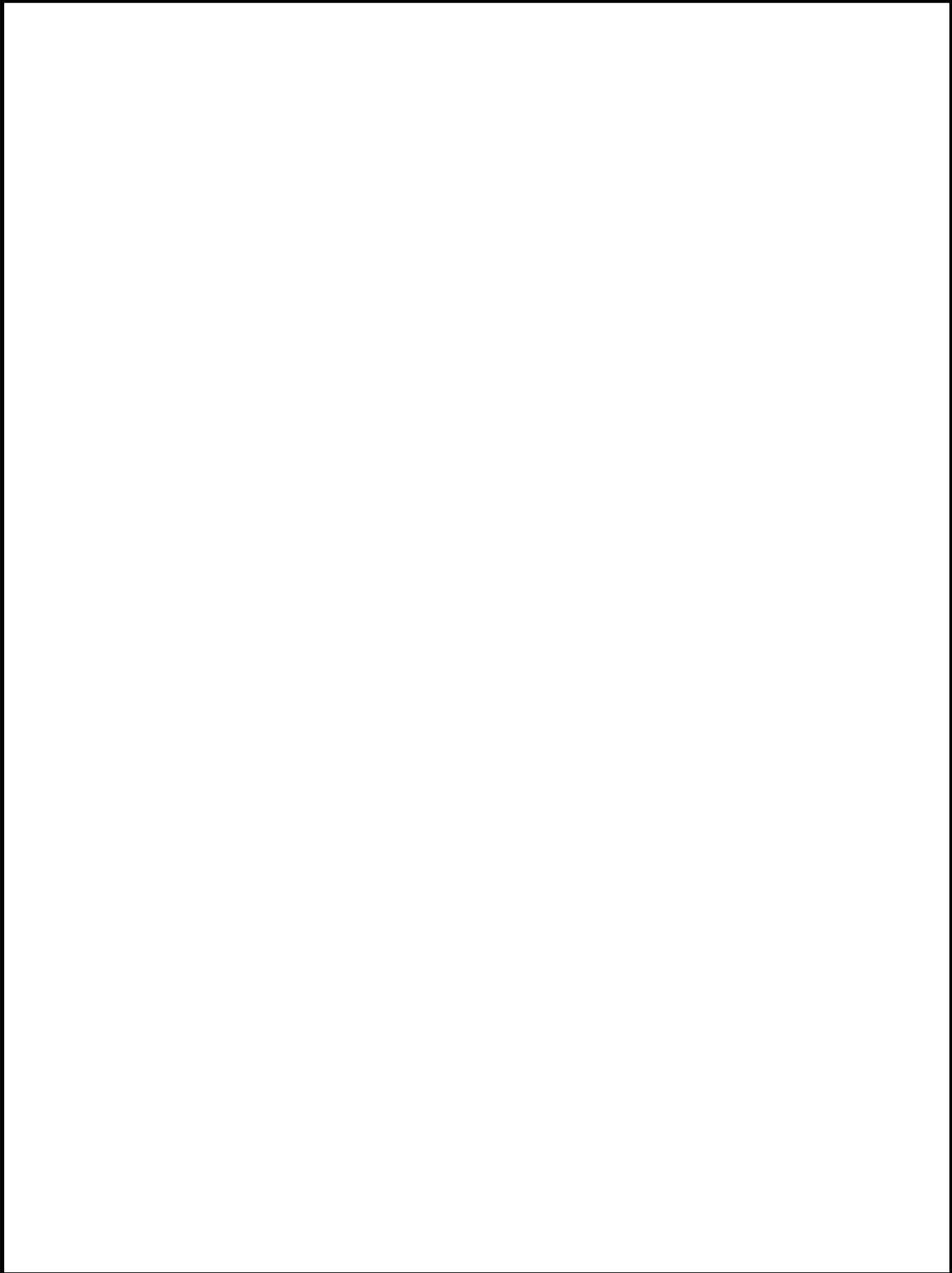
Рисунок 1.5 – Градувальні криві лампи ПМТ-2 для вимірювання тиску в межах: а – 130-30 Па; б – 30-0,1 Па

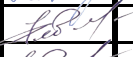
Термопарний манометр ВТ-2 виконують на дві межі, вимірювання і постачають манометричної лампою (термопарою) ПМТ-2 для вимірювання тиску від 130 до 30 Па (перша межа) і від 30 до 0,1 Па (друга межа). При використанні лампи ПМТ-2 необхідно застосовувати спеціальні градуювальні криві, для чого на шкалу манометра наносять рівномірні тиску від 0 до 100.

Висновок

В даному розділі розглянуто, наскільки актуальним є питання конденсаторів в наш час, якої технології виробництва дотримуються установи на сьогоднішній час, які способи та як відбувається процес загалом. Також були представлені контрольно-вимірні прилади, їх мета, принцип роботи та необхідність.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2				
					Детальний розбір технології та процесу виготовлення конденсаторів				
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата					
Розробник		Дарієнко Д. І.							
Консультант									
Н. контр.		Добрінова Л. П.							
Керівник		Рябенський В. М.			Літ.		Арк.	Аркуші	
Зав. каф.		Рябенський В. М.					25	26	
					НУК імені адмірала Макарова				

РОЗДІЛ 2. ДЕТАЛЬНИЙ РОЗБІР ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

Елементи конструкції та режим роботи силових конденсаторів. До силових конденсаторів головним чином належать паперові та паперово-плівкові конденсатори, просякнуті рідкими діелектриками та призначені для включення в розподільних мережах та лініях передачі низької та високої напруги постійного та змінного струму, а також для силових та випробувальних установок. Головними елементами конструкції, загальними для силових конденсаторів, є з'ємна частина, що складається з одного чи декількох пакетів, корпус конденсаторів та виводи.

Пакет збирають з окремих плоско - запресованих секцій, що являють собою одиничні конденсатори однакової ємності. Під час збирання пакети секцій пресують і в запресованому стані закріплюють за допомогою стяжних хомутиків чи ізоляційних планок. В залежності від типу конденсаторів секції в пакеті з'єднуються за окремою схемою перепайкою струмовідводів. Для забезпечення більшої ємності та високої робочої напруги конденсатора застосовують паралельно-послідовне з'єднання секцій в пакеті.

Корпус силових конденсаторів виготовляється з листового металу та електроізоляційних матеріалів (бакелізованого паперу, електропорцеляни та пластмаси). Головне призначення корпусу – забезпечити механічну міцність конструкції конденсатору та його герметичності, щоб запобігти витіканню рідини та потраплянню вологи та повітря в середину конденсатора. Металічний корпус забезпечує відвід тепла під час нагрівання конденсатора та компенсацію температурної зміни об'єму просочуючої рідини завдяки пружній деформації стінок. Для підняття конденсаторів при транспортуванні та монтажу на їх корпусах передбачені ручки, скоби та кріючки. На торцевій стороні корпусу кріпляться таблички з технічними даними конденсатора. Для заземлення конденсаторів на кришках металевих корпусів прибивають скобу

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

з болтом. Корпус конденсатора покривають фарбою, стійкою до атмосферного впливу.

Пакети мають бути ізолювані від металевого корпусу в залежності від класу ізоляції конденсатору. Якщо один вивід конденсатору з'єднаний з корпусом, ізолюють ті частини пакету, які можуть знаходитися під напругою.

Виводи служать для підключення конденсаторів до електричної мережі. В металевих корпусах виводи з'єднуються з відводами пакетів і через прохідні армовані фарфорові ізолятори виводяться на поверхню. Ізолятори герметично припаюються до кришки корпусу і служать для ізоляції виводів із корпусу.

Конденсатори в ізоляційних циліндричних корпусах мають з'єднані з відводами пакетів металеві кришки, котрі і служать виводами. В разі необхідності виводи виконують у вигляді прохідних шпильок, закріплених на стінках ізоляційного корпусу.

Конденсатори для підвищення коефіцієнта потужності. Конденсаторні установки

Основними користувачами електроенергії на промислових підприємствах такі індуктивні приймачі, як асинхронні електродвигуни, трансформатори, індукційні установки. Робота цих приймачів пов'язана з використанням реактивної енергії для виникнення електромагнітних полів. Реактивна енергія не виробляє корисної роботи, а циркулює між приймачем та джерелом струму, приводить до додаткової загрузки ліній електропередач та генераторів, а отже знижує коефіцієнт потужності мережі.

Зниження коефіцієнту потужності збільшує витрати електроенергії на нагрівання кабелів і проводів мережі, а також обмоток електричних машин, приводить до необхідності підвищення вдовоної потужності генераторів і трансформаторів на станціях, збільшення коливань напруги мережі, а також веде до неповного використання потужності первинних двигунів.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для підвищення коефіцієнта потужності використовують силові конденсатори серії КС та КСК – це найбільш вигідні джерела отримання реактивної потужності. Ціна конденсаторів окупається в перші роки їх експлуатації.

Конденсатори на номінальну напругу 1,05;3,15;6,3 та 10,5 кВ виготовляють однофазними, на напрузі 0,6 кВ та нижче – частіше трьохфазними, для цього секції в пакеті ділять на три групи (фази) та з'єднують за схемою трикутник. В конденсаторах на номінальній напрузі 1,05 кВ та нижче всі секції з'єднані паралельно і кожна має вмонтований всередині конденсатора плавкий запобіжник. У випадку пробою деяких секцій конденсатор продовжує працювати при незначних зниженнях ємкості. В конденсаторах на номінальній напрузі 3,15; 6,3; і 10,5 кВ з'єднані секції в пакетах змішані.

Однофазні конденсатори виготовляють, як з двома ізольованими виводами, так і з виводами, один з яких з'єднаний з корпусом. Для зниження напруги на виводах конденсатора після його відключення від джерела напруги до безпечного всередині конденсатора встановлюють розрядні резистори.

Для підвищення коефіцієнта потужності силових промислових установок конденсатори підключають паралельно індуктивним приймачам. При напрузі до 10 кВ конденсатори вибирають на номінальній напрузі мережі. На більш високу напругу мережі батареї комплектують з послідовним або послідовно-паралельним з'єднанням конденсаторів. Потужність окремих конденсаторних батарей може сягати кількох сотень тисяч кіловольт - ампер реактивних. Комплектацію потужних батарей виготовляють блоками.

Конденсаторні установки мають вигляд металічної шафи, в яких змонтовано конденсатори, що випускаються серійно, з апаратурою комутації, захисту та автоматичного регулювання реактивної потужності.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При використанні комплектних установок виключається необхідність монтажу батарей конденсаторів в експлуатацію та підвищується надійність їх роботи. Одночасно покращуються умови обслуговування конденсаторів.

Конденсатори фільтрові та для тиристорних перетворювачів. Основним струмом, який використовується в електричній тязі, є постійний струм, який отримуємо на тягових підстанціях перетворення змінного струму промислової частоти.



Рисунок 2.1 – Конденсатор

В результаті перетворення змінного струму за допомогою випрямлячів отримуємо пульсуючий струм, який складається з двох компонентів – постійної та змінної. Для згладжування пульсацій випрямленого струму служать фільтри з конденсаторів великої ємності та котушок індуктивності з залізом (дроселів).

Конденсатори, які мають дуже малий опір змінної складової та дуже велике постійної складової струму, вмикаються в фільтри паралельно випрямлячу. Навпаки дроселі, які мають великий опір змінної складової та мале постійної складової струму, вмикають в фільтри послідовно. Такі

фільтри дозволяють змінній складовій струму вільно проходити через конденсатори, обходячи споживача, а постійній складовій – вільно проходити через дроселі та спрямовуватися в ланцюг споживача. Таким чином, в ланцюги споживача приходить постійний струм.

В фільтрах тягових підстанцій застосовують силові конденсатори ФМТ-12 (Ф – фільтрові, М – масляні, Т – для тягових підстанцій, на напрузі 4кВ та ємкості 12 мкФ), які за конструкцією аналогічні косинусним конденсаторам та розраховані на довготривалу роботу при напрузі постійного струму 4кВ з накладанням змінної складової частотою 300-1440 Гц, не перевищуючи згідно 1-2 А на 1 мкФ.

Для фільтрів високовольтних випрямлячів випускають конденсатор ФК 200-0,15 (Ф – фільтрові, К – з просоченням касторовою олією, на напрузі 200 кВ, ємністю 0,15 мкФ), а також серія конденсаторів ФМ з просоченням конденсаторною олією на напрузі 40,63 і 100 кВ(ФМ 40-68УЗ, ФМ 63-33УЗ,ФМ100-15УЗ,ФМ 100-22УЗ). Загальний вид конденсаторів ФМ на напрузі 100 та ємністю 22нФ.

Внаслідок високої напруги корпуса конденсаторів виготовляють із ізолюючого матеріалу (поліпропілену). Найбільше застосування отримали імпульсні перетворювачі, які, перетворюючи постійний струм мережі в окремих змінні імпульси, за допомогою ємкостей та індуктивностей створюють струм, який поступає в тягові двигуни. Напруга, яка підводиться до двигуна, регулюється частотою імпульсів.

Одним з важливих елементів СППУ є конденсатори, призначені для комутації вентилів, компенсації реактивної потужності, фільтрації вищих гармонік та демпфірування коливань. В таблиці 2.1 приведені технічні дані для тиристорних перетворювачів.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Основні технічні дані конденсаторів для тиристорних перетворювачів

Вид	Напруга,кВ		Частота, кГц	Ємність, мкФ
	постійна	змінна		
РСТ-2-2,12У2	3,15	2	0,8	2,12
РСТ-2-4У2	3,15	2	0,4	4,00
РСТО-2-6,15У2	3,15	2	0,4	6,15
ФСТ-2,1-160У2	2,1	-	-	160
ФСТ-0,75-300У2	0,75	-	-	300
ГСТ-1-50У2	-	1	0,4	50



Рисунок 2.2 – Імпульсний конденсатор

Імпульсні конденсатори. В групу імпульсних конденсаторів входять конденсатори, які працюють в режимі заряд-розряд. Накопичену в конденсаторі в процесі заряду електричну енергію використовують для отримання потужних короткочасних імпульсів струму та напруги великої амплітуди.

Імпульсні конденсатори широко застосовуються в різних областях науки та техніки, а номенклатура їх постійно збільшується. Конденсатори використовують при ядерних дослідженнях та для утримання плазми, в лазерної техніки і для газорозрядних джерел світла, в аеродинаміці та астрофізиці, в промисловій технології та медицині, для роботи в потужних коливальних контурах та в імпульсних генераторах струму та напруги.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Імпульсні конденсатори випускаються на напрузі від 250 В до 200кВ з енергією заряду до кількох тисяч джоулів в одиниці роботи при аперіодичному або коливальному розряді з частотою проходження імпульсів від однієї хвилини до сотень герц. Власна індуктивність відокремлених видів конденсаторів не перевищує 10-40 нГн.

В зв'язку з різновидом областей застосування та режимів роботи випускають імпульсні конденсатори різних конструктивних форм. Основні технічні данні імпульсні конденсатори приведені в таблиці 2.2.

Імпульсні конденсатори виготовляють в металічних та ізоляційних корпусах переважно прямокутної форми. Ізоляційні корпуса застосовують для конденсаторів напругою 100 кВ та вище. Матеріалами для виготовлення ізоляційних корпусів служать пластмаси (поліпропілен, поліамідні смоли).

Для просочування конденсаторів застосовують конденсаторну та касторову олію, а також хлорування дифеніли. Конденсаторну олію використовують, як правило, в конденсаторах, які працюють в коливальному режимі, в якому тангенс кута діелектричних втрат конденсатора визначає його нагрів. Синтетична рідина з великої діелектричною проникністю застосовують для отримання великих значень енергії в одиниці об'єму.

Таблиця 2.2 – Основні технічні данні імпульсних конденсаторів

Тип	Напру- га, кВ	Ємність, мкФ	Енергія заряду, Дж	Індук- тив- ність, нГн	Габарити, мм	Маса, кг	Питома енергія	
							Дж/м ³ *10 ³	Дж/кг
ІМ 2-5-14У4	5	140	1750	600	310×150×590	50	63,8	35
ІМ 70-0,3У3	70	0,3	735	300	455×150×326	32	33,1	23
ІС 6-200ХЛ2	6	200	3600	600	309×133×680	55	130	65,5
ДС 7-16Т4	7	16	392	260	172×112×165	6	126	68,8
ІС 4-13У3	4	13	104	-	380×120×325	30	7,0	3,5
ІС 6-5,5У3	6	5,5	99	-	380×120×325	30	6,7	3,3
ІС 16-0,8У3	16	0,8	102	-	380×120×325	30	6,9	3,4
ІС 20-0,5У3	20	0,5	100	-	380×120×325	30	6,8	3,3
ІК 6-150ТС4	6	150	2700	60	310×150×590	45	98,5	59
ІК 10-50У4	10	50	2500	500	310×158×590	50	91,3	50
ІК 25-13У4	25	13	4062	350	310×310×670	120	56,8	34,4
ІК 25-12У4	25	12	3750	40	310×310×670	120	68	34

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тип	Напру- га, кВ	Ємність, мкФ	Енергія заряду, Дж	Індук- тив- ність, нГн	Габарити, мм	Маса, кг	Питома енергія	
							Дж / м ³ * 10 ³	Дж/кг
ІК 40-5У4	40	5	4000	40	310×310×670	120	56	35
ІК 50-3У4	50	3	3750	40	310×310×670	120	56,8	34
ІКМ 50-3у4	50	3	3750	25	310×310×670	120	58,4	31,3
ІКГ 50-1У4	50	1	1250	500	310×310×670	120	18,7	10,4
ІК100-0,2У4	100	0,25	1250	150	455×150×326	30	56	41,6
ІК 100-0,4У4	100	0,4	2000	150	455×150×326	32	90	66,7
ІК 200-0,1У4	200	0,1	2000	200	455×150×326	32	90	66,7

Примітка. В маркіровці конденсаторів літери та цифри означають:

- перша літера – призначення (І – імпульсні, Д – для дефібриляторів);
- друга – рідина просочування (М – нафтова олія, С – синтетична рідина, касторова олія);
- третя – конструкцію (Г – для електрогідравлічних установок, М – малоіндуктивний);
- перша цифра – номінальна напруга в кіловольтах;
- друга – номінальну ємність в мікрофарадах;
- літери У, Т, ТС або ХЛ – виконання;
- остання цифра – категорію розміщення.

Для отримання високих значень енергії та збільшення терміну служби конденсаторів, які працюють з невеликою частотою повторення імпульсів, для просочування звичайно використовують касторову олію.

При великих імпульсах струму в конденсаторі з'являються значні електродинамічні зусилля, які можуть викликати механічні пошкодження діелектрика. Тому в конструкціях імпульсних конденсаторів на відміну від інших типів важливу увагу приділяють механічній стійкості всіх струмоведучих частин.

З цією метою з'єднують шини та струмоведучі секції роблять більш масивними та вимагають високі запиту до надійності зварних та паяних з'єднань.

Якщо необхідно отримати імпульси струму високої амплітуди (сотні кіло ампер), конденсатори повинні мати малу власну індуктивність. Це викликається тим, що на власну індуктивність конденсатора L на початку імпульсу відводиться енергія $LI^2/2$, яка хоч і не губиться (оскільки при наступному потоці розряду вона створює додатковий струм), але зменшує

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

амплітуду імпульсного струму та швидкість його наростання. Розмір власної індуктивності конденсатора в цілому визначається індуктивністю його окремих елементів секцій, внутрішніх з'єднань та виходів.

Індуктивність секцій визначається її геометричними розмірами, розмірами струмовідводів та їх розміщенням. Зниження індуктивності досягається зменшенням товщини та ширини секцій, а також розміщенням струмовідводів з одного торця, один проти одного по центру довжини обкладинок. Індуктивність зменшується та при збільшенні кількості струмовідводів та їх ширини. Тому для отримання великої ємності секцій потрібно застосовувати широку фольгу та папір.

Для зниження індуктивності конденсатора секції в пакетах необхідно з'єднувати паралельно. Послідовне з'єднання збільшує індуктивність пропорційно кількості секцій. Крім того, застосовуючи в конденсаторах запобіжники для відключення секцій при їх пробіі ускладнюють отримання малої індуктивності конденсаторів. Для значного зниження індуктивності конденсаторів служать мало індуктивні виводи, які виконують у вигляді плоских шин, відділених тонкою ізоляційною перегородкою або коаксильно.

Одна із особливостей імпульсних конденсаторів складається також в тому, що вони повинні мати малі значення власного активного опору, оскільки нагрів конденсатора при великих імпульсах відбувається головним чином за рахунок втрат в металі, а не в діелектрику. При розряді конденсатора втрати енергії розподіляються між конденсатором та навантаженням прямо пропорційно їх активним опорам. При дуже малому опорі навантаження вся енергія, накопичена в конденсаторі, виділяється в самому конденсаторі. Втрати в конденсаторі визначаються за формулою (2.1):

$$P_k = U_k^2 C_k n / 2, \quad (2.1)$$

де P_k – потужність втрат в конденсаторі, Вт;

C_k – ємність конденсатора, Ф;

U_k – напруга заряду конденсатора, В;

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

n – кількість розрядів за одиницю часу.

Втрати в металі можливо зменшити збільшенням товщини фольги обкладок, кількість струмовідводів в секції, застосуванням секцій з випущеною фольгою та зменшенням втрат в інших струмоведучих частинах.

Нагрів конденсатора може виникати і при його заряді в аперіодичному режимі, оскільки в зарядженому ланцюзі втрачається така ж енергія, яка накопичується в конденсаторі.

Розрахунок будь-якого конденсатора зводиться до знаходження його найвигідніших розмірів, забезпечуючи отримання заданих значень електричних характеристик при найменшій вартості. Для розрахунку конденсатора зазвичай задаються номінальні ємності, робоча напруга та частота, а також вказуються умови та режим роботи.

Виходячи із заданих умов та режиму роботи конденсатора попередньо обирають необхідні при розрахунку товщину та насичення конденсаторного паперу(плівки), рід насичуючої рідини, робочу напруженість електричного поля та товщину діелектрика між обкладинками. Крім цього, задаються величиною ємності секцій та діаметром намотаної оправки.

Товщину діелектрика обирають з таким розрахунком, щоб співвідносити достатньо високу короточасну електричну міцність з можливо більшою напруженістю початку виникнення часткових розрядів.

Для отримання високої електричної міцності конденсаторного паперу, просочену мінеральною олією, від товщини діелектрика між обкладинками при різній товщині паперу, отриманого дослідним шляхом.

Для отримання високої електричної міцності $E_{пр}$ потрібно застосовувати конденсаторний папір меншої товщини. Найбільша електрична міцність відповідає товщині діелектрика 40-80 мкм з кількістю листів паперу 5-7. З іншого боку, для підвищення напруженості виникнення часткових розрядів $E_{ч.р.}$ необхідно прагнути до зменшення товщини діелектрика. Проте дуже мала товщина діелектрика призводить до різкого зниження електричної міцності як

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

внаслідок неоднорідності паперу, так і внаслідок наявності в ній струмопровідних частинок (металевого та вугільного пилу). Крім того, застосування конденсаторного паперу малої товщини зважаючи на високу вартість збільшує вартість конденсаторів. Кількість листів конденсаторного паперу між обкладинками в секції зазвичай обирають 2-8 при загальній товщині діелектрика 20-80 мкм. Також відомо, що електрична міцність просоченого паперу при напрузі постійного струму приблизно в 1,8 разів більше електричної міцності при напрузі змінного струму частотою 50 Гц.

З підвищенням частоти електрична міцність просоченого паперу різко знижується. Наприклад, для паперу, просоченого конденсаторною олією, з підвищенням частоти від 50 до 10000 Гц вона знижується на 50%. Електрична міцність знижується із зменшенням щільності паперу.

Електрична міцність просоченого паперу залежить також від температури. Наприклад, з підвищенням її від 20 до 100°C електрична міцність паперу, просоченого олією, як при постійному, так і при змінній напрузі знижується 10-15 %.

При розрахунку конденсатора необхідно знати величину діелектричної проникності просоченого паперу ε , яка залежить від щільності паперу і діелектричної проникності просочуючої речовини ε_n .

Діелектрична проникність просоченого паперу залежить від ступеня стискання секцій при запресовці їх в пакети.

Ступінь стискання характеризується так званим коефіцієнтом запресовки. Тому при розрахунку конденсатора величину діелектричної проникності просоченого паперу слід приймати з врахуванням не тільки щільності паперу і діелектричної проникності просочуваної речовини, але і з врахуванням коефіцієнта запресовки. Практично коефіцієнт запресовки K завжди менше одиниці та виражається відношенням найменшої відстані між обкладинками секції, рівного товщині всіх листів паперу, до фактичної відстані, визначуваного ступенем стискання, тобто:

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\kappa = d_{\phi}(d_{\phi} + d_3), \quad (2.2)$$

де d_3 – загальна величина зазорів між листами паперу, а також між папером та обкладинками.

Якщо $d_3 = 0$, тобто зазори між листами паперу відсутні, коефіцієнт запресовки стає рівним одиниці.

Приступаючи до розрахунку конденсатора, перед усім обирають робочу напругу електричного поля E . Тоді необхідний товщина діелектрика конденсатора при його робочій напрузі:

$$d = U / E, \quad (2.3)$$

Кількість послідовних ввімкнених секцій в конденсаторі буде:

$$n = d / (d_{\phi} + d_3) = kd / d_{\phi}, \quad (2.4)$$

По заданій ємності конденсатора C і обраній ємності секцій C_0 знаходять кількість паралельно ввімкнених секцій в послідовно з'єднаних групі:

$$m = nC / C_0, \quad (2.5)$$

Загальна кількість секцій в пакеті конденсатора:

$$Z = mn, \quad (2.6)$$

Ємність секцій (мкФ) при рулонному намотуванні визначають за формулою для підрахунку ємності конденсатора:

$$C = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\varepsilon S}{d} \Phi = 8,85 \times 10^{-6} \frac{\varepsilon S}{d}, \quad (2.7)$$

але її подвоюють:

$$C = 17,7\varepsilon \frac{bl}{d_{\phi} + d_3} 10^{-9}, \quad (2.8)$$

де b – ширина обкладки, мм;

l – довжина обкладки, мм;

d_{ϕ} – товщина паперу між обкладинками, мм;

d_3 – загальна величина зазорів, визначаючих коефіцієнтом запресовки, мм.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Обравши стандартну ширину фольги b , знаходять за формулою для ємкості секцій довжину обклашки l . По розмірам об кладок визначають ширину та довжину конденсаторного паперу з врахуванням величини закраїн, які служать для запобігання пробою (перекриття) між обкладками по торцю секції, і розмірами секції.

По кількості та розмірам секції знаходять розміри пакета, а потім і корпусу конденсатора. Після визначення розмірів конденсатора при необхідності роблять його тепловий розрахунок.

2.1. Розробка електротехнічного устаткування для тестування конденсаторів

Випробування конденсаторів на герметичність. Потрапляння вологи та повітря всередину конденсаторів з навколишнього середовища, як відомо, призводить до збільшення провідності діелектрика, збільшення тангенса кута діелектричних втрат, зниження електричної міцності і, отже, до передчасного виходу конденсаторів з ладу. Крім того, в конденсаторах постійного струму волога сприяє розвитку в діелектрик електрохімічних явищ та його прискореного старінню.

Волога і повітря потрапляють всередину конденсаторів, якщо в них є негерметичні місця. Тому при випуску конденсатори повинні бути піддані ретельним випробуванням на герметичність, які проводяться між лінійними виводами. Повна ємність конденсатора:

для з'єднання в трикутник

$$C = 2/3 (C_{12} + C_{23} + C_{31}), \quad (3.4)$$

для з'єднання в зірку

$$C = 2 (C_{12} + C_{23} + C_{31}). \quad (3.5)$$

Випробування конденсаторів підвищеною напругою виробляють, прикладаючи до них випробувальне напругу. Мета цих досліджень –

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

перевірити достатність запасу електричної міцності і виявити приховані дефекти, які могли виникнути в процесі виготовлення конденсаторів, а також через дефекти в застосовуваних матеріалах. Випробування конденсаторів напругою виконують безпосередньо після вимірювання ємності. Випробуванню піддаються як діелектрик між обкладинками, так та ізоляція відносно корпусу. В першому випадку напругу прикладають між выводами конденсатора, у другому – выводами конденсатора замикають на коротко, а напруга прикладають між закороченими выводами і корпусом. Конденсатори в ізоляційних корпусах відчують напругою між обкладинками. Конденсатори в металевих корпусах, у яких один з выводів з корпусом, відчують між ізольованими выводами, сполученим з корпусом. При цих випробуваннях одночасно перевіряють діелектрик між обкладинками та ізоляцію від корпусу.

В залежності від типу і призначення конденсатори відчують напругою змінного або постійного струму. Окремі типи конденсаторів допускається випробовувати напругою як змінного, так і постійного струму.

Випробування короткочасним впливом напруги хоч і дозволяє відбракувати дефектні конденсатори, але не гарантує надійність в експлуатації всіх конденсаторів, витримали дані випробування. Підвищення випробувальної напруги не тільки не збільшує, а навпаки, знижує надійність випробуваних конденсаторів. Тому особливо відповідальні конденсатори змінного струму крім короткочасних приймально-здавальних випробувань випробовуються протягом 48 год. при більш низькій напрузі, яке зазвичай приймається рівним 120% номінального.

Приймально-здавальні випробування конденсаторів підвищеною напругою, як правило, проводять при нормальних умовах (температура, вологість, тиск) навколишнього середовища. Поверхні ізолюючих деталей, знаходяться в повітрі (ізоляторів, ізоляційних корпусів і т. д.), перед випробуванням повинні бути ретельно протерті.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Основне завдання випробувача полягає в тому, щоб правильно визначити пробої або інші ушкодження в конденсаторі і відбракувати дефектні конденсатори. Про настання пробою можна судити за показниками вимірювальних приладів, за внутрішнім і зовнішнім електричними розрядами, механічних пошкоджень корпусу і ізоляторів, а також щодо зміни ємності конденсатора після випробувань напругою. За свідченнями вимірювальних приладів випробуваної установки легко виявляють пробої на корпус у всіх типів конденсаторів і пробої між обкладинками у конденсаторів з паралельним з'єднанням секцій виймальної частини. У цих випадках при пробі виникає повне коротке замикання, в результаті якого стрілка вольтметра, призначеного для контролю випробувальної напруги, падає до нуля, а показання амперметра різко зростають через протікання в ланцюзі конденсатора струму короткого замикання. Крім того, пробій супроводжується різким звуковим ефектом, а іноді і механічним пошкодженням конденсатора.

Пробі між обкладинками у конденсаторів з послідовним з'єднанням секцій або груп секцій в виймальній частини також можна виявляти по показанням приладів або по звуку розрядів. Однак при пробі секцій в окремих групах повного короткого замикання не відбувається і відхилення показань приладів менш значні. Чим більше послідовно з'єднаних груп в конденсаторі, тим менше відхилення показань приладів. Коли таких груп більше 50, відхилення показань приладів можуть бути не помічені. Тому для перевірки секцій на пробій після випробування напругою вимірюють ємність конденсаторів. Якщо ємність змінилася, значить стався пробій.

Як відомо, ємність конденсатора, зібраного з послідовно з'єднаних груп секцій (або секцій) знаходиться за формулою (3.6):

$$C = C_0 / n, \quad (3.6)$$

де C_0 – ємність послідовної групи;

n – число послідовно з'єднаних груп в конденсаторі.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При пробі хоча б однієї секції в групі ємність цієї групи шунтується каналом пробою (замикається на коротко містком, що складається з сажі і розпорошених частинок фольги, або безпосереднім з'єднанням двох обкладинок). Число послідовно з'єднаних груп зменшується, внаслідок чого загальна ємність конденсатора збільшується. Таким чином, пробій секцій в послідовно з'єднаних групах викликає зростання ємності конденсатора. По зростанню ємності можна судити про кількість груп, в яких стався пробій секцій. Кількість груп K з пробитими секціями може бути визначено за формулою:

$$K = n \frac{(C_2 - C_1)}{C_2}, \quad (3.7)$$

де C_1 і C_2 – ємність конденсатора до і після випробування.

Приклад: Ємність конденсатора КС6.3, що складається з шести послідовно з'єднаних груп секцій, до випробування становила 2 мкФ, а після випробувань – 3 мкФ. Звідси,

$$K = \frac{6(3-2)}{3} = 2,$$

тобто при випробуваннях в конденсаторі стався пробій секцій у двох групах.

При приймально-здавальних випробуваннях конденсаторів напругою між обкладками, особливо при випробуваннях розрядами накоротко, крім пробіів секцій можуть відбуватися відпайки струмопідводів та інші обриви у схемі з'єднання. В конденсаторах з паралельним з'єднанням секцій, які мають плавкі запобіжники, пробою секцій супроводжується перегоранням запобіжника.

Розпаювання, обриви і перегорання секційних запобіжників зазвичай викликають зменшення ємності конденсаторів і не завжди можуть бути виявлені в процесі випробування напругою. Ось чому ці дефекти, як і пробою секцій, найкраще виявляти також шляхом вимірювання ємності після випробувань напругою.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Конденсатори вважаються витримали випробування підвищеною напругою, якщо в процесі випробувань не спостерігалось пробоею або часткових порушень ізоляції, зазначених по звуку розрядів і за показаннями приладів, не відбулося механічних пошкоджень конденсаторів, а також якщо ємність після випробувань залишилась такою же, як і до випробувань.

Винятком є конденсатори з паралельним з'єднанням секцій, що мають запобіжники. Для цих конденсаторів допускається зменшення ємності через перегорання запобіжників. Однак її величина повинна залишатися в межах допусків по ємності.

Коли конденсатори піддаються тривалим випробуванням напругою, їх якість додатково оцінюється по нагріванню і зміні тангенса кута втрат.

Конденсатори вважаються витримали випробування, якщо їх перегрів не перевищив допустимих меж і не збільшився тангенс кута втрат. Випробування конденсаторів підвищеною напругою виробляють за допомогою випробувальних установок високої напруги. Випробувальні установки змінного і постійного струму виконують у вигляді самостійних кабін, які постачають необхідне для випробування обладнанням, вимірювальною апаратурою, захисними і сигнальними пристроями. Керують установками з пультів, розташованих поза кабінами.

Випробувальні установки змінного струму промислової частоти. При випробуваннях різних типів конденсаторів перемінним струмом застосовують випробувальні напруги від кількох сотень вольт до декількох сотень кіловольт. Для отримання напруги в зазначених межах застосовують ряд випробувальних установок, кожна з яких розрахована на певну максимальну напругу (до 10, 40, 100, 200 кВ і т. д.). Однак, відрізняючись по максимальній випробувальній напрузі, установки однакові по пристрою і принциповою схемою.

У кожен випробувальну установку входять: випробувальний трансформатор, пристрій для регулювання напруги, дроселі для компенсації

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

емнісного струму, прилади, що вимірюють напругу і струм, захисні і сигнальні пристрої, а також основні і додаткові захисні засоби (штанги, розрядники, ізолюючі підставки, гумові килимки, діелектричні боти і рукавички).

На рис. 2.3 показана схема випробувальної установки однофазного змінного струму. Напруга від мережі через автоматичний вимикач АВ і контактор КТ подається на автотрансформатор АТР. Вторинна напруга з автотрансформатора підводиться до випробувального трансформатора Тр, до виводів високої напруги, якого підключають випробовувані конденсатори Сх. При випробуванні між обкладками паралельно конденсаторам підключають дроселі Др. Один з виводів високої напруги випробувального трансформатора, як правило, заземлюють.

Для контролю напруги і струму в первинної та вторинної ланцюгах випробувального трансформатора установлюють вимірювальні прилади. Вольтметр і амперметр на стороні високої напруги підключають відповідно через трансформатор напруги Тр1 і трансформатор струму ТТ1. Напруга мережі контролюють вольтметром V, а струм навантаження в первинної ланцюга автотрансформатора амперметром А, включеним через трансформатор струму ТТ. Через цей же трансформатор включають також послідовно амперметр максимальне струмове реле РТ, відключає установку при перевантаженнях і короткому замиканні.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

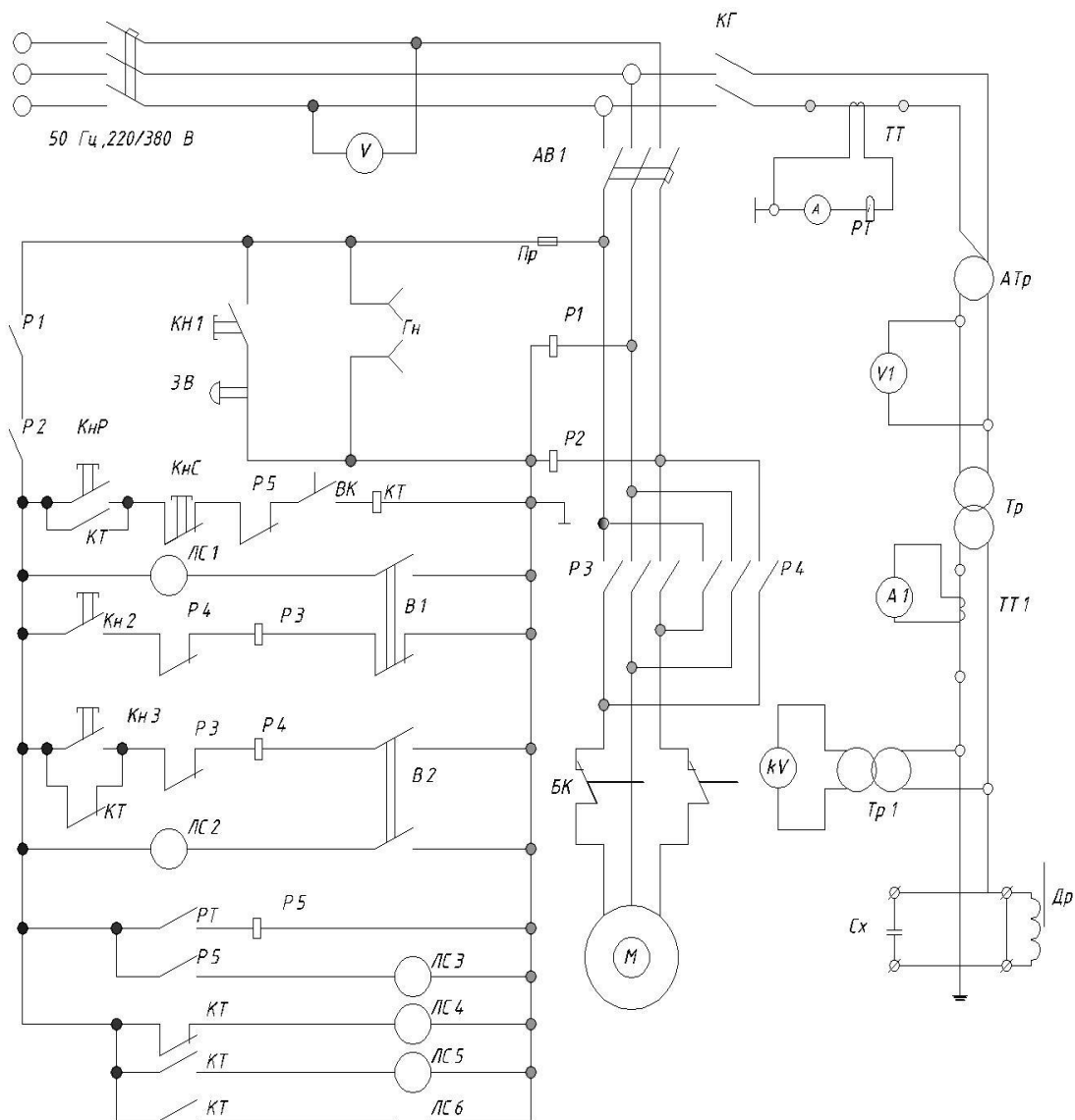


Рисунок 2.3 – Схема випробувальної установки однофазного перемінного струму

Управління установкою здійснюється з пульта кабіни дистанційним включенням і відключенням контактора КТ і магнітних пускачів РЗ і Р4 приводного механізму автотрансформатора. Контактор КТ вмикають і вимикають натисканням кнопок КНП (Пуск) і КНС (Стоп). Магнітні пускачі приводного механізму включають і вимикають натисканням кнопок КН2 (Більше) і КН3 (Менше).

Двері кабіни випробувальних установок постачають електромеханічної блокуванням з кінцевими вимикачами ВК, яка при відкритті дверей повністю

відключає напругу, живить установку. Сигналізація здійснюється сигнальними лампами ЛС1-ЛС6, встановленими на пульті і над дверима kabіни. Захисні та сигнальні пристрої служать для забезпечення безпеки працюючих на установці високої напруги.

Включення і відключення установки виконується в такій послідовності:

1. Включає автоматичний вимикач АВ, при цьому вольтметр V покаже напругу мережі.

2. Закривають двері kabіни, завдяки чому замикаються блокувальні контакти кінцевих вимикачем ВК в ланцюзі котушки контактора КТ.

3. Включають автоматичний вимикач АВ1, при цьому подається напруга на гнізда Гн для підключення допоміжних електроприладів і на котушки реле Р1 і Р2. Реле спрацьовують і спалахує сигнальна лампа ЛС4, яка вказує, що в ланцюзі управління подано напругу. Також загоряється сигнальна лампа ЛС2, яка свідчить, що рухливі котушки автотрансформатора знаходяться у вихідному положенні.

4. Натисканням кнопки Кн1 подають звуковий сигнал, застережливий про те, що на установку буде подано висока напруга.

5. Натисканням кнопки КНП (Пуск) замикають ланцюг живлення котушки контактора КТ. Від проходження струму в котушці спрацьовує контактор КТ і відбувається замикання головних і замикаючих його контактів і розмикання розмикальних контактів. При замиканні головних контактів напруга мережі подається на автотрансформатор, замиканні замикаючих контактів шунтується кнопка КНП, при відпуску якої не розривається ланцюг котушки контактора, і загоряються сигнальні лампи ЛС5 на пульті і ЛС6, табло «Стій! Висока напруга »над дверима kabіни, яке свідчить, що установка знаходиться під високим напругою. Через розмикання розмикаючого контакту сигнальна лампа ЛС4 гасне.

6. Натисканням кнопки КН2 замикають ланцюг живлення котушки пускача РЗ електродвигуна М. Від проходження струму в ланцюзі котушки

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

пускач спрацьовує і відбувається замикання його головних контактів і розмикання розмикаючого контакту РЗ в ланцюзі котушки пускача Р4, що запобігає одночасне його включення. При замиканні головних контактів включається електродвигун М, в результаті чого короткозамкнені котушки автотрансформатора рухаються вниз і напруги на випробувальному трансформаторі підвищується до тих пір, поки кнопка натиснута. При відпусканні цієї кнопки розривається ланцюг живлення котушки пускача РЗ, який відключає електродвигун, і напруга на випробувальному трансформаторі підтримується на заданому рівні. Якщо рухливі котушки при натиснутій кнопці досягнуть крайнього нижнього положення, ланцюг котушки пускача Р4 розривається граничним (кінцевим) вимикачем В1, що призводить до автоматичної зупинці електродвигуна. одночасно граничним вимикачем замикається ланцюг сигнальної лампи ЛС1.

Сигнальна лампа загоряється засвідчуючи, що рухомі котушки автотрансформатора знаходяться в крайньому нижньому положенні і напруга на випробувальному трансформаторі максимальне.

7. Натисканням кнопки КНЗ замикають ланцюг живлення котушки пускача Р4 електродвигуна. Пускач спрацьовує і відбувається замикання його головних контактах і розмикання розмикаючого контакту Р4 ланцюга котушки пускача РЗ, запобігаючи одночасне його включення.

При замиканні головних контактів дві фази в ланцюзі живлення електродвигуна міняються місцями. Завдяки цьому електродвигун обертається в протилежну сторону, котушки автотрансформатора рухаються вгору і напруга на випробувальному трансформаторі знижується до тих пір, поки кнопка КНЗ натиснута. При відпусканні цієї кнопки або досягненні рухомими котушками крайнього верхнього положення розривається ланцюг харчування котушки пускача Р4 і електродвигун відключається. Електродвигун в крайньому верхньому положенні відключається кінцевим вимикачем В2. Останнім одночасно замикається ланцюг сигнальної лампи.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Сигнальна лампа ЛС2 загоряється, засвідчуючи, що рухливі котушки автотрансформатора знаходяться в крайньому верхньому положенні і напруга на випробувальному трансформаторі мінімальне.

8. Для відключення установки натискають на кнопку КНС (Стоп), яка розриває коло живлення котушки контактора КТ, наводячи схему до вихідного положення.

Автотрансформатор відключається від мережі, гаснуть лампи ЛС5 і ЛС6 спалахує ЛС4. Установка відключається також при розмиканні дверних блокувальних контактів ВК в момент відкривання дверей кабіни. Перед відключенням напруга випробувального трансформатора повинно бути знято повністю. Коли установку відключають при напрузі на випробувальному трансформаторі, воно автоматично падає до нуля через відключення мережі контактором КТ. У той же час розмикаючий контакт контактора КТ, шунтує кнопку КНЗ, замикає коло живлення пускача Р4, завдяки чому короткозамкнені котушки автотрансформатора повертаються у вихідне (крайнє верхнє) становище, відповідне найменшому вторинному напрузі. Відключати ланцюга управління автоматичним вимикачем АВ1 від мережі слід тільки після повного зняття напруги з випробувального трансформатора і повернення короткозамкнених котушок автотрансформатора у верхнє початкове положення. Після цього вимикають автоматичний вимикач АВ.

Крім дистанційного керування в приводному механізмі автотрансформатора передбачено ручне управління рукояткою, яка дозволяє переміщати короткозамкнуті котушки вниз і вгору. При ручному управлінні блокувальні контакти БК запобігають одночасне включення електродвигуна за допомогою дистанційного управління. У схемі установки передбачена струмова і фазова захисту. При перевантаженнях по струму і короткому замиканню в установці спрацьовує струмове реле РТ і своїм замикаючим контактом замикає ланцюг котушки реле Р5. Від проходження струму в ланцюзі котушки реле Р5 спрацьовує і розмикаючим контактом розриває

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ланцюг котушки контактора КТ, який відключає напругу мережі від автотрансформатора. Одночасно замикаючим контактом Р5 замикається ланцюг сигнальної лампи ЛВЗ. Лампа спалахує, сигналізуючи про аварійне відключення установки. При зникненні будь-який з фаз на ланцюгу управління не може бути подана напруга, оскільки в цьому випадку не спрацьовують реле Р1 і Р2.

Перед початком випробувань необхідно перевірити наявність і справність захисних засобів, потім переконатися в повній справності установки. Перш ніж увійти в кабінку, установку треба повністю відключити від мережі.

Після зовнішнього огляду та вилучення усіх сторонніх предметів перевіряють надійність заземлення обладнання, а також здійснюють необхідно перемикання обмоток трансформатора і дроселів з урахуванням випробувальної напруги і ємності випробовуваних конденсаторів.

Справність установки перевіряють її включенням і відключенням, при цьому переконуються в плавності регулювання напруги і надійності роботи дверних блокуючих контактів. Якщо автоматичні вимикачі АВ і АВ1 включені і двері кабіни закриті, на пульті управління повинна загорітися сигнальна лампа ЛС4. При натисканні кнопки КНП (Пуск) повинні загоріти сигнальні лампи ЛС5 і ЛС6 і згаснути ЛС4, а при натисканні кнопки КНС (Стоп) або відкриванні дверей кабіни - згаснути ЛС5 і ЛС6 і загорітися ЛС4. Відключати кабінку потрібно як натисненням кнопки, так і відкриванням її дверей. Плавність регулювання напруги перевіряють, натисканням кнопки КН2 (Більше) і КН3 (Менше) і спостерігаючи за показаннями вольтметрів як у первинній, так і у вторинній ланцюгах випробувального трансформатора. Напруга підвищують до випробувального і знімають до нуля.

Крім того, перевіряють надійність відключення установки під напругою. Напруга на випробувальному трансформаторі підвищують до випробувального та відключають установку як кнопкою КНС (Стоп), так і

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

відкриванням дверей kabіни, в результаті чого напруга по вольтметрам має різко падати до нуля. Перед повторні включенням установки по загорання сигнальної лампи ЛС2 переконуються, що котушки автотрансформатора взяли верхнє початкове положення. Для випробувань конденсатори встановлюють в kabіну і надійно підключають до шин випробувального трансформатора. При випробуванні між обкладинками в разі необхідності паралельно конденсаторам підмикають дроселі. Якщо конденсатори відчують на корпус або якщо один з виводів конденсаторів з'єднаний з корпусом, корпус повинен бути підключений до заземлення виводу випробувального трансформатора. Під час випробувань випробувач біля пульта управління установки повинен знаходитися на ізоляційної підставці з гумовим килимком. На початку випробувань напруга на конденсаторах плавно підвищують до випробувального і конденсатори витримують під напругою протягом часу, Обумовлені вимогами ТУ або ГОСТу. Потім його плавно знижують до нуля і відключають установку. Під час підвищення напруги і витримки конденсаторів під напругою випробувач повинен уважно стежити за показаннями приладів і можливою появою розрядів, щоб виявити дефектні конденсатори. Коли пробою конденсатора викликає різке зростання струму, щоб уникнути тривалої перевантаження устаткування та можливого механічного пошкодження конденсатора установка повинна бути миттєво вимкнена натисканням кнопки «Стоп».

Конденсатори після випробувань можуть мати небезпечне напруга, тому перед відключенням від шин випробувального трансформатора їх необхідно розрядити спеціальними розрядниками. Розряд конденсаторів виконують як між висновками, так і між висновками і корпусом. Трифазні конденсатори розряджають між обкладками одночасним закорочення всіх видів. При розряді конденсаторів випробувач повинен надіти діелектричні боти та рукавиці. Якщо в процесі випробувань відбудеться відключення випробуваного конденсатора від шин випробувального трансформатора, то

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

після відключення установки повинні бути прийняті спеціальні заходи для його розряду, так як конденсатор може бути заряджений до амплітудного значення випробувальної напруги.

Безпосередньо перед виміром ємності після випробування напруги конденсатори розряджають повторно. Підключення дроселів при випробуванні конденсаторів між обкладками дозволяє не тільки розвантажити тестувальне обладнання та лінії електроживлення, але і відчувати конденсатори з випробувальною потужністю, що значно перевищує потужність випробувального трансформатора.

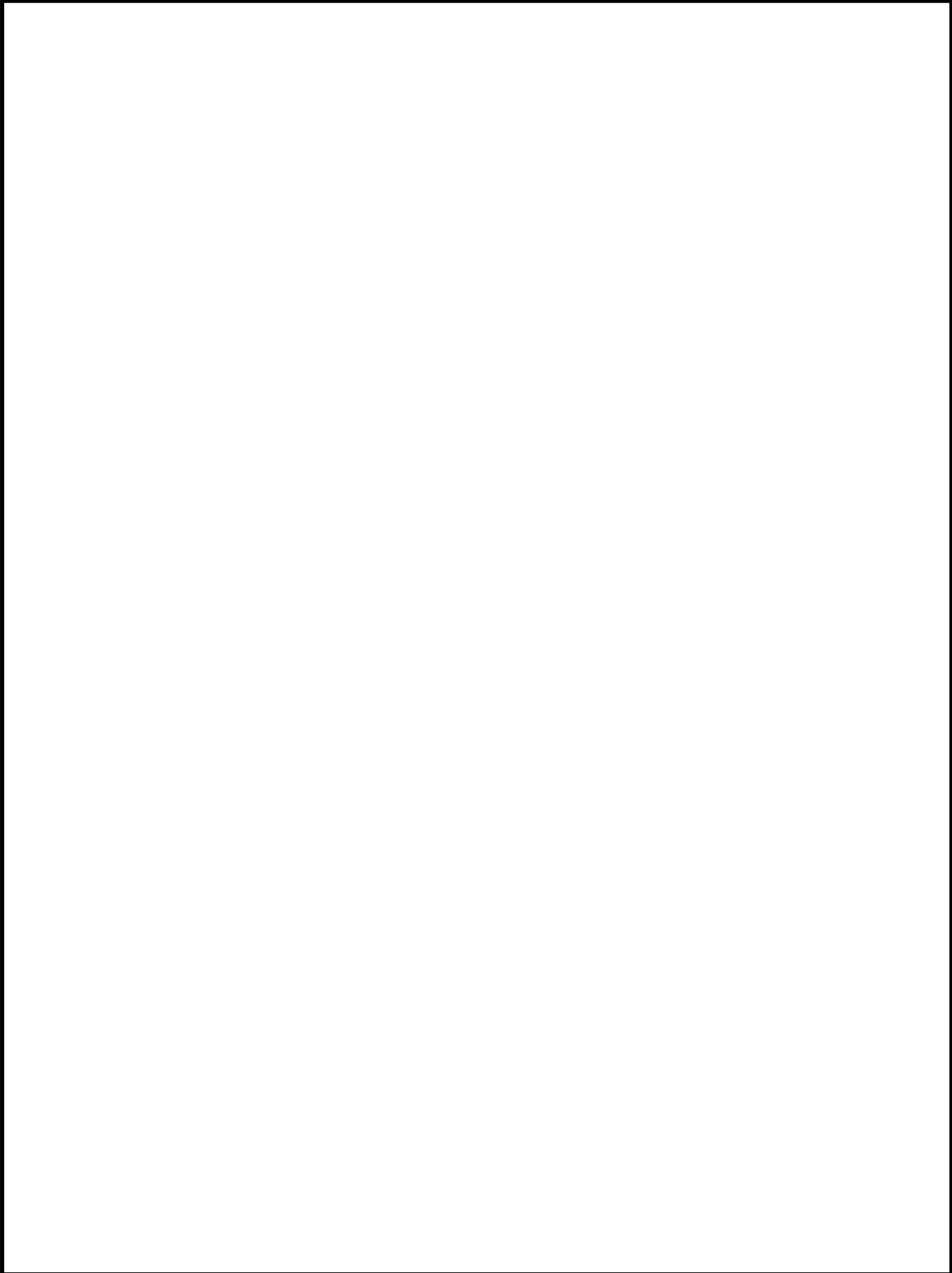
Схему з'єднання дроселів визначають на підставі попередніх розрахунків умов резонансу струмів, при якому ємнісний струм конденсаторів повинен дорівнювати індуктивному току дроселів. Вихідними даними для розрахунків є дослідні напруга і струм конденсаторів, а також номінальні значення напруги і струму дроселів. При неточному підборі резонансу різниця ємнісного і індуктивного струмів не повинна перевищувати номінальний струм випробувального трансформатора і автотрансформатора.

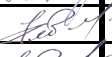
При випробуванні трифазних конденсаторів схему з'єднання дроселів визначають аналогічно. Оскільки у таких конденсаторів секції з'єднані в трикутник, дроселі також з'єднують в трикутник. Завдання розрахунку зводиться до визначення рівності фазних струмів конденсаторів і дроселів.

Висновок

В даному розділі розглянуто детальний розбір технології та процесу виготовлення силових конденсаторів, їх різновидність, актуальність, та область використання. Також розглянуто електротехнічне устаткування для тестування конденсаторів, під час виробництва, на пробій, температуру, вологість та інші важливі характеристики.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



					172.4397зст.КР.ПЗ.РЗ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Дарієнко Д. І.			Розробка мікропроцесорної системи керування технологічним процесом сушіння конденсаторів	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							51	22
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Рябенський В. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

Мікроконтролери впевнено і, мабуть, назавжди завоювали місце в нашому житті. Знайти хоч один електронний продукт, що не має мікроконтролерів, практично неможливо. Різноманітні елементи схем в відеомагнітофонах, ID-плеєрах, телевізорах і мікрохвильових печах, автоматичних дверях, системах управління ліфтами, промислових системах управління, вимірювальних пристроях, пристроях регулювання і, звісно, в транспорті стали чимось собою зрозумілим.

Мікросхеми розміром не більше шпилькової головки - так звані ID-мітки (Radio Frequency Identification – радіочастотна ідентифікація) можна зустріти в безлічі повсякденних речей: на упаковці товарів з супермаркету, в швах продається в магазинах одягу і т.д. Подібно штрих-коду, вони дозволяють швидко і точно ідентифікувати товар, однак для розпізнання мікросхем не обов'язково підносити кожен предмет до сканера - інформація з них прочитується на досить великій відстані і не обов'язково окремо, покупцеві досить пройти з повною корзиною товару повз спеціального пристрою. Всі обрані предмети при цьому будуть миттєво ідентифіковані і оцінені, а з кредитної картки покупця знята відповідна сума.

Панацея чи страшний сон? Суперечка про це між виробниками і захисниками прав споживачів ведеться вже не перший рік, і перспектив його рішення не видно. Відповідно, залишається відкритим питання: чи слід і далі розвивати даний напрям.

Як би там не було, незаперечним залишається той факт, що повсюдне поширення будівництва мікроконтролерів зробило революцію в усій електроніці в цілому і техніці вимірювання та управління зокрема. Вимірювальні прилади, які ще кілька років назад можна було жартома назвати "могильниками" мікросхем, сьогодні складаються з одного мікроконтролера і декількох додаткових конструктивних елементів. Керуючі

					172.4397зст.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		52

і регулюючі пристрої, які в не настільки давні часи були надзвичайно енергоємними, зараз мають ще один додатковий мікроконтролер (наприклад, ATtiny26) і задовольняються струмом 15 мА при **стів** частоті 8 МГц.

3.1. Детальний аналіз вибраних елементів для системи

Аналіз вибраної шини для передачі даних із датчика температури до АЦП

Передача даних із датчика температури до АЦП буде відбуватись на Шині 1-Wire.

Шина 1-Wire приваблива, в першу чергу, тим, що використовує тільки одну лінію зв'язку. Розберемо 1-Wire трохи детальніше. Для роботи по цьому інтерфейсу повинно бути один провідний пристрій і один або декілька відомих. У кожного 1-Wire пристроїв є 64-бітний унікальний код. Використовуючи який, ведучий визначає з яким із пристроїв на лінії він буде працювати, у нашому випадку один пристрій підключено до шини.

Аналіз вибраного датчика для виміру температури в секції

Для вимірювання температури в секції, буде використовуватися датчик DS18B20.

Мікросхема цифрового термометра DS18B20 забезпечує вимірювання температури в діапазоні $-55 \dots +125^{\circ}\text{C}$ з дискретністю 0.5°C . Шляхом додаткових обчислень дискретність представлення температури може бути зменшена до 0.0625°C . Вартість мікросхеми DS18B20 становить приблизно \$2, а вартість деталей адаптера для підключення її до COM-порту комп'ютера – ще менше. Отже отримуємо надійну та головне точну систему за невеликі кошти.

					172.4397зст.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

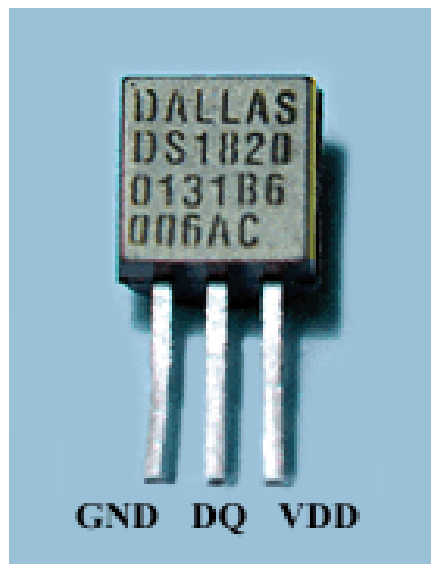


Рис. 3.1 – Зовнішній вигляд мікросхеми цифрового термометра DS18B20

Найпривабливішим є те, що такий термометр вже відкалібрований на заводі, гарантована точність складає $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ в діапазоні $-10 \dots +85^{\circ}\text{C}$ і $\pm 2^{\circ}\text{C}$ у всьому діапазоні робочих температур. Типова крива помилки вимірювання температури приведена.

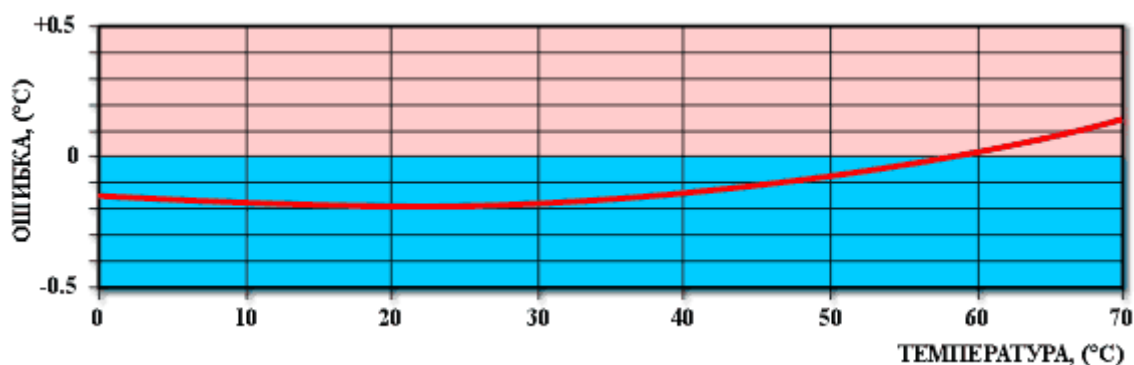


Рис. 3.2 – Типова крива помилки вимірювання температури

Незважаючи на обмежену абсолютну точність, мала дискретність представлення температури є вельми бажаною, тому що дуже часто на практиці потрібні відносні вимірювання.

DS18B20 допускає напругу живлення від 3 до 5.5В. В режимі очікування споживаний струм близький до нуля (менше 1мкА), а під час перетворення температури він дорівнює приблизно 1мА. Процес перетворення триває максимум 750мс.

Принцип дії цифрових датчиків температури фірми "Dallas" заснований на підрахунку кількості імпульсів, що виробляються генератором з низьким температурним коефіцієнтом у тимчасовому інтервалі, який формується генератором з великим температурним коефіцієнтом. Лічильник ініціалізується значенням, відповідним -55°C (мінімальної вимірюваної температури). Якщо лічильник досягає нуля перед тим, як закінчується часовий інтервал (це означає, що температура більше -55°C), то регістр температури, який також ініціалізовано значенням -55°C , інкрементується. Одночасно лічильник передвстановлюють новим значенням, яке задається схемою формування нахилу характеристики. Ця схема потрібна для компенсації параболічної залежності частот генераторів від температури. Лічильник знову починає працювати, і якщо він знову досягає нуля, коли інтервал ще не закінчений, процес повторюється знову. Схема формування нахилу завантажує лічильник значеннями, які відповідають кількості імпульсів генератора на один градус Цельсія для кожного конкретного значення температури. По закінченню процесу перетворення регістр температури буде містити значення температури.

Для DS18B20 температура представляється у вигляді 9-бітного значення в додатковому коді. Оскільки це значення займає 2 байти, усі розряди старшого байта дорівнюють знаковому розряду. Дискретність представлення температури складає 0.5°C . Залежність вихідного коду DS18B20 від температури наведена в таблиці:

Температура	Выходной код (Binary)		Выходной код(Hex)
	Ст. байт	Мл. байт	
+125°C	0000 0000	1111 1010	00FAh
+25°C	0000 0000	0011 0010	0032h
+0.5°C	0000 0000	0000 0001	0001h
0°C	0000 0000	0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111	1111 1111	FFFFh
-25°C	1111 1111	1100 1110	FFCEh
-55°C	1111 1111	1001 0010	FF92h

Рис. 3.3 – Залежність вихідного коду DS18B20 від температури

Більш висока роздільна здатність може бути отримана, якщо провести додаткові обчислення на основі значень COUNT_REMAIN (значення, що залишився в лічильнику наприкінці виміру) і COUNT_PER_C (кількість імпульсів на один градус для даної температури), які доступні. Для обчислень потрібно взяти лічене значення температури і відкинути молодший біт. Отримане значення назовемо TEMP_READ. Тепер дійсне значення температури може бути обчислено за формулою:

$$\text{TEMPERATURE} = \text{TEMP_READ} - 0.25 + (\text{COUNT_PER_C} - \text{COUNT_REMAIN}) / \text{COUNT_PER_C}$$

Кожен екземпляр DS18B20 має унікальний 48-бітний номер, записаний за допомогою лазера в ПЗП в процесі виробництва. Цей номер використовується для адресації пристроїв. Крім серійного номера в ПЗУ утримується код сімейства (28h для DS18B20) і контрольна сума.

Крім ПЗУ DS18S20 має проміжне ОЗУ обсягом 8 байт, Карта пам'яті DS18B20 показана на рисунку:

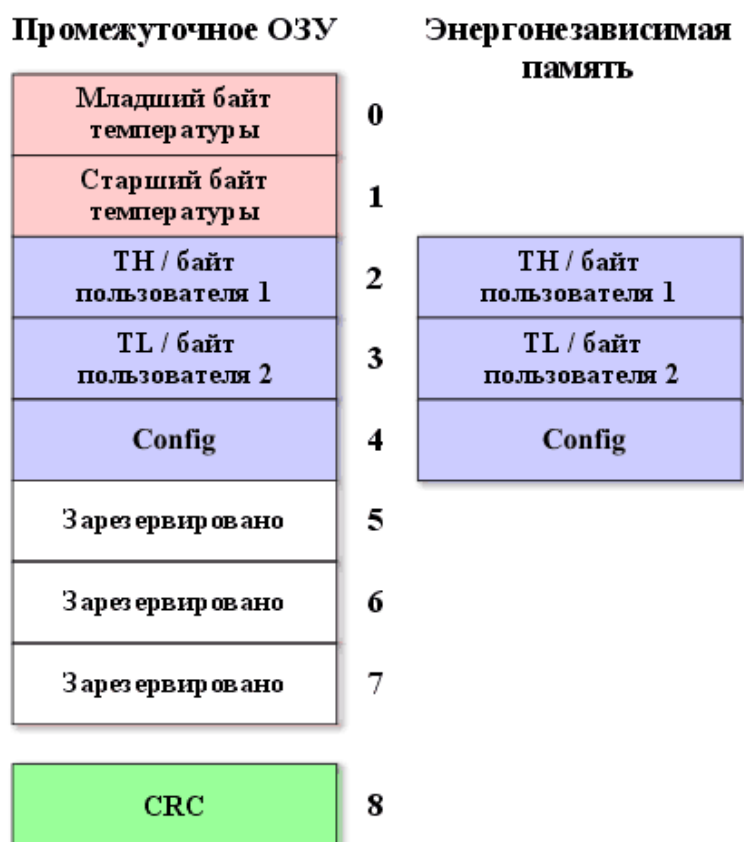


Рис. 3.4 – Карта пам'яті DS18B20

Всього DS18B20 має 5 команд функцій ПЗУ:

- Read ROM [33h]. Ця команда дозволяє прочитати вміст ПЗУ. У відповідь на цю команду термометр передає 8-бітний код сімейства (10h для DS18S20 і 28h для DS18B20), потім 48-бітний серійний номер, а потім 8-бітну CRC для перевірки правильності прийнятої інформації.

- Match ROM [55h]. Ця команда дозволяє адресувати на шині конкретний термометр. Після цієї команди майстер повинен передати потрібний 64-бітний код, і тільки той термометр, який має такий код, буде «відгукуватися» до наступного імпульсу скидання.

- Skip ROM [CCh]. Ця команда дозволяє пропустити процедуру порівняння серійного номера і тим самим заощадити час в системах, де на шині є всього один пристрій.

- Search ROM [F0h]. Ця досить складна у використанні команда дозволяє визначити серійні номери всіх термометрів, присутніх на шині.

- Alarm Search [ECh]. Ця команда аналогічна попередньої, але «відгукуватися» будуть тільки ті термометри, у яких результат останнього виміру температури виходить за встановлені межі TH і TL.

Оскільки у нас всього один пристрій, найбільш підходящою функцією є Skip ROM. Крім неї ще може бути корисною функція Read ROM, яка дозволяє ідентифікувати підключене на шину пристрій по його коду сімейства і серійного номеру.

Прийнявши команду Read ROM, термометр буде готовий передати 64-бітний код, який майстер повинен прийняти.

Аналіз вибраного мікроконтролера

На виборі мікроконтролера я зупинився на ATmega8. Так як він являється оптимальним варіантом по відношенню ціни і якості. Далі приведені основні характеристики вибраного мікроконтролера:

					172.4397зст.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Робочі напруги

4,5-5,5 В

- Робоча частота

0-16 МГц

- Енергонезалежна пам'ять програм і даних

8 Кбайт внутрішньосистемної програмованої Flash пам'яті (In-System Self-Programmable Flash)

Забезпечує 1000 циклів стирання / запису

- Додатковий сектор завантажувальних кодів з незалежними битами блокування

Забезпечено режим одночасного читання / запису (Read-While-Write)

512 байт EEPROM

Забезпечує 100000 циклів стирання / запису

- 1 Кбайт вбудованої SRAM

Програмоване блокування, що забезпечує захист програмних засобів користувача.

					172.4397зст.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Блок-схема:

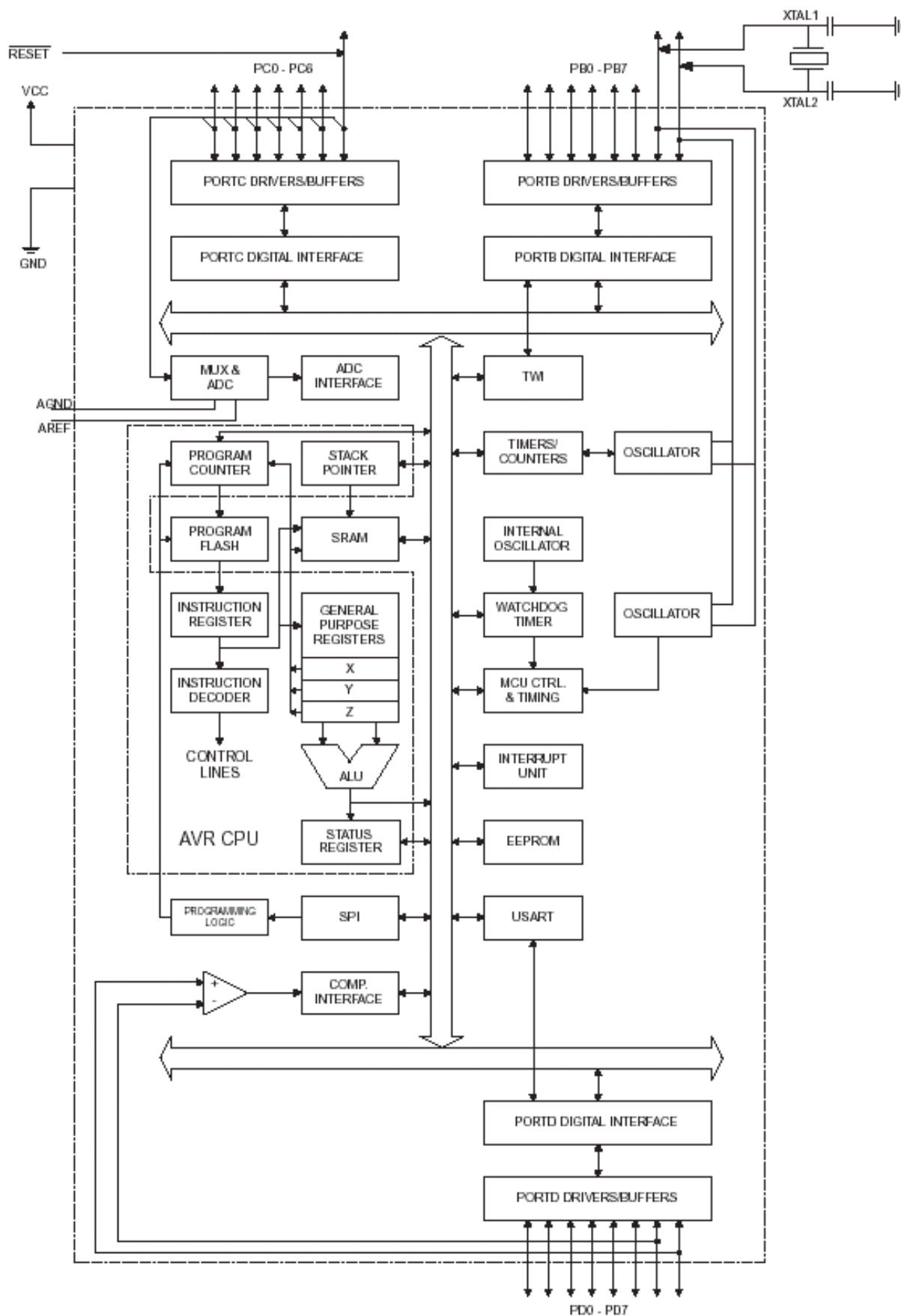


Рис. 3.5 – Блок-схема Atmega 8

Розташування виходів :

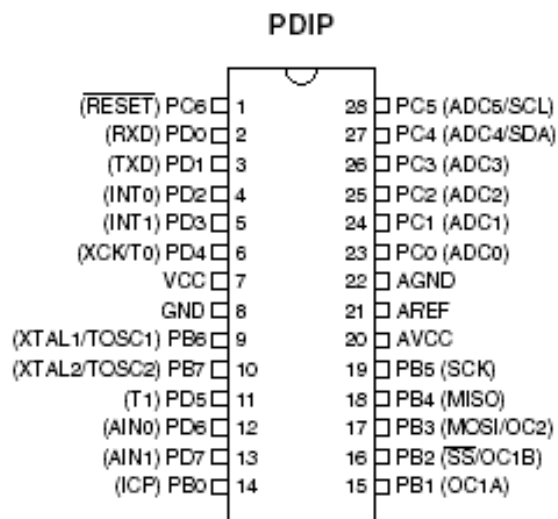


Рис. 3.6 – Розташування виходів Atmega 8

Аналіз вибраного датчика тиску

Свій вибір я зупинив на датчику абсолютного тиску MPX4115A фірми Motorola. В залежності від тиску він видає на виході напругу від 0.2 до 4.8В, що відповідає тиску від 15кПа до 115кПа. Напевно, головний недолік це його ціна десь в районі 15-18 дол. Зовнішній вигляд його можна побачити на фото, нумерація ніжок починається від мітки (ліворуч на фото, скол на ніжці).



Рис. 3.7 – Датчик абсолютного тиску MPX4115A

1 – вихідна напруга (яка пов’язана з тиском); 2 – земля; 3 – напруга живлення (4.85 ... 5.35В); 4, 5, 6 – не використовуються

3.2. Збір системи та принцип її дії

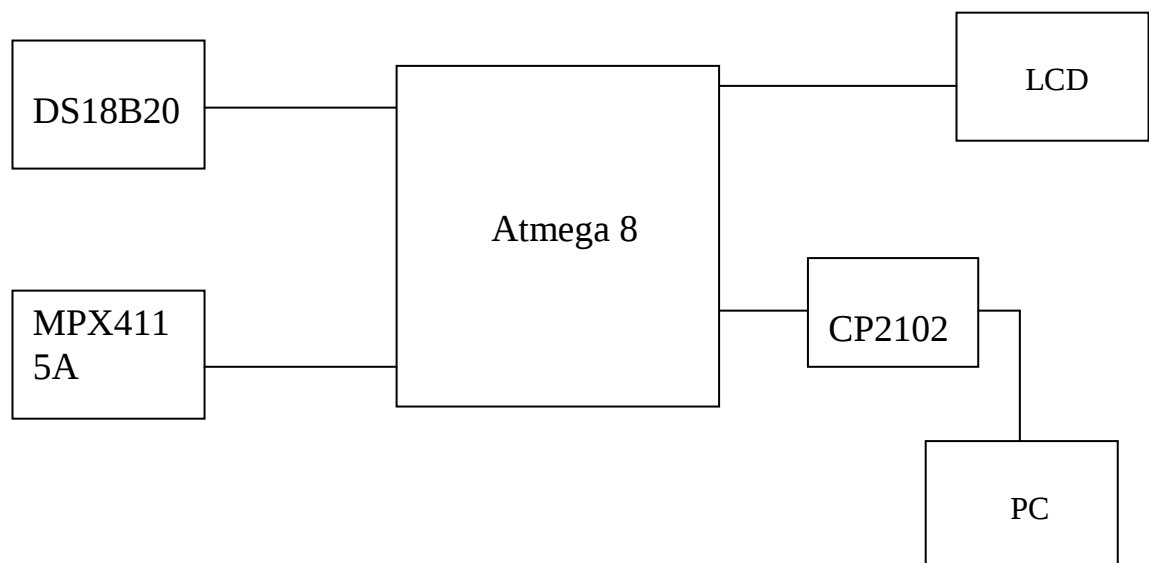


Рис. 3.8 – Блок-схема системи

Отже, щоб працювати з нашим датчиком температури нам потрібно ініціалізувати його, послати йому команду і прийняти якісь дані. Розберемось більш детальніше як це ми зробимо на шині 1-Wire:

1. Щоб зробити пошук пристроїв на лінії, що веде пристрій (в нашому випадку мікроконтролер) повинно утримувати на сигнальній лінії логічний "0" принаймні 480мкс (так званий Reset Pulse), потім відпустити шину мінімум на 60мкс і після цього подивитися рівень на лінії. Якщо на лінії високий рівень – пристроїв 1-Wire не виявлено, якщо низький – є хоча б один пристрій (Presence Pulse).

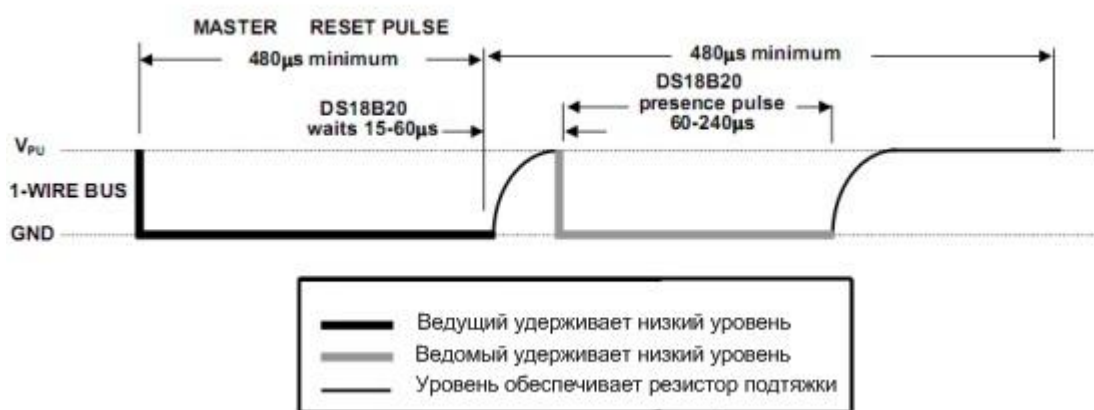


Рис. 3.9 – Пошук пристроїв на лінії

2. Тепер ми повинні послати команду пристрою. Передача інформації розбита на тайм-слоти. Один тайм-слот служить для передачі одного біта команди і тривалість його знаходиться в діапазоні 60-120мкс. Дані передаються, починаючи з молодшого біта. Для передачі логічного нуля МК утримує на лінії "0" мінімум 60мкс, а потім відпускає шину мінімум на 1мкс. Для передачі логічної одиниці МК утримує на лінії "0" мінімум 1мкс, але не більше 15мкс, а потім відпустити шину на час, що залишився тайм-слота.

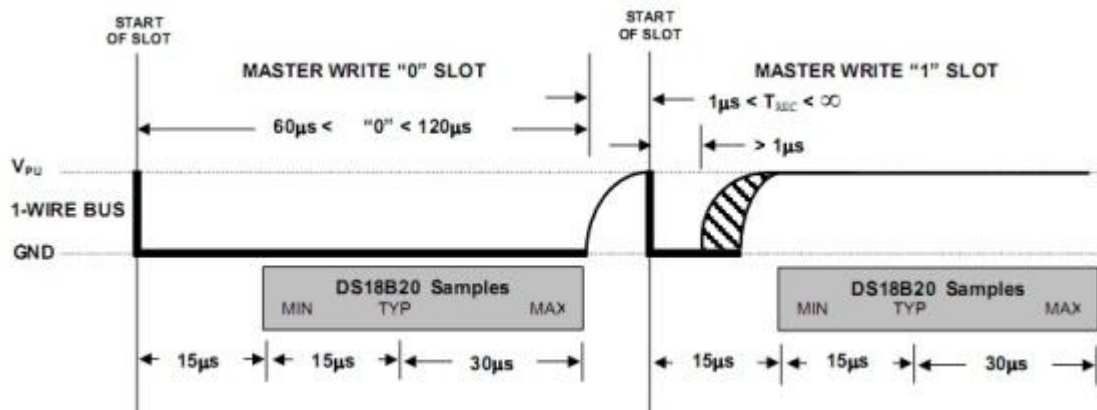


Рис. 3.10 – Послання команди пристрою

3. Прийом даних з пристрою 1-Wire. Щоб прийняти дані МК утримує на лінії "0" не менш 1мкс, а потім відпускає шину, трохи чекає і дивиться стан лінії (зазвичай до 15-ї мікросекунди від початку тайм-слота). Якщо на лінії "1" - значить передається "1", якщо "0" – означає "0".

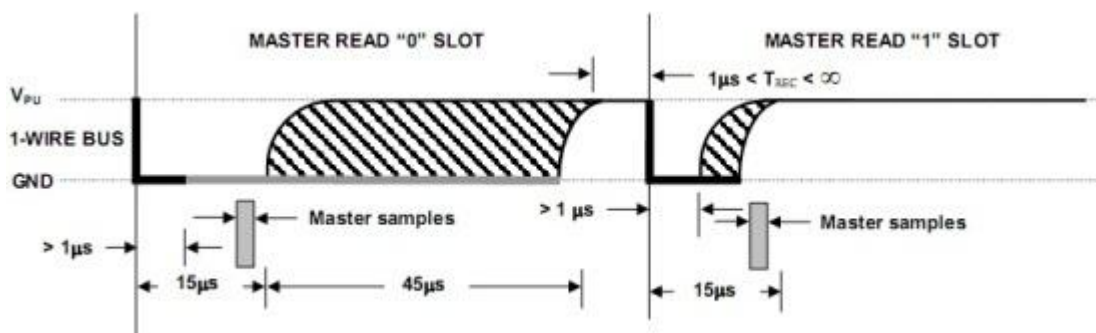


Рис. 3.11 – Прийом даних із пристрою

От і все. До чого слід поставитися серйозно так це до затримок. Щоб спростити собі життя потрібно керуватися наступним правилом: сигнали, які формує МК, необхідно формувати по необхідному мінімуму тривалості (трохи більше мінімально зазначеної), а від сигналів пристрою потрібно чекати найгіршого варіанту. Наш пристрій знаходиться поблизу МК, але якщо будуть потрібні зміни, і так вийшло, що 1-Wire пристрій знаходиться далеко від МК, тоді може знадобитися зменшити величину опору регулюємого резистора. Це пов'язано з тим, що, подовжуючи лінію, ми збільшуємо погонну ємність лінії, а отже і збільшуємо час повернення лінії в

одиницю за рахунок регулюємого резистора (наприклад, після Reset імпульсу ми відпускаємо шину і за рахунок цього резистора вона повертається в одиницю). У деякий момент цей час може виявитися більше ніж максимально потрібне для роботи з 1-Wire шиною і все подальша передача буде неправильна. Принцип роботи шини ми розглянули. Давайте тепер поміряємося температуру. Для вимірювання будемо використовувати датчик DS18B20.

Почнемо з того, що відкриємо даташит і подивимося основні моменти, які нам знадобляться:

1. Датчик може забезпечувати 9-, 10-, 11-, 12-ти бітне дозвіл вимірювання температури в градусах Цельсія. Цей дозвіл ми можемо вибирати, записуючи відповідні дані в конфігураційний регістр датчика (за замовчуванням 12-бітовий дозвіл).

2. Вимірює в діапазоні $-55 \dots 125^{\circ}\text{C}$. З точністю 0.5 градуса.

3. На одиницю коду перетвореного значення температури доводиться 0.0625°C .

4. При читанні даних з датчика ми приймаємо 9 байт даних, з яких ми будемо брати 0-й і 1-й, молодший і старший байт температури відповідно. У старшому байті в бітах 11-15 міститься інформація про знак температури (якщо в цих бітах одиниця, тоді температура нижче нуля).

5. Команди для роботи з датчиком. Оскільки у нас буде один пристрій на лінії, тому нам не потрібен 64-бітний код датчика, тому пропустимо код і скористаємося командою – Skip ROM (0xCC). Команда перетворення температури – Convert T (0x44). Команда читання даних – Read Scratchpad (0xBE).

6. Час перетворення температури з 12-бітної точністю займає max 750мс. Тобто цей час потрібно буде почекати після виклику команди перетворення температури (0x44) і тільки потім посилати наступну команду.

					172.4397зст.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

7. Після перетворення температури, перш ніж посилати наступну команду потрібно ще раз послати імпульс скидання (Reset pulse) і отримати відповідь імпульс (Presence Pulse).

Тепер підключимо датчик до МК і напишемо програму для роботи з ним,але перше розглянемо схему підключення DS18B20 до мікроконтролера ATmega8.

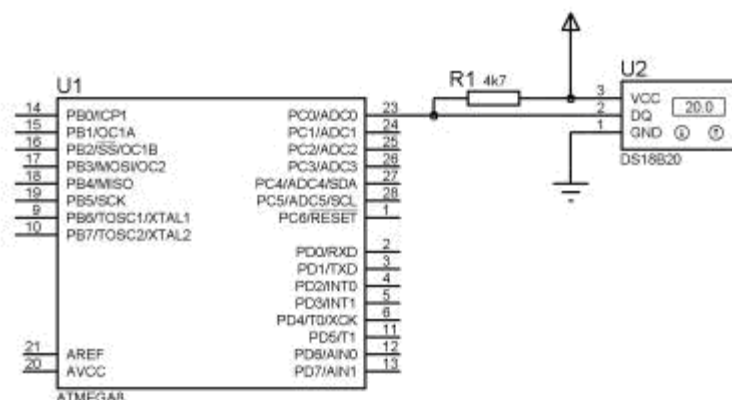


Рис. 3.12 – Підключення DS18B20 до мікроконтролера

Датчик температури підключено до нульового біту порту C, Взагалі функції програми, які пов'язані із шиною 1-Wire (починаються з w1_ ...) можна використовувати з будь-яким 1-Wire пристроєм, а не тільки з температурним датчиком. Перейдемо до фрагментів програми. Спочатку розглянемо функції для роботи з шиною 1-Wire. (Див. додаток А).

Тепер розглянемо функцію, яка читає перші два байти з датчика DS18B20 і повертає значення температури. (Див. додаток В).

Далі переходимо до вимірювання тиску, вибраний нами датчик, є-МРХ4115А. Рекомендована його схема включення:

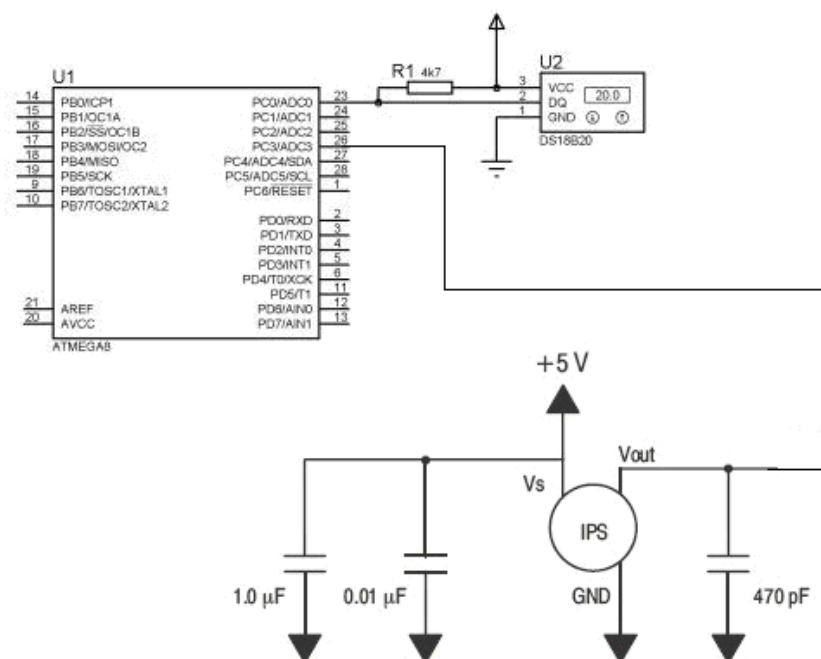


Рис. 3.13 – Підключення МРХ4115А до мікроконтролера

Але навіть, якщо ми вимірюємо напругу на виході датчика, ми ж звикли бачити тиск у мм.рт.ст. або в паскалях. Для того щоб отримати тиск, в Па в дата шиті датчика є графік і формула для перерахунку вихідної напруги в тиск.

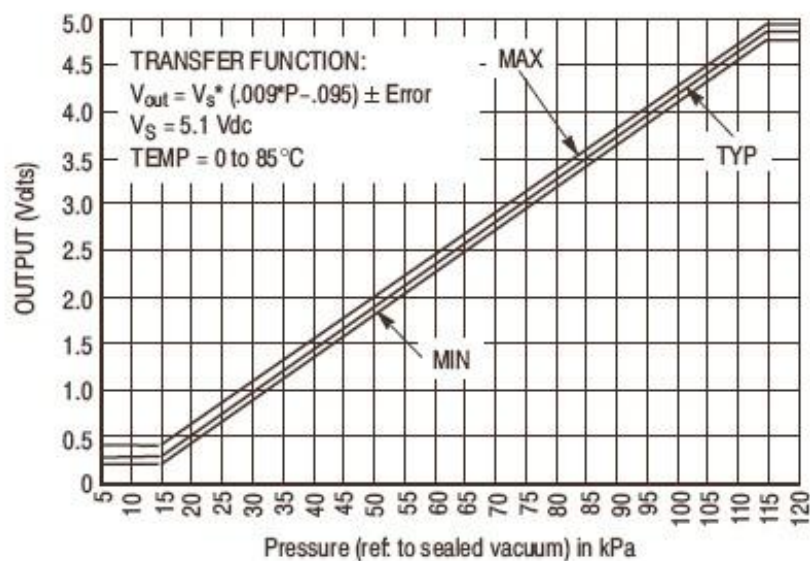


Рис. 3.14 – Графік для перерахунку вихідної напруги в тиск

Перетворимо формулу до вигляду, який буде нам більш корисний.

$$P = (0.95V_s + V_{out}) / 0.009V_s$$

Помилка при вимірюваннях становить 1% (при температурі навколишнього середовища в діапазоні 0 ... 850C) і 3% (при температурі в діапазоні –40 ... 00C, 85 ... 1250C).

Тепер займемося реалізацією. Почнемо зі схеми. Схему намалюємо в Proteus, щоб потім мати можливість змоделювати роботу схеми і програми. Підключимо до МК символічний дисплей для відображення результату вимірювань.

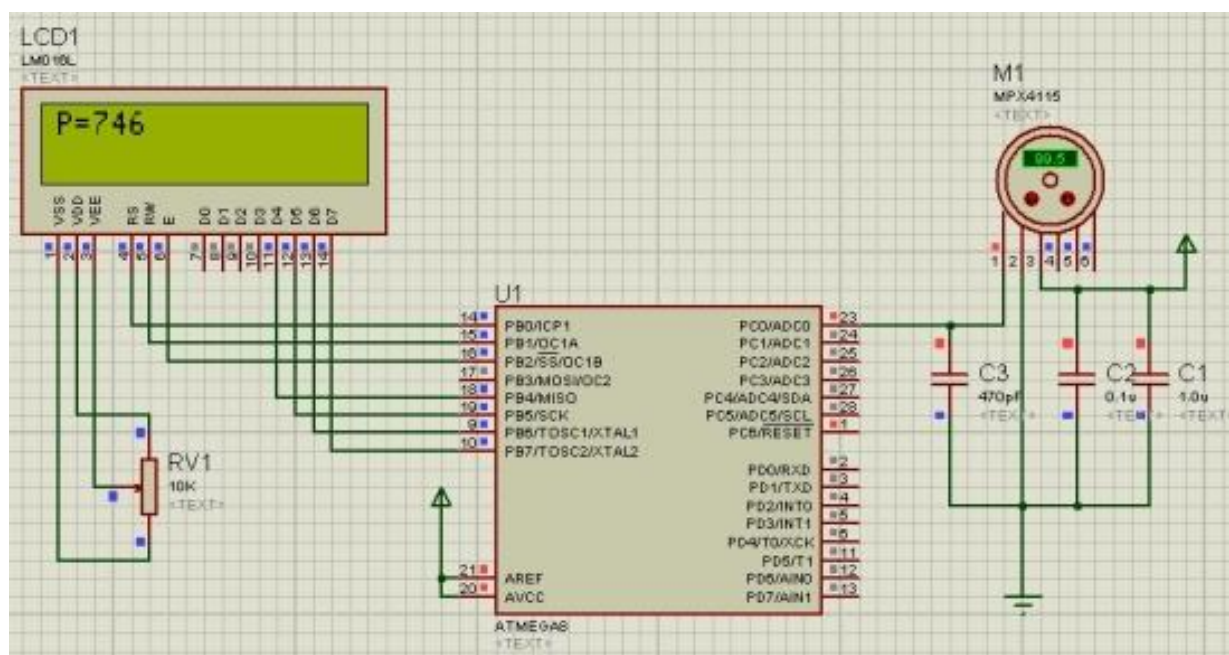


Рис. 3.15 – Моделювання роботи схеми та програми

На схемі не показана обв'язка з живлення мікроконтролера. Тепер напишемо керуючу програму. Для написання програми скористаємося такою блок-схемою:

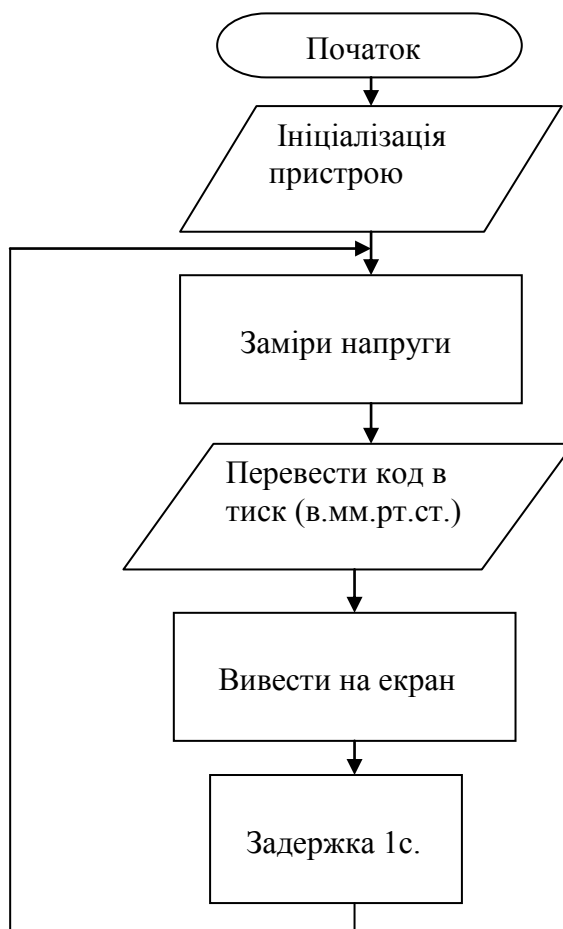


Рис. 3.15 – Блок-схема програми

Щоб можна було приступити до написання програми потрібно вимірювану напругу перетворити на звичний нам вид тиску, тобто в мм.рт.ст. У Паскалі переведемо використовуючи наведену вище формулу. А щоб отримати результат в мм.рт. ст. згадаємо, що 1 мм.рт.ст дорівнює 133.322 Па. значить:

$$\text{Тиск в мм.рт.ст} = (\text{Тиск в кПа} * 1000) / 133.322;$$

А вже цей результат будемо виводити на екран. Для отримання значення напруги скористаємося функціями роботи з АЦП. Код програми в WinAVR виглядає так (Див. додаток С).

Отже дані с датчиків ми отримали на наш мікроконтролер Atmega8 тепер нам потрібно їх передати на комп'ютер. Це ми зробимо за допомогою USB-UART, нічого простіше і зручніше, придумати мабуть, неможливо.

Мікроконтролер спілкується з мікросхемою за звичайним UART, до комп'ютера все це справа підключається по USB. Комп'ютер розпізнає підключений пристрій як COM-порт і працювати з ним можна як із звичайним ком-портом. Все дуже зручно, не вимагає ні потужних мікроконтролерів з інтерфейсом USB і спеціально підібраними кварцями, ні складних програм.

Найбільш популярною мікросхемою USB-UART є FT232RL від FTDI. Все в ній чудово, окрім ціни. А от про CP2102 від SiLabs пишуть значно менше. Коштує вона значно дешевше, ніж FT232RL. Середня ціна її 15-20 грн.

Розташування виходів :

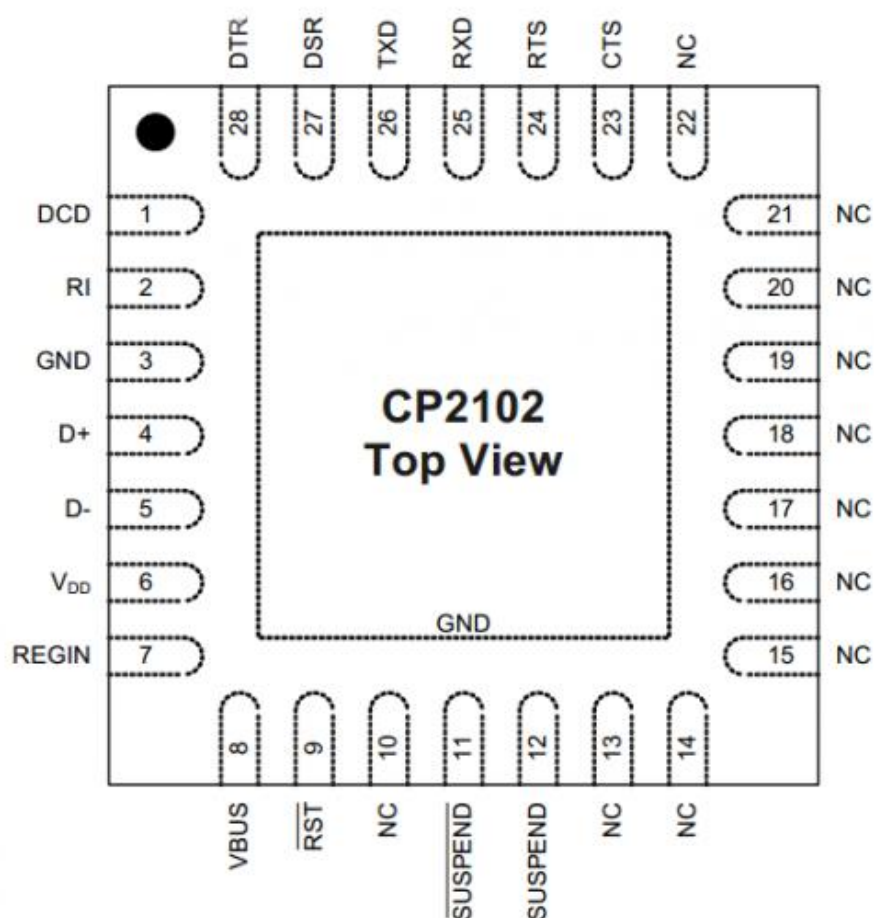


Рис. 3.16 – Розташування виходів

Структура мікросхеми :

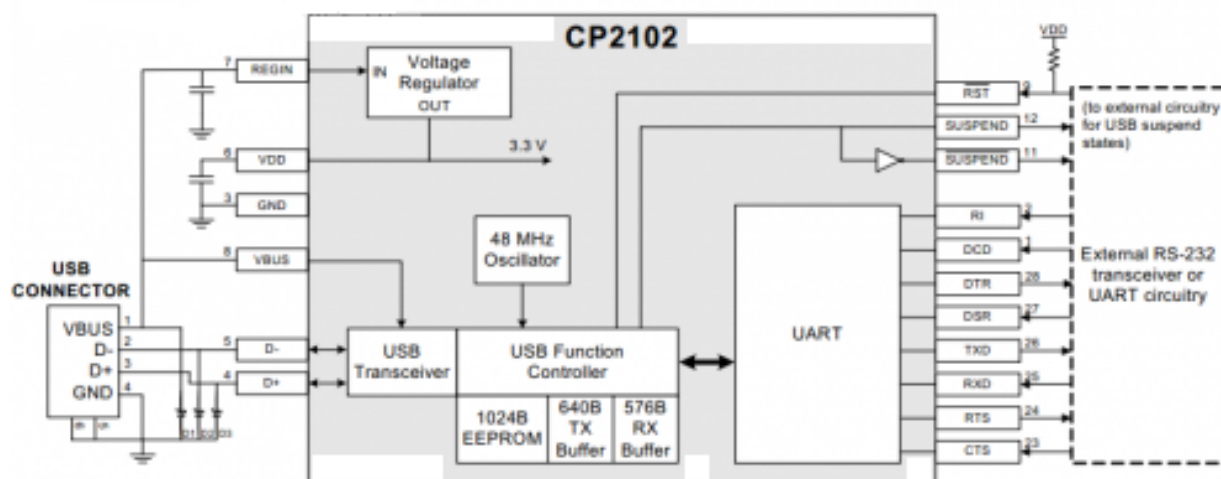


Рис. 3.17 – Структура мікросхеми

Як можна помітити з схеми – CP2102 містить вбудований генератор на 48 МГц, контролер UART з підтримкою всіх модемних сигналів, буфери на прийом і передачу, USB 2.0 (швидкість до 12Мбіт/сек) контролер і EEPROM для зберігання налаштувань. Мікросхема вимагає мінімальної обв'язки - пара кондерів по живленню.

Можливі формати даних UART:

- 5, 6, 7 і 8 біт даних;
- 1, 1.5, 2 степових бита;
- біт парності по парності, непарності, встановлений, скинутий або відсутній.

Драйвер віртуального ком-порта підтримується Windows, Mac OS і Linux.

Але на жаль, у всього є недоліки. Включаючи мікросхему CP2102. У її випадку це її корпус. Якщо FT232RL в корпусі TSSOP незручна для пайки тому має невеликий виступ виходів, то CP2102 виходів не має взагалі.

Також не забудемо написати невелику програму для роботи нашого АЦП та USB-UART : Див. додаток D.

Далі справа за програмою.

					172.4397зст.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вид головного вікна програми :

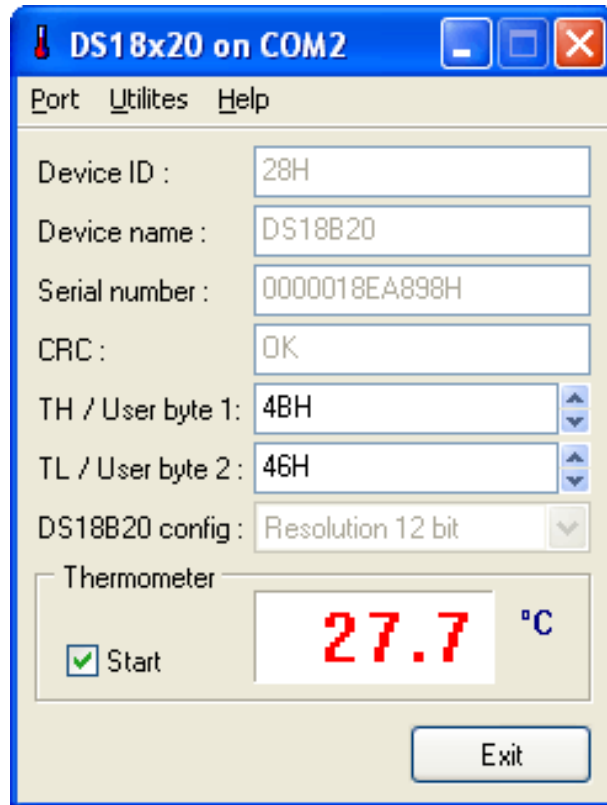


Рис. 3.18 – Головне вікно програми

Вікно має такі елементи управління:

- Поле Device ID, куди виводиться код наших датчиків. Для MPX4115A(тиск) він дорівнює 10h, для DS18B20(температура) - 28h.
- Поле Device Name, де наводиться розшифровка типу пристрою.
- Поле Serial number, куди виводиться серійний номер пристрою.
- Поле CRC, де відображається результат перевірки контрольної суми (OK або FAIL).
- Поле TH / User byte 1, куди можна ввести значення в шістнадцятковій формі, яке буде записано в регістр TH.
- Поле TL / User byte 2, куди можна ввести значення в шістнадцятковій формі, яке буде записано в регістр TL.
- Список DS18B20 config, за допомогою якого можна вибрати необхідний дозвіл термометра. Потім конфігурацію можна записати в його енергонезалежну пам'ять.

- Start запускає процес виміру даних. Перетворення виконується періодично, виміряна величина виводиться в полі температури. Дискретність представлення температури складає 0.1 ° C.

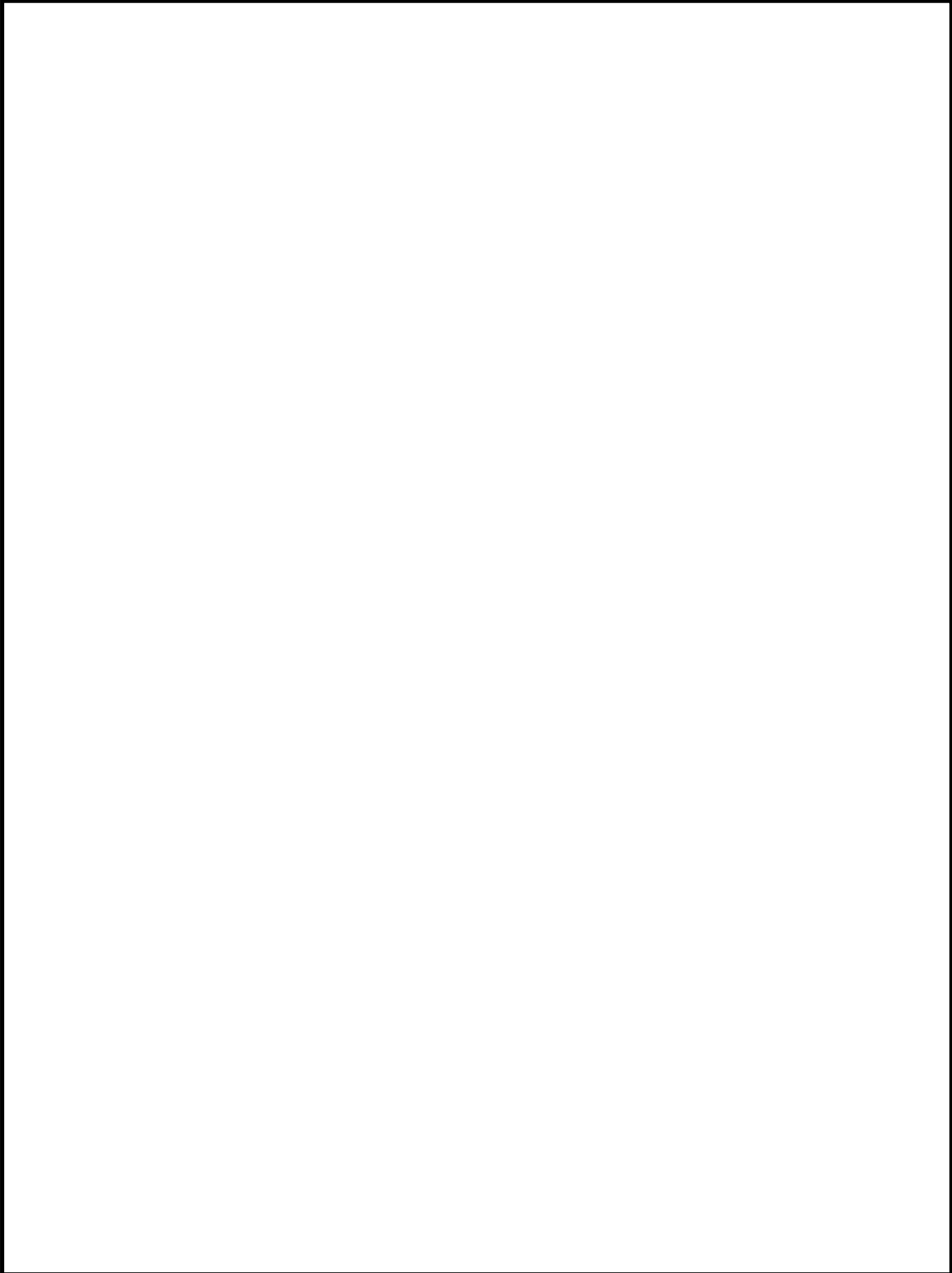
- Кнопка Exit дозволяє вийти з програми.

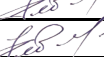
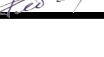
Таким чином ми отримуємо дані із датчиків які знаходяться в секції. Отримати дані одразу з обох датчиків можна, якщо відкрити 2 вікна програми , та в них вибрати кожен із датчиків який вас цікавить.

Висновок

Даний розділ являється безпосередньо розв'язанням поставленої задачі на дипломну роботу. Описано та проаналізовано вибір потрібних елементів для реалізації системи керування. Описано принцип дії системи загалом, і окремо всіх елементів, та обґрунтовано чому саме такий вибір. Написано програмне забезпечення для окремого із датчиків контролю (температури та тиску) та їх лінії передачі до мікроконтролера, і в подальшому виводу даних на екран монітора.

					172.4397зст.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4			
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата				
Розробник		Дарієнко Д. І.			Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант		Губальцев А. М.					73	11
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Рябенський В. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових у соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності підприємства і, повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;

- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі національних програм з цих питань та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень, в галузі науки і техніки та охорони навколишнього середовища;

- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань;

- встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їх діяльності;

- використання економічних методів управління охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних і нешкідливих умов праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці;

- здійснення навчання населення, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

- забезпечення координації діяльності державних органів, установ, організацій та громадських об'єднань, що вирішують різні проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між власниками та працівниками (їх представниками), між

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

усіма соціальними групами при прийнятті рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

– міжнародного співробітництва в галузі охорони праці, використання світового досвіду організацій роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці.

До прийняття Закону України «Про охорону праці» матеріальне забезпечення потерпілих на виробництві було обмежено виплатами по листках непрацездатності, втраченого заробітку, а також пенсій по інвалідності та у разі втрати годувальника. Закон значно підняв ціну життя людини добавились виплати одноразової допомоги, а також виплати відшкодування шкоди без урахування одержаних потерпілими пенсій та інших доходів.

Зазначені доповнення збільшили розмір отримуваних потерпілими виплат в сотні разів, що свідчить про соціальну направленість розвитку нашої держави. На деяких підприємствах, де умови праці особливо незадовільні, наприклад у Центральному районі Донбасу, виплати досягають 70% фонду заробітної плати і дедалі збільшуються.

За даними Всесвітньої Організації Охорони здоров'я (ВОЗ) смертність від нещасних випадків у даний час займає третє місце після серцево-судинних і онкологічних захворювань.

Причиною смертності працездатних людей молодого і середнього віку переважно є нещасні випадки. По статистичним даної, найбільш розповсюдженою причиною смерті серед чоловіків у віці від 15 до 36 років є нещасні випадки.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, впливаючих на людину при розробці виробу

При розробці «мікропроцесорної системи керування технологічним процесом сушіння конденсаторів» на людину можуть впливати як небезпечні (ураження електричним струмом під час створення проекту), так і шкідливі виробничі фактори (впливання електромагнітної дії від електронно-променевої трубки монітора персонального комп'ютера).

Небезпечний виробничий фактор – це такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого обумовлений умовами, які призводять до травми або іншого несподіваного різкого погіршення здоров'я. Результатом впливу небезпечного виробничого фактора є нещасний випадок.

При розробці проектуємого пристрою одним з найнебезпечніших виробничих факторів є можливість ураження людини електричним струмом.

Вплив електричного струму на людський організм може призвести до травм та навіть загибелі. Це залежить від величини та тривалості проходження струму, від роду та частоти, електричного опору тіла людини, прикладеної напруги.

Вплив електричного струму призводить до електричних травм, які можна розділити на:

а) місцеві електротравми: електричні опіки, знаки, металізація шкіри під дією електричної дуги, механічне пошкодження;

б) електричні удари:

I ступінь: скорочення м'язів без втрати свідомості;

II ступінь: скорочення м'язів з втратою свідомості;

III ступінь: втрата свідомості та порушення роботи серця;

IV ступінь: клінічна смерть.

Постійний струм приблизно в 4-5 разів менш небезпечний чим змінний із частотою 50Гц. Цей висновок випливає з порівняння значень граничних і токів що відпускають від 50 до 80 мА, для постійного 10-15мА із частотою 50Гц і

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

гранично стерпних напруг. Людина тримаючись за електричні електроди в руках може витримати по болючим відчуттям напруга не більше 21-22В при частоті 50Гц і не більше 100-105В при постійному струмі. Постійний струм проходячи через тіло людини викликає менше скорочення м'язів. Порівняльна оцінка постійного й змінного струмів справедлива тільки до 500В вважається що при більше високих напругах струм стає більше небезпечний чим змінний.

Визначають чотири інтервали змінного струмі частотою 50 Гц при впливі на людину:

$I = 0,6 \div 1,5 \text{ мА}$ – пороговий відчутний струм;

$I = 10 \div 15 \text{ мА}$ – пороговий невідпускаємий струм (виникає судом м'язів рук та голосових зв'язок);

$I = 25 \div 50 \text{ мА}$ – дія струму розповсюджується на м'язи грудної клітини, тобто можливо припинення дихання людини, що потрапила під напругу;

$I = 500 \div 100 \text{ мА}$ – фібриляційний струм, який впливає на сердечні м'язи; при тривалості декілька секунд можлива зупинка серця.

Причинами ураження електричним струмом під час проектування системи можуть стати: випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин; поява напруги на металевих частинах устаткування в результаті пошкодження ізоляції; поява напруги на відключених струмоведучих частинах устаткування внаслідок помилкового ввімкнення обладнання; виникнення крокової напруги на поверхні землі у результаті замикання проводу на землю.

Аналіз виробничого електротравматизму свідчить, що близько 60 % нещасних випадків відбулися через безпосереднє зіткнення з відкритими струмоведучими частинами, що нормально знаходяться під напругою (випадковий дотик), чи в результаті подачі напруги на ділянку, де працюють люди; більш 25% – через дотик до металевих частин устаткування, установок, що нормально не знаходяться під напругою.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Загальним для всіх нещасних випадків є те, що вони відбуваються в основному через порушення правил технічної експлуатації електроустановок.

Для забезпечення електробезпеки при роботі та розробці проектуемого пристрою передбачені наступні комплексні заходи:

- обмеження доступу до струмоведучих частин, які знаходяться під напругою;
- ізоляція відкритих струмоведучих частин, її контроль;
- захисне заземлення;
- захист від статичної електрики;
- дотримання правил технічної експлуатації і правил техніки безпеки;
- проведення планово-профілактичних оглядів і ремонтів.

Шкідливий виробничий фактор – це такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого приводить до захворювання або зниження працездатності. Результат впливу цього фактора – професійне захворювання.

При проектуванні системи керування найбільше часу витрачається на роботу за комп'ютером. Особливостями роботи на персональному комп'ютері (ПК), який застосовується при проектуванні приладу є: електромагнітне поле, електростатичне поле, вплив світлового потоку та вплив відбитого світла. Всі ці шкідливі фактори негативно впливають на здоров'я і працездатність людей.

Електромагнітне поле (ЕМП) створюється магнітними котушками, що знаходяться біля цокольної частини електронно-променевої трубки монітора. ЕМП має здатність біологічного, специфічного і теплового впливу на організм людини.

Біологічний вплив ЕМП залежить від довжини хвилі, інтенсивності, тривалості і режимів впливу, розміром і анатомічною будівлею органа, що піддається впливові ЕМП. ЕМП міліметрового діапазону поглинаються поверхневими шарами шкіри, сантиметрового – шкірою і прилягаючими до

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

неї тканинами, дециметрового – проникають на глибину 8-10 см., для більш тривалих хвиль ткані тіла людини є добре провідним середовищем.

Механізм порушень, що відбуваються в організмі під впливом ЕМП, обумовлений їх специфічним (нетепловим) і тепловим впливом.

Специфічний вплив ЕМП обумовлений біохімічними змінами, що відбуваються в клітках і тканинах. Найбільш чутливими є центральна і серцево-судинна системи. Спостерігаються порушення умовно-рефлекторної діяльності, зниження біоелектричної активності мозку, зміна міжнейронних зв'язків. Можливі відхилення з боку ендокринної системи.

У початковому періоді впливу може підвищуватися збудливість нервової системи, у наступному відбувається зменшення її функції, що виявляється в астеничних станах, тобто фізичної і нервово-психічної слабкості. У зв'язку з цим для загальної клінічної картини хронічного впливу ЕМП характерні: головний біль, стомлюваність, погіршення самопочуття, гіпотонія, брадикардія, зміна провідності серцевого м'яза. Зазначені явища можуть бути слабкі, помірковані або явно виражені. Можливі незначні і, як правило, нестійкі зміни в крові.

Тепловий вплив ЕМП характеризується підвищенням температури тіла, локальним виборчим нагріванням тканин, органів, кліток унаслідок переходу ЕМП у теплову енергію. Інтенсивність нагрівання залежить від кількості поглиненої енергії і швидкості відтоку тепла від ділянок тіла, що опромінюються. Відтік тепла утруднений в органах і тканинах з поганим кровопостачанням. До них у першу чергу відноситься кришталик ока. Під дією опромінення в ньому можуть відбуватися коагуляція білків або дифузійні зміни з наступним розвитком катаракти. Піддані тепловому опроміненню ЕМП також паренхіматозні органи (печінка, підшлункова залоза) і полі органи, що містять рідину (сечовий міхур, шлунок). Нагрівання їх може викликати загострення хронічних захворювань (виразок, кровотеч).

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Електростатичне поле виникає в результаті опромінення екрана потоком заряджених часток.

Неприємності, викликані ним, пов'язані з пилом, що накопичується в електростатично заряджених екранах, що летить на оператора під час роботи за монітором. Електростатичний потенціал, що виникає в тілі оператора при його роботі за монітором, різний і коливається в межах $+0,6\text{кВ/м}$ (однак він може бути і негативним). Потенціал оператора служить вирішальним фактором при осадженні часток пилу на поверхні тіла, що, у свою чергу, може служити причиною шкірних захворювань, псування контактних лінз, при катаракті розвивається помутніння мембрани кришталика (ока). Низьковольтний електромагнітний розряд здатний змінювати і переривати клітинний розвиток.

Біологічний вплив на працюючого на ПК світлового потоку і відбитого світла. Світловий потік падає на екран монітора і відбиває від нього. Одночасно екран монітора випромінює ЕМП у видимій частині спектра. Оскільки вектори лінійної поляризації світлового потоку, відбитого від екрана, і видимої області спектра збігаються, у результаті інтерференції цих двох світлових потоків відбувається посилення амплітуди результуючого світлового потоку, що виявляється в зниженні контрастності і появі відблисків. Подібні впливи викликають утому очного м'яза і згодом можуть стати причиною короткозорості.

4.2. Розробка заходів щодо забезпечення безпеки людини при розробці виробу

Електроенергетика є базовою галуззю національної економіки, ефективне функціонування якої є необхідною умовою стабілізації, структурних перетворень економіки, задоволення потреб населення та суспільного виробництва в електричній енергії. Від надійного і сталого

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		80

функціонування галузі значною мірою залежать темпи виходу України із скрутного економічного становища та рівень енергетичної безпеки держави.

Основними напрямками державної політики з питань національної безпеки України, визначеними Законом України «Про основи національної безпеки України», крім інших, забезпечення енергетичної безпеки на основі сталого функціонування і розвитку паливно-енергетичного комплексу, в тому числі послідовного і активного проведення політики енергозбереження та диверсифікації джерел енергозабезпечення.

Забезпечення безпеки людини під час роботи на ПК

Життєдіяльність безпосередньо пов'язана з виконанням певного виду робіт та продуктивністю праці, яка визначається як людським чинником, так і засобами виробництва, а також технологічними й організаційними і умовами праці. Сьогодні діяльність більшості працівників сучасних професій у виробничій сфері пов'язана з використанням комп'ютерної техніки. Працюючи з комп'ютером, людина потрапляє під вплив різноманітних факторів: електромагнітних полів (діапазон радіочастот: ВЧ, УВЧ і СВЧ), інфрачервоного та іонізуючого випромінювання, шуму і вібрацій, статичної електрики.

Нині в багатьох установах, підприємствах часто застосовують застарілу техніку. Вимоги щодо безпеки праці на сьогодні є чинними.

Робота з комп'ютером вимагає значної розумової напруги і супроводжується нервово-емоційним навантаженням операторів, високою напругою зорової роботи і досить значним навантаженням на м'язи рук під І час роботи з клавіатурою ПК. Велике значення має раціональна конструкція і розташування елементів робочого місця, що є важливим для підтримки оптимальної робочої пози в процесі праці.

У процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримуватись правильного режиму роботи і відпочинку. В протилежному випадку в

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

персоналу спостерігається незадоволеність роботою, головний біль, роздратування, порушення сну, в тому і больові відчуття в очах, попереку, у ділянці шиї та рук.

Залежно від розміщення вікон у приміщенні, де встановлені комп'ютери, рекомендується таке забарвлення його стін і підлоги:

вікна орієнтовані на південь – стіни зелено-блакитного або світло-блакитного кольору; підлога – зелена;

вікна орієнтовані на північ – стіни світло-оранжевого або оранжево-жовтого кольору; підлога – червоно-оранжева;

вікна орієнтовані на схід – стіни жовто-зеленого кольору; підлога – зелена або червоно-оранжева;

вікна орієнтовані на захід – стіни жовто-зеленого або блакитно-зеленого кольору; підлога – зелена або червоно-оранжева.

Обчислювальна техніка є джерелом тепловиділення, що може спричинити підвищення температури і зниження відносної вологості у приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, потрібно дотримуватись необхідних параметрів мікроклімату.

Забезпечення безпеки людини під час роботи з пристроєм

Під час розробки виробу необхідно застосовувати різноманітні захисні засоби аби попередити ураження електричним струмом. Застосовувані в електроустановках захисні заходи умовно можна поділити на дві групи: ті, що забезпечують безпеку при нормальному режимі роботи електроустановок і ті, що забезпечують безпеку при аварійному режимі роботи.

Електрична ізоляція – це шар діелектрика або конструкція, виконана з діелектрика, котрим вкривається поверхня струмоведучих частин, або котрим струмоведучі частини відділяються одна від одної. Ізоляція запобігає протіканню струмів через неї завдяки великому опору.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

В електроустановках напругою до 1000 В застосування ізолюваних проводів забезпечує достатній захист від ураження при дотику до них. Однак ізолювані дроти, котрі знаходяться під напругою понад 1000 В, не менш небезпечні, ніж оголені. В цих випадках одним із засобів забезпечення безпеки є стаціонарні огорожувальні пристрої. Вони поділяються на суцільні та сітчасті.

Блокуванням називається автоматичний пристрій, за допомогою котрого запобігають неправильним, небезпечним для людини діям (механічне, електричне і електромагнітне блокування).

Захисне вимкнення – це швидкодіючий захист, котрий забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні небезпеки ураження струмом.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що одним з важливих аспектів у технологіях виготовлення високовольтних імпульсних конденсаторів є забезпечення якісних показників ізолюючих матеріалів, які забезпечуються зниженням вологості до заданого рівня. Показано, що для забезпечення якості ізолюючих матеріалів слід використовувати сучасні вимірювальні прилади різного функціонального призначення.

2. В даному розділі виконано детальний аналіз технологій процесу виготовлення високовольтних – імпульсних конденсаторів і встановлено необхідні параметри ізолюючих матеріалів для забезпечення високих робочих напруг конденсаторів.

3. Виконана розробка мікропроцесорної системи керування, яка пов'язана з забезпеченням необхідного технологічного процесу виготовлення конденсаторів. Розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє в мікропроцесорній системі витримувати ряд параметрів – температуру, вологість, тиск в камерах в процесі сушіння конденсаторів.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Висновки	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Якименко Ю.І. та ін. Мікропроцесорна техніка. Підручник – К.: ІВЦ Політехніка; Кондор, 2004. – 352 с.
2. Грабко В.В., Боцула М.П. Методи та інформаційно-вимірювальні системи для технічної діагностики силових косинусних конденсаторів. Монографія. – Вінниця, 2003. – 144 с.
3. Ульрих В.А. Микроконтроллеры PIC16X7XX. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Наука и Техника, 2002. – 320 стр. с ил.
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – 3-е изд., стереотипное – М.: «Мир», 1986. – 600 с.
5. Димиденко Г.П., Орлов П.П., Пролигін В.А., Сидоренко Н.А. Захист об'єктів народного господарства від зброї масового ураження: Довідник. – К.: «Вища школа», 1987.
6. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці / видання четверте, доповнене. – Львів: Афіша, 2000.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Джерела	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Текст програми :

```
//визначаєм порт и біт до якого підключено пристрій 1-wire
#define W1_PORT PORTC
#define W1_DDR DDRC
#define W1_PIN PINC
#define W1_BIT 0

//функція визначає чи є пристрій на шині
unsigned char w1_find()
{
    unsigned char device;
    W1_DDR |= 1<<W1_BIT;//логічний "0"
    _delay_us(485);//чекаєм мінімум 480мкс
    W1_DDR &= ~(1<<W1_BIT);//відпускаєм шину
    _delay_us(65);//чекаєм мінімум 60мкс и дивимось що на шині

    if((W1_PIN & (1<<W1_BIT)) ==0x00)
        device = 1;
    else
        device = 0;
    _delay_us(420);//чекаєм залишившийся час до 480мкс
    return device;
}

//функція відправляє команду на пристрій 1-wire
void w1_sendcmd(unsigned char cmd)
{
    for(unsigned char i = 0; i < 8; i++)//в циклі відправляєм
    побітно
    {
        if((cmd & (1<<i)) == 1<<i)//якщо біт =1 відправляєм 1
        {
```

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

        W1_DDR |= 1<<W1_BIT;
        _delay_us(2);
        W1_DDR &= ~(1<<W1_BIT);
        _delay_us(65);
    }
    else//в іншому випадку відправляємо 0
    {

        W1_DDR |= 1<<W1_BIT;
        _delay_us(65);
        W1_DDR &= ~(1<<W1_BIT);
        _delay_us(5);
    }
}

//функція читає один байт з пристрою 1-wire
unsigned char w1_receive_byte()
{
    unsigned char data;
    for(unsigned char i = 0; i < 8; i++)//в циклі дивимось що на
    шині і зберігаємо значення
    {
        W1_DDR |= 1<<W1_BIT;
        _delay_us(2);
        W1_DDR &= ~(1<<W1_BIT) ;
        _delay_us(7);
        if((W1_PIN & (1<<W1_BIT)) == 0x00)
            data &= ~(1<<i);
        else
            data |= 1<<i;
        _delay_us(50);//затримка до закінчення тайм-слота
    }
    return data;
}

```

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

Текст програми :

```
//функція перетворює отримані з датчика 18b20 дані в
температуру
int temp_18b20()
{
    unsigned char data[2];
    int temp = 0;
    if(w1_find()==1)//якщо є пристрій на шині
    {
        w1_sendcmd(0xcc);//пропустити ROM код, ми знаємо, що у
нас одне пристрій або передаємо всім
        w1_sendcmd(0x44);//перетворити температуру
        _delay_ms(750);//перетворення в 12 бітний режим займає
750ms
        w1_find();//знову посилаємо Presence и Reset
        w1_sendcmd(0xcc);
        w1_sendcmd(0xbe);//передати байти провідному (у 18b20 в
перших двох зберігається температура)
        data[0] = w1_receive_byte();//читаємо два байта з
температурой
        data[1] = w1_receive_byte();
        //заганяємо в двох байтну змінну
        temp = data[1];
        temp = temp<<8;
        temp |= data[0];
        //переводимо в градуси
        temp *= 0.0625;//0.0625 градуса на одиницю даних
    }
    //повертаємо температуру
    return temp;
}
```

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Щоб працювати с функцією необхідно в циклі функції main() зробити наступне :

```
temp = temp_18b20();  
if(temp > 1000)//якщо температура <0  
{  
    temp = 4096 - temp;  
    temp = -temp;  
}
```

Далі відправляємо temp в який-небудь буфер використовуючи функцію sprintf () і отримаємо дані температури із секції.

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ДОДАТОК В

Текст програми :

```
# Include <iom8.h>

# Include <util/delay.h>

# Include <avr/io.h>

# Include "lcd_lib.h"

# Include <math.h>

# Include <stdio.h>

# Define ADC_VREF_TYPE 0x00

# Define VS 5 / / напруга живлення

/ / Функція повертає результат перетворення АЦП

unsigned int read_adc (unsigned char adc_input)

{

ADMUX = adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);

/ / Затримка

_delay_us (10);

/ / Починаємо перетворення АЦП

ADCSRA | = 0x40;
```

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		

```

/ / Чекаємо поки перетворення закінчиться

while ((ADCSRA & 0x10) == 0);

ADCSRA |= 0x10;

return ADCW;

}

/ / Оголошуємо глобальні змінні

char lcd_buffer [16];

float p;

unsigned int ptemp;

int main ()

{

unsigned int adc_res;

unsigned long int p0 = 101325;

/ / Ініціалізація АЦП

/ / Частота: 125,000 kHz

/ / Опорне напруга: AREF

ADMUX = ADC_VREF_TYPE & 0xff;

```

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

ADCSRA = 0x84;

LCDinit ();

while (1)

{

    / / Тиск.  $V_{out} = adc\_res * VS/1023 = adc\_res * 0.00488$ , що і
    підставили в формулу для р

    adc_res = read_adc (0);

    p = (adc_res * 0.00488 + 0.095 * VS) / (0.009 * VS);

    ptemp = (1000 * p) / 133.322;

    / / Відображення на екрані результату

    sprintf (lcd_buffer, "P =% i", ptemp);

    LCDclr ();

    LCDGotoXY (0,0);

    LCDstring (lcd_buffer, 16);

    _delay_ms (1000);

}

}

```

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Г

Текст програми :

```
void uart_init(void)
{
    UBRRH=0x00;
    UBRL=UART_CALC_BAUDRATE (BAUDRATE) ;//51
    UCSRA = 0x00;
    UCSRB = (1<<RXEN) | (1<<TXEN);
    UCSRB |= (1<<RXCIE);
    UCSRC = (1<<URSEL) | (1<<UCSZ1) | (1<<UCSZ0);
    sei();
}

void uart_transmit(unsigned char data)
{
    while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) );
    UDR = data;
}

void uart_transmit_message(char* msg)
{
    unsigned char i;
    i=0;
    while ((i!=255)&(msg[i]!=0x00) )
    {
        uart_transmit(msg[i]);
        i++;
    }
}

ISR (USART_RXC_vect)
```

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

{
char k = UDR;
if(k == 't') uart_transmit(read_temp());
else if(k == 'p')uart_transmit(read_presure());

```

					172.4397зст.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ документи	Підпис	Дата		