

Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“ ____ ” _____ 2024 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему
“Дослідження та програмна реалізація системи управління
частотними перетворювачами роботизованих систем”

КБПЗ - 2024

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи КІ-23Мз
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Гречка А.І.
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
кандидат фізико-математичних наук, доцент
_____ Якименко Н.М.
« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр *Заочної та дистанційної освіти*
Кафедра *Кібербезпеки та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *магістр*
Галузь знань 12 *“Інформаційні технології”*
Спеціальність 123 *“Комп’ютерна інженерія”*
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма *“Комп’ютерна інженерія”*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
Олексій СМІРНОВ
« 6 » вересня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гречці Андрію Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи *Дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем*
- Керівник роботи *Якименко Наталія Миколаївна, канд. фіз.-мат. наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу № 21-13 від 07.08.2024 року
- Строк подання студентом роботи до захисту *2.12.2024 р.*
- Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем*
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
 - Призначення та область використання.*
 - Наукова новизна.*
 - Перегляд аналогічних існуючих систем.*
 - Маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту.*
 - Опис і обґрунтування проєктних рішень.*
 - Заходи з охорони праці та техніки безпеки.*
 - Етапи програмування системи.*
 - Висновки.*
 - Впровадження системи в промислову експлуатацію*
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

<i>Наукова новизна</i>	<i>1 аркуш</i>
<i>Структурна схема системи</i>	<i>1 аркуш</i>
<i>Функціональна схема системи</i>	<i>1 аркуш</i>
<i>Діаграма взаємодії процесів</i>	<i>1 аркуш</i>
<i>Блок-схема алгоритму роботи додатку</i>	<i>2 аркуша</i>
<i>Показники економічної ефективності</i>	<i>1 аркуш</i>

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний	Доренська А.О.	05.10.2024	14.11.2024
Охорона праці	Марченко К.М., к.т.н., доцент	06.10.2024	16.11.2024

7. Дата видачі завдання « 6 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.10.2024 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.10.2024 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.10.2024 р.	
4.	Розробка структур даних	25.10.2024 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.10.2024 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.11.2024 р.	
7.	Розрахунок економічної ефективності	13.11.2024 р.	
8.	Розрахунки з охорони праці та техніки безпеки	15.11.2024 р.	
9.	Оформлення ПЗ	17.11.2024 р.	
10.	Попередній захист роботи	2.12.2024 р.	

Дата видачі завдання
« 6 » вересня 2024 р.

Підпис керівника

Якименко Н.М.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 6 » вересня 2024 р.

Підпис здобувача

Гречка А.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гречка А.І. Дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2024.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Об'єктом дослідження є процес управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Предметом дослідження є методи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Методи дослідження базуються на методах систем автоматизованого управління, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Результат роботи – програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з Windows XP/Vista/7/8/10.

Програму розроблено в середовищі Builder C++.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, система управління, частотний перетворювач

ABSTRACT

Hrechka A.I. Research and program realization of the system of control of frequency converters of robotic systems. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi 2024.

In this final qualification work on the second (master's) level of higher education the software which is intended for system is developed the system of control of frequency converters of robotic systems.

The purpose of the development is the research and program implementation of the system of control of frequency converters of robotic systems.

The object of the study is the process of control of frequency converters of robotic systems.

The subject of the study is the methods of control of frequency converters of robotic systems.

Methods of research are based on methods of control of frequency converters of robotic systems.

The result of the work is the software implementation of the system of automatic control, methods of mathematical statistics, software development methods.

In the process of working on a software model an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the software developed are fully described.

User-friendly user interface is developed. These are instructions for working with software.

The program can be used on an PC running Windows XP/Vista/7/8/10.

The program was developed in the Builder C++ environment.

Keywords: computer engineering, system of control, frequency converter

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	3
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	7
1.1 Призначення системи.....	7
1.2 Область застосування.....	11
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	15
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.....	15
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	23
2.3 Розгорнута постановка завдання	25
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	27
3.1 Опис функціонування системи	27
3.2 Розробка структурної схеми.....	43
3.3 Розробка функціональної схеми	50
3.4 Розробка діаграми процесів.....	58
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	60
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	60
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	71
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	73
6 НАУКОВА НОВИЗНА	78

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ			
Вим	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Гречка А.І.					М	1	106
Перев.	Якименко Н.М.					ЦНТУ КІ-23Мз		
Н.контр.	Коваленко А.С.							
Затв.	Смірнов О.А.							

7	МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ	79
7.1	Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту	79
7.2	Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок ...	80
7.3	Вибір методу оцінки вартості ПЗ	81
7.4	Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.....	82
7.5	Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ	83
7.6	Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ	84
7.7	Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.....	85
8	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	87
8.1	Вступ.....	87
8.2	Шкідливі і небезпечні фактори при роботі з комп'ютером.....	89
8.3	Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста ...	90
8.4	Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці	93
8.5	Розрахункова частина	94
8.6	Висновки до розділу.....	97
9	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	98
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	100

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

ККД	–	коефіцієнт корисної дії
ПІД	–	пропорційно-інтегрально-диференціюючі регулятори
ЧП	–	частотний перетворювач
ШІМ	–	широтно-імпульсна модуляція
EMC	–	електромагнітна сумісність
DTC	–	пряме керування моментом
IGBT	–	біполярний транзистор з ізольованим затвором
IP	–	ступінь захищеності від пилу, вологи та інших несприятливих умов експлуатації
MPS	–	робочі місяці

КБПЗ_2024

					VKPM-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Актуальність теми.

Як стверджує такий популярний ресурс, як Вікіпедія, на сьогодні асинхронні двигуни є самими поширеними у світі. Їх винахідником є Нікола Тесла, вклад якого у розвиток електромеханіки є неоціненим, а його прізвище нині є символом проривних рішень у зазначеній галузі. Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором на сьогодні є найдешевшим і найнадійнішим безколекторним двигуном, до того ж має жорстку характеристику, яка вкрай важлива, де потрібно підтримувати стабільні і контрольовані швидкості обертання. Проте регулювання швидкості обертання вала двигуна є непростюю задачею. Згідно його властивостей, частота обертання вала двигуна залежить від кількості пар полюсів двигуна та частоти змінного струму, що подається на обмотки двигуна. Другу складність викликає притаманне асинхронному двигуну явище електромагнітного ковзання. Чим більша різниця між частотою «обертання» магнітного поля двигуна та його ротора, то більший струм буде споживатися електродвигуном. І це особливо видно в моменти пуску двигуна. Використовувані реостатні пристрої пуску двигуна є вкрай неефективними з точки зору електроспоживання, а запуск устаткування напряду викликає великі динамічні перенавантаження.

Частотний перетворювач

Оскільки частота обертання може регулюватися не тільки зміною числа пар полюсів обмотки двигуна, що є ступінчасто, дорого і в переважній більшості випадків неефективно, а й частотою струму, що подається на обмотку двигуна, то з часом з розвитком електронної бази з'явилася можливість використання частотних перетворювачів.

Частотний перетворювач із широтно-імпульсним керуванням (ЧП із ШІМ) дозволяє знизити струми, що виникають в момент пуску двигуна, в 4-5 разів,

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

оскільки пуск відбуватиметься з малих значень частоти струму, що подається на обмотки двигуна. В подальшому частотний перетворювач здійснює керування по заданому співвідношенні між напругою, що подається на нього, та частотою струму на його виході.

Жорстка електромеханічна характеристика підтримує стабільні оберти двигуна за рахунок зростання струму, що проходить через його обмотки. Можливість включення в ланцюг керування зворотних зв'язків дозволяє підвищити ефективність роботи устаткування під змінні умови роботи, задавати закони підналаштування системи. У випадку часто змінних режимів роботи асинхронного двигуна можна заявляти про зростання енергетичної ефективності на 50 відсотків. Отже, таке поєднання механічного пристрою з приводом від асинхронного двигуна, електронного пристрою у вигляді частотного перетворювача та програмне забезпечення для керування його роботою дає змогу створювати різноманітні енергоефективні мехатронні пристрої, зокрема, в сфері робототехніки.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем управління частотними перетворювачами роботизованих систем.
- Дослідження системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.
- Програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Об'єктом дослідження є процес управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Предметом дослідження є методи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Методи дослідження базуються на методах систем автоматизованого управління, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

– Удосконалено метод управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

– Розроблено вітчизняний продукт управління частотними перетворювачами роботизованих систем, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Достовірність наукових результатів підтверджена теоретичними викладеннями, даними комп'ютерного моделювання, коректними дослідженнями параметрів на функціонуючій обчислювальній мережі, а також відповідністю отриманих результатів окремим результатам, наведеним у науковій літературі.

Робота апробована на LVII Науково-технічній конференції здобувачів вищої освіти LV науково-технічній конференції «Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку» (2024 р.), основні положення випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти надруковані у статті збірника праць молодих науковців ЦНТУ, випуск №15.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Принцип роботи частотного перетворювача

Частотний перетворювач із широтно-імпульсним керуванням представляє з себе інвертор з подвійним перетворенням напруги. Спочатку напруга, що подається на вхід, випрямлюється за допомогою діоду, включених за одинарною, мостовою чи напівмостовою схемами, а потім згладжується за допомогою конденсаторів і фільтрується за допомогою різного виду схем фільтрів: конденсаторних, резистивно-конденсаторних, індукційних, резистивно-індукційних, конденсаторно-індукційних, резистивно-конденсаторно-індукційних. Можна також подавати на виокремлений вхід постійний струм заданої величини.

Це перший етап перетворення. На другому етапі з постійної напруги, за допомогою спеціалізованих мікросхем керування й IGBT ключів мостової схеми включення, формується послідовність модульованих прямокутних імпульсів певної частоти й скважності (широтно-імпульсна модуляція), яка за рахунок числених конденсаторно-індукційних контурів з урахуванням індуктивності обмоток статора асинхронного двигуна, або за допомогою генератора синусоїдальних імпульсів, перетворюється на виході на змінний струм синусоїдальної форми заданої величини амплітуди і частоти, а в окремих випадках і з контролем початкової фази.

Критерії вибору частотних перетворювачів

Вибір по функціях

Один з головних чинників у конкурентній боротьбі – це низька ціна виробу. Для кожного виробника ціна формується в тому числі і набором функцій, які здатен виконувати виріб, в даному випадку частотний перетворювач.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Причому ряд функцій передбачається в базовому виконанні, інші будуть пропонуватися як опції. В ідеалі для виробника конструювати виріб за модульним принципом, коли переліком опцій легко маніпулювати. Для споживача ж одним з основних критеріїв буде співвідношення між ціною виробу та набором функцій, які він пропонує. Ну і звичайно надійність для умов експлуатації.

За способом керування

Якщо частотний перетворювач не відповідає вимогам хоча б до одного з його параметрів, які походять з умов експлуатації, такий вибір не варто навіть розглядати. Для частотних перетворювачів існують два типи керування: векторне і скалярне. І хоча більшість сучасних зразків перетворювачів реалізують саме векторний тип керування, однак вартість таких приладів більша. Однак така збільшена вартість компенсується більшими можливостями керування, особливо з точки зору дотримання заданого закону зміни частоти обертання асинхронного двигуна, маючи меншу статичну похибку. Проте за певних умов експлуатації достатньо мати частотний перетворювач зі скалярним типом керування, коли влаштовує постійне співвідношення між напругою та вихідною частотою, наприклад, для вентиляторів.

По потужності

Бажано обирати частотні перетворювачі з потужністю, що близька до максимальної потужності процесу керованого устаткування. Тут варто відмітити, що сам двигун може мати більшу потужність, ніж зазначений процес, тобто мати коефіцієнт запасу. Частотний перетворювач може працювати з певним перевантаженням, якщо це зазначено в його характеристиках. Однак, як правило, такі умови роботи можуть забезпечуватися тільки короткочасно, і зловживання ними приведе до швидкого виходу виробу з ладу.

У випадку невеликої різниці у потужностях обслуговуваних процесів можна орієнтуватися на вибір групи частотних перетворювачів по максимальній необхідній потужності. Це спростить у майбутньому обслуговування даного

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

устаткування, Як вже мова зайшла про обслуговування, то бажано, щоб сервісний центр обраного частотного перетворювача знаходився якомога ближче.

По мережевій напрузі

Напруга живлення в наших мережах може значно відхилитися від номінального значення. Тому варто обирати частотний перетворювач з широким діапазоном відхилення напруги, що живитиме прилад. Це допоможе уникати необхідності додатково використовувати стабілізатори напруги. Нижній поріг напруги живлення не такий критичний для обладнання, і сучасні зразки можуть працювати навіть за величини напруги вдвічі меншої за номінальну. Верхній поріг напруги більш критичний. В найкращих зразках обладнання він не перевищує 20 відсотків від номіналу. Перевищення верхнього номіналу найчастіше призводить до виходу вхідних фільтрів на електролітичних конденсаторах, які дуже чутливі до перевищення максимально допустимої напруги.

За діапазоном регулювання частоти

Верхня межа регулювання частотного перетворювача визначатиме максимальну частоту обертання двигуна і є критичною з двох причин. Перша – власне технічні характеристики процесу. Наприклад, свердління надмалих отворів вимагає частоти обертання в декілька десятків тисяч обертів на хвилину. Однак в даному випадку двигун обирається саме під такий параметр. Якщо частотний перетворювач забезпечуватиме більшу частоту обертання двигуна, ніж та, на яку він розрахований, то дуже швидко почнуть руйнуватися підшипники двигуна чи навіть ротор може розлетітися. Нижня межа регулювання частотного перетворювача визначатиме діапазон регулювання швидкості привода. Стандартно це 1:10. Для забезпечення широкого діапазону регулювання необхідно обирати частотні перетворювачі з векторним типом регулювання, можливо за замовленням особливих параметрів у виробника. Однак жити асинхронний двигун струмом з нульовою частотою є вкрай неефективним способом витратити електроенергію.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

По кількості входів керування

Кількість дискретних входів визначається кількістю команд керування (пуск, стоп, реверс й т.д.). Кількість аналогових входів визначається кількістю каналів зворотного зв'язку для регулювання й налаштування привода в процесі роботи. Кількість цифрових входів визначається кількістю каналів для подачі високочастотних сигналів від цифрових датчиків швидкості й положення (енкодерів). Отже, завеликої кількості входів бути не може, однак ця кількість напряму впливає на вартість частотного перетворювача та всієї системи, до якої він входить.

По кількості вихідних сигналів

Дискретні виходи слугують для виводу сигналів про настання різних подій (перегрів, аварія, помилки різного роду, рівень напруги вище або нижче заданої величини та ін.). Аналогові виходи слугують для побудови складних систем на основі зворотних зв'язків. Рекомендації з вибору в принципі такі ж самі, як і в попередньому пункті.

За шиною керування

В принципі достатньо, коли шина та кількість входів-виходів частотного перетворювача та устаткування, яке буде ним керуватися, співпадають. Проте бажано мати певний запас по входам і виходам для можливості подальшої модернізації з метою розширення функціональності.

По строку гарантії

На автомобілі фірми Rolls Royce надається пожиттєва гарантія. Проте неможливо однозначно ствердно сказати, що в цих авто використовуються асинхронні двигуни з керуванням від частотних перетворювачів. Точно можна стверджувати, що прикладом пожиттєвої гарантії на асинхронні двигуни з керуванням від частотних перетворювачів є космічні кораблі. В усіх інших випадках гарантія обмежується певним терміном, і чим він більший, тим краще для споживачів. До того ж збільшений термін гарантії може опосередковано свідчити про впевненість виробника в надійності своїх виробів. Не слід забувати,

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

що гарантія не можлива без вчасного якісного сервісу. А надійність також підвищить вмiле користування обладнанням, яке неможливе без якісного навчання персоналу.

По перевантажувальних здатностях

Одне з основних правил техніки – це запас по критичним параметрам у 10-15 відсотків. Більший запас у переважній більшості випадків призведе до зайвої витрати коштів. Проте в певних умовах запас може запросто сягати і 100 відсотків, тобто перевантаження може бути удвічі більшим. Наприклад, виконавчі механізми на атомних електростанціях.

В інструкціях до конкретної моделі пристрою зазвичай вказують параметри перевантаження (струм, потужність, тривалість їхнього протікання і т.д.). Варто читати інструкцію до початку експлуатації обладнання, а не після того, як воно вийшло з ладу. Це може суттєво з'економити ваші кошти. Також важливі і пікові навантаження, що протікають швидкоплинно, не довше 2-3 секунд. Запас по піковим навантаженням вибирається згідно загальних рекомендацій у 10 відсотків.

1.2 Область застосування

Частотні перетворювачі в наш час широко використовуються для керування асинхронними двигунами, що працюють в складі різноманітних насосів, вентиляторних вузлах, компресорах, транспортерах, підйомних та тягових механізмах, в приводі виконавчих органів різноманітних технологічних машин, в тому числі тих, що працюють в агресивному середовищі, все частіше використовуються в електромобілях, в робототехніці.

Приклад ефективного використання частотних перетворювачів. Розглянемо водопровідну систему, яка не може ефективно функціонувати без насосного обладнання, яке приводиться в дію асинхронними двигунами. Ці двигуни, особливо в короткозамкненому виконанні, можуть бути навіть

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

заглиблені у рідину чи примусово, в складі глибинних насосів, чи в аварійному режимі під час затоплення насосної станції. Керування насосами в такому випадку повинне забезпечити подачу та підтримку стабільного тиску в водопровідній системі. В якості зворотного зв'язку використовуються сигнали датчика тиску чи витрати води. У випадку нерівномірної витрати, що притаманна міським мережам, підтримка необхідного тиску в них може відбуватися в дросельному режимі за допомогою перекриття кранів, заслінок, або за рахунок зміни об'ємної подачі безпосередньо насосом. Більш оптимальним є другий випадок, коли не потрібна надвелика точність. Крім того, потужність, яка споживається насосом, має кубічну залежність від швидкості обертання робочого диску насоса, а значить і валу електродвигуна, і зменшення, до прикладу, цієї швидкості вдвічі призведе до зменшення споживаної потужності у вісім разів.

Перевагами такого рішення є:

- заощадження електроенергії на 30-60 відсотків;
- виключення гідроударів в системі як явища, і це суттєво збільшує термін служби трубопровідної системи та наявної в ній запірної арматури;
- зменшення пускових струмів електродвигуна, його захист від різких стрибків навантаження, а відтак зниження динамічних навантажень на насос;
- зменшення небезпеки поривів мереж внаслідок оптимізації тиску в мережах, відтак суттєва економія води;
- можливість повної автоматизації насосних станцій, що зменшує негативні прояви людського фактору.

Електроприводи й системи керування

В області електроприводів і систем керування компанія Rexroth представляє готові рішення для ефективною автоматизації технологічних процесів для спеціалізованих галузевих систем. Control City – центр автоматичного керування технікою, забезпечує ідеальне узгодження один з одним елементів системи керування приводами й програмні рішення для реалізації комплексних рішень з можливістю подальшого масштабування. Універсальні частотні

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

перетворювачі, системи затягування й запресовування на основі модульного принципу, а також комплектні системні рішення для реалізації технологічних процесів контактного зварювання є прикладами наявної великої лінійки продуктів.

Промислова гідравліка

Пропозиції від компанії Rexroth в області промислової гідравліки охоплюють гідравлічні приводи різного типу й системи їх керування для різноманітних промислових машин. Промислова гідравліка має велику сферу застосувань. Компоненти гідравлічної системи компанії Rexroth знаходять застосування в загальному машинобудуванні, зокрема, в таких областях, як технологічне устаткування різного виду виробництв (верстатобудування, обробка пластмас, ливарне устаткування, деревообробка й паперова промисловість, легка промисловість), транспортувальні операції, автомобілебудування, кораблебудування, гірська та видобувна промисловість тощо.

Мобільна гідравліка

Для будівельно-дорожніх машин, сільськогосподарської техніки, вантажно-розвантажувальних транспортних засобів, вантажних автомобілів і ще для цілого ряду спеціалізованих транспортних засобів компанія Rexroth готова запропонувати свої рішення в області мобільної гідравліки. Це повністю укомплектовані й погоджені системи, що включають у себе, зокрема, рішення для виконавчих гідравлічних приводів робочих механізмів, в тому числі для приводів переміщення включно з ходовою частиною, а саме їх насосів і двигунів, трансмісій, приводної техніки, електронних пристроїв систем керування.

Техніка лінійних переміщень

Всюди, де вимагається точність і висока навантажувальна здатність, особливо в автоматизованому виробництві, компанія Rexroth готова запропонувати лінійку своїх рішень у техніці лінійних переміщень. Вона включає профільні й циліндричні напрямні елементи, кульково-гвинтові передачі або лінійні

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

модулі, що є важливими елементами кінематичного сполучення між різними рухомими і нерухомими деталями машин.

Монтажна техніка

Якщо окреслювати завдання, що розв'язуються монтажною технікою: підтримування, монтування, спорудження, захист, то вони будуть настільки ж різноманітними, як і області їхнього застосування. Наявність модульних систем з різноманітними універсальними базовими механічними елементами дозволяє компанії Rexroth виконати довільне замовлення з різними вимогами, як то створення MPS (робочих місць), рішення монтажних чи транспортних завдань. Зокрема це можуть бути гнучкі транспортні системи для ланцюга переміщень заготовок і деталей між верстатами та іншими машинами, що забезпечують реалізацію різних технологічних процесів.

Пневматика

Компанія Rexroth пропонує в області пневмоавтоматики повну гаму пневмообладнання, як стандартизованого, так і виконаного по заданим технічним умовам, від пристроїв підготовки стисненого повітря, керованих пневморозподілювачів, монтажної арматури, до виконавчих пневмодвигунів обертового та поступального рухів. Також номенклатура включає гаму спеціальних рішень для пневматичних продуктів, які були розроблені по вимогам замовників з різних галузей промисловості. Можуть бути поставлені як окремі компоненти, так і готові пневматичні установки і системи. Інтегрування електронних систем керування в пневмообладнання є перспективним напрямком в різних галузях промисловості. Понад того, комплекс рішень пневмообладнання включає електричні й пневматичні системи дистанційного керування судновими рушійними установками, а також транспортуючі й приводні зубчасті передачі.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

На теперішній час в Україні можна знайти частотні перетворювачі значної кількості виробників з країн різних континентів – європейські, американські, азіатські (японські, корейські, китайські, тайванські). Такий різноманітний асортимент даної продукції представляє можливість великого вибору з урахуванням різних потреб споживачів та оцінкою головної конкурентної переваги по співвідношенню між функціональністю та вартістю.

Серед найбільш відомих і популярних виділяється продукція таких європейських фірм-виробників частотних перетворювачів, Siemens (лінійка моделей Micromaster), ABB, Control Techniques, Schneider Electric (лінійка моделей Altivar), Danfoss, Lenze. Менш популярними, проте не гіршими, є вироби таких відомих європейських виробників, як Vacon, Elettronica Santerno, Emotron.

Серед американських виробників частотних перетворювачів безумовним лідером є General Electric. Серед азіатських фірм-виробників частотних перетворювачів найбільш популярною є продукція таких компаній, як Mitsubishi Electric, Omron, Hitachi, Toshiba, Fuji Electric (всі – Японія), корейські й тайванські LG, Hyundai Electronics (всі – Південна Корея), Long Shenq Electronic, Delta Electronics (всі – Тайвань). Безліч частотних перетворювачів випускають фірми з Китаю, проте надійність та якість цих виробів залишають бажати кращого.

Наведемо нижче короткі характеристики декількох основних виробників частотних перетворювачів та їх лінійок продукції.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Частотні перетворювачі Danfoss

Danfoss – промисловий концерн з Данії, відомий в першу чергу своїм холодильним обладнанням. Компанія крім цього займається розробкою, виробництвом та обслуговуванням механічних і електронних компонентів й в інших сферах – промислова автоматика, мотор-редуктори, вже згадане холодильне обладнання включно з кондиціонерами. Також популярні частотні перетворювачі Danfoss як лінійка окремих виробів.

Частотні перетворювачі Danfoss лінійки VLT AQUA (модель FC 202 та інші) призначені для використання в системах водопостачання й водовідведення, а прилади лінійки VLT HVAC – у системах обігріву, вентиляції й кондиціонування.

Особливістю всіх частотних перетворювачів Danfoss є вбудований фільтр гармонік в DC-контурі для згладжування струму у проміжному контурі. Це дозволяє в певній мірі знижувати навантаження на мережу.

Частотні перетворювачі Lenze

Німецька компанія Lenze є одним з лідерів в області виробництва частотних перетворювачів та комплексних систем керування на їх основі. Основний напрямок діяльності фірми Lenze – виробництво різноманітних електроприводів універсального та спеціалізованого призначення.

Частотний перетворювач Lenze лінійки SMD призначений для максимально простого регулювання швидкості асинхронних двигунів електронними засобами. Даний частотний перетворювач наділений тільки основними функціями, що позитивно відобразилося на зниженні його вартості.

Частотні перетворювачі Control Techniques

Control Techniques – концерн з Великобританії, що займає провідні світові позиції у сфері приводної техніки та систем керування електроприводом. Діяльність компанії Control Techniques направлена на виробництво, провадження і супровід закінчених технологічних рішень.

Частотні перетворювачі Control Techniques лінійки Commander SK мають векторне керування у відкритому контурі та призначені для керування

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

асинхронними двигунами без датчика зворотного зв'язку. Частотні перетворювачі Control Techniques лінійки Unidrive SP мають векторне керування, але вже у замкненому контурі, та можуть керувати асинхронними і синхронними двигунами як за допомогою зворотного зв'язку, так і без нього. В цілому вироби лінійки Unidrive SP характеризуються гнучкою системою налаштування, і до їх переваг слід авіднести можливість керування прямим приводом. Важливими рисами частотних перетворювачів Control Techniques даної лінійки є високий ККД системи і, як наслідок, енергоощадність.

Частотні перетворювачі Toshiba

Toshiba – один з найбільших концернів Японії, відомий як виробник дуже широкого спектра продукції, зокрема, в електронній та електротехнічній сферах, займає світові лідируючі позиції в галузі напівпровідникового приладобудування. Продукція компанії Toshiba має високу наукомісткість. Їхні частотні перетворювачі займають частку в 19 відсотків на світовому ринку аналогічної продукції.

Частотні перетворювачі Toshiba здатні забезпечити істотну економію енергоресурсів, а область їхнього використання включає системи керування компресорами, конвеєрами, верстатами, насосами, електроустаткуванням у багатьох галузях промисловості.

Частотні перетворювачі Toshiba використовуються для широкої гами електродвигунів: для низьковольтних – універсальні частотні перетворювачі моделей AS1, G9 і H9, для високовольтних – частотний перетворювач T300MVi.

Частотні перетворювачі LG (LG Industrial Systems)

Південнокорейська компанія LG Industrial Systems, що входить до концерну LG, є лідером місцевого ринку засобів промислової автоматизації. Частотні перетворювачі LG Industrial Systems відомі в першу чергу своїми функціональністю, ефективністю, зручністю монтажу і експлуатації.

Частотні перетворювачі LG Industrial Systems представлені наступними моделями: IC-5, IG-5A, IS-5, IS-7, IP-5A, IE-5 і інші.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Варто відмітити, що частотні перетворювачі LG Industrial Systems мають спеціальну адаптацію для ринку України з урахуванням нестабільних характеристик наших електричних мереж.

Частотні перетворювачі Delta Electronics (частотний перетворювач VFD)

Delta Electronics – відома тайваньська компанія, що веде свою історію з 1971 р.. Основними напрямками її діяльності є розробка і виробництво виробів силової електроніки (джерела безперебійного живлення, електронна пуско-регулювальна апаратура) та компонентів електросистем, зокрема, частотні перетворювачі Delta для асинхронних двигунів. В 1995 р. Delta Electronics провела ребрединг напрямку виробництва частотних перетворювачів, змінивши їх назву на VFD-A. Натепер частотні перетворювачі VFD включають вісім лінійок продукції B, F, S, M, L, V, G, E, та призначені для керування асинхронними двигунами потужністю від 40 Вт до 220 кВт.

Частотні перетворювачі Vascon

Компанія Vascon з Фінляндії була заснована в 1993 р. та спеціалізується на розробці, виробництві і впровадженні в різні сфери частотних перетворювачів для керування асинхронними двигунами. Пропонований Vascon асортимент частотних перетворювачів охоплює широкий діапазон потужностей від 300 Вт до 3 МВт та розраховані на напруги від 220 В до 690 В. На початку своєї діяльності компанія випускала частотні перетворювачі лінійки CX, а у 2000 р. з'явилася лінійка подібної продукції нового покоління – NX (NXL, NXS, NXP та інші).

Частотні перетворювачі Omron

Ще одним представником Японії у нашому перегляді є компанія Omron, яка була заснована в далекому 1933 р.. Нині фірма спеціалізується на розробці, виробництві і впровадженні в різні сфери компонентів для автоматизації. До переліку продукції даної компанії входять частотні перетворювачі Omron широкого спектра застосування. Особливістю частотних перетворювачів Omron є те, що вони не вимагають налагодження при установці, тому можуть легко вбудовуватися у вже існуючі системи. Частотні перетворювачі Omron лінійки

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

SYSDRIVE – це сучасні багатофункціональні пристрої для рішення найрізноманітніших завдань. Частотний перетворювач Omron Inverter 3G3JV володіє тільки самими необхідними функціями, що вирізняє його невисокою ціною, перетворювач 3G3FV відрізняється високодинамічністю, тому його вартість помітно більша.

Частотні перетворювачі АВВ

АВВ – відомий міжнародний шведсько-швейцарський концерн в галузі електротехніки, що спеціалізується на розробці та виробництві силового устаткування для вироблення, передачі та доставки електроенергії до кінцевого споживача. Компанія АВВ має в асортименті своєї продукції дві лінійки низьковольтних частотних перетворювачів. CompAC (компонентні приводи) – частотні перетворювачі для приводів масового споживацького застосування широкого кола. Частотні перетворювачі ACS (ACS550, ACS350, ACS150 і ін.) – більш спеціалізована лінійка для промислового застосування, особливо для системних приводів у тих пристроях, щодо яких пред'являються підвищені вимоги відносно показників якості регулювання.

Частотні перетворювачі Siemens

Німецький концерн Siemens вже тривалий час займає лідируючі позиції, зокрема, на світовому ринку електроприводів постійного і змінного струму. Серед частотних перетворювачів найбільш відома лінійка даного виробника Micromaster, що призначена для регулювання електродвигунів в діапазоні потужностей від 120 Вт при однофазному вході до 75 кВт при трифазному вході. Частотний перетворювач Siemens Micromaster призначений як для індивідуального застосування, так і бути складовою частиною інтегральної системи автоматизації певного технологічного процесу. Simovert Masterdrives від компанії Siemens – це високовольтні частотні перетворювачі, що мають в своєму складі ланку постійної напруги, які можуть використовуватися для точних і високопродуктивних електроприводів із жорсткими вимогами до динамічних характеристик та у складі великих автоматизованих установок.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Частотні перетворювачі Mitsubishi Electric

Ще одним японським гігантом, що має в своєму складі напрям проектування і виробництва частотних перетворювачів, є концерн Mitsubishi. Його підрозділ Mitsubishi Electric відповідає за виробництво частотних перетворювачів FR, які характеризуються, в першу чергу, підвищеною енергоефективністю та спрямовані на зростання продуктивності устаткування.

Асортимен частотних перетворювачів Mitsubishi охоплює діапазон потужностей від 200 Вт до 630 кВт та містить у собі кілька лінійок зазначених приладів з різним набором функцій керування електродвигунами: FR-S 500 (FR-S 520, FR-S 540), FR-E 500 (FR-E 520, FR-E 540), FR-F 700 (FR-F 740, FR-F 746), FR-A 700 (FR720, FR-A 740, FR760). Особливістю більшості частотних перетворювачів Mitsubishi є можливість витримувати подвійні перевантаження.

Частотні перетворювачі Fuji Electric

Серед японських компаній неможливо не відмітити Fuji Electric, що була заснована в далекому 1923 р. (понад сто років тому). Це одна з компаній, які були піонерами у питанні проектування та виробництва частотно-регульованого електропривода. Частотні перетворювачі Fuji нині займають близько 12% світового ринку подібних пристроїв. Їх характеризують високі технічні й експлуатаційні характеристики, широкі функціональні й комунікаційні можливості, що робить перетворювачі Fuji сумісними із широким спектром обладнання.

Асортимен частотних перетворювачів Fuji Electric представлений моделями, призначеними для роботи в діапазоні від 100 Вт до 500 кВт, та включає лінійки подібної продукції Frenic (FRN) (FRN-G11S, Frenic Mega, Frenic Mini і ін.) та (FVR) FVR-E11S, FVR-C11S, FVR-P11S.

Частотні перетворювачі Altivar (Schneider Electric)

Найстарішою компанією, представленому у нашому перегляді, є міжнародна компанія Schneider Electric, заснована ще у 1836 р.. Наразі вона є одним зі світових лідерів в області виробництва низьковольтного

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

електротехнічного устаткування й засобів автоматизації. Серед великого різноманіття продукції компанії є частотні перетворювачі Altivar (ATV), що покривають діапазон потужностей від 180 Вт до 630 кВт. Варто відмітити популярні моделі лінійки Altivar: Altivar (ATV) 11, Altivar (ATV) 21, Altivar (ATV) 31, Altivar (ATV) 61, Altivar (ATV) 71.

Частотні перетворювачі Altivar знаходять своє застосування в підйомно-транспортному й фасовочно-пакувальному устаткуванні, спеціальних механізмах, вентиляторах, установках кондиціонування та холодильному обладнанні, окремих насосах і компресорах.

Частотні перетворювачі Vesper

Частотні перетворювачі Vesper мають в своїй архітектурі вихідні IGBT транзистори та призначені для керування асинхронними двигунами змінного струму. Вони вдало сполучають надійність, функціональність, здатність витримувати перевантаження, а також невисоку вартість. Модельний ряд частотних перетворювачів Vesper складається з десятиох найменувань: EI-7011 загальнопромислового призначення, EI-P7002 для керування насосами, E 3-8100 і EI-9011 з векторним типом керування та інші. До того ж компанія Vesper випускає частотні перетворювачі EI-8300 і EI-8001 малих габаритів, частотні перетворювачі EI-MINI у безкорпусному виконанні.

Висновок

Сучасний електропривод на базі асинхронних двигунів динамічно розвивається та характеризується широким обсягом наявних технічних і алгоритмічних рішень. В якості загального підсумку переваг застосування частотних перетворювачів можна виокремити наступне.

Можливість плавного регулювання швидкості обертання асинхронного електродвигуна дозволяє в більшості випадків обійтися без використання понижуючих редукторів, варіаторів, гідравлічних дроселів та іншої регулюючої апаратури, що певною мірою спрощує керування механічною (технологічною) системою, підвищує її надійність і знижує витрати на експлуатацію. Пуск

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

керованого двигуна шляхом зміни частоти струму живлення забезпечує його плавний розгін з мінімальним зростанням пускових струмів, дозволяє зменшити пікові механічні навантаження, що також знижує навантаження на кінематично пов'язані з двигуном передаточно-перетворювальні механізми, а відтак подовжує термін їхньої експлуатації.

Вбудований мікропроцесорний ПІД-регулятор дозволяє реалізувати різні алгоритми регулювання швидкості керованих двигунів, а відтак і за характеристики забезпечуваних даним приводом технологічних процесів.

Застосування зворотного зв'язку в системах на основі частотного перетворювача забезпечує необхідну підтримку швидкості двигуна чи її зміни, а також регульованого параметра технологічного процесу при змінних навантаженнях та інших збурюючих чинників.

Частотний перетворювач у комплексі з асинхронним електродвигуном може застосовуватися для заміни приводів на основі постійного струму.

Частотний перетворювач у комплексі із програмованим мікропроцесорним контролером може бути використаним для створення багатофункціональних систем керування електроприводами, у тому числі з зарезервованими можливостями модульного апаратного розширення для інших функцій.

Застосування регульованого частотного електропривода дозволяє економити енергію шляхом зменшення її невиправданих втрат, що мають місце при альтернативних методах регулювання за допомогою дроселів потоку, гідромуфт та іншого виду механічних регулюючих пристроїв.

Економія електричної енергії при застосуванні частотного регульованого електропривода для насосів у середньому становить 50-75% від потужності, яка б споживалася насосами при дросельному регулюванні потоків рідини. Це визначило майже стовідсоткове впровадження в промислово розвинених країнах регульованого привода насосних станцій.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Використання обладнання для плавного регулювання частоти обертання асинхронних двигунів у насосних станціях, крім економії електроенергії, дає ряд інших додаткових переваг, а саме:

– плавний пуск і зупинка двигуна зменшує або навіть повністю виключає появу шкідливих перехідних процесів (типу гідравлічний удар) у напорних трубопроводах різного технологічного устаткування;

– пуск двигуна здійснюється при струмах, співставних з величинами номінального значення, що значно підвищує довговічність двигуна, знижує вимоги до потужності як живильної мережі, так і всієї комутуючої апаратури;

– можлива модернізація наявних технологічних агрегатів без заміни насосного устаткування з мінімальними перервами у його роботі.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Оскільки потрібно розробити просту та легку у користуванні програму, яка б виконувалась під операційною системою Windows, то для її реалізації було обрано Builder C++. Існує велике число бібліотек написаних під Builder C++ , тому це одна з важливих причин вибору мови програмування. Середовище Builder C++ досить просте в користуванні, його вихідний код значно менше по об'єму в порівнянні з Developer Studio чи деякими іншими програмами такого типу. Досить легко організувати взаємодію між модулями програм, об'єктно-орієнтований підхід дає можливість значно скоротити код програми, а отже і час його виконання.

На заміну старого розробленого набору елементів управління у Builder C++ інтегрована бібліотека візуальних компонентів VCL, представлених на палітрі компонентів. Після переносу на форму методом перетягування (drag-and-drop) компоненти відразу становляться діючими об'єктами вашої програми. Окрім типізованих інтерфейсних елементів Windows (кнопки, смуги

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

КБПЗ - 2024

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Сучасну індустрію неможливо уявити без електропривода. Чи це буде фабричний цех з виготовлення деталей, чи це буде транспорт, чи водопровідна мережа – усюди ви знайдете електропривід. І той список далеко не повний, його можна ще набагато продовжити. Та й побут також важко уявити без електропривода. Хочеться тепла і затишку чи прохолоди і комфорту, бути одягненим у чисті речі, постійно мати сіжі продукти – здавалося б банальні на сьогодні речі, про які ніхто не задумується. Але всі вони неможливі без електропривода. А джерелом руху в електроприводі є електрочний двигун. Вони є різні, в кожного свої переваги і недоліки, про які можна довго сперечатися. Проте факт залишається фактом, і на сьогодні найпоширенішим електричним двигуном в промисловості є асинхронний двигун змінного струму з короткозамкненим ротором. Дешевше двигуна уявити неможна. І по надійності він найкращий. Двигун без колектора, а значить вже більша частина проблем двигунів вирішена. Короткозамкнений ротор може бути виготовлений з легких, проте міцних матеріалів (той же самий алюміній), а значить матиме малу інерційність і зможе розкручуватися до дуже великих обертів. Тут вже швидше питання будуть до підшипників, ніж до ротора. Можна заперечити і нагадати про безколекторні двигуни з неодимовим магнітом. То хочеться запитати: а ви ціни на алюміній і неодим коли небуť бачили? Здається, свого часу Нікола Тесла винайшов бездоганний пристрій. Почасти так. Ну, геній є геній.

Але не все так просто, бо в побуті асинхронні двигуни дещо він дещо поступаються колекторним двигунам. І проблема асинхронних двигунів, що не дає їм можливості повністю витіснити інші типи двигунів в малопотужних пристроях періодичного користування – погане пристосування до регулювання

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

швидкості обертання вала, похідною до якої є проблема великих пускових моментів, а для однофазних двигунів ще додається проблема початок обертання вала зі стану спокою. Так, швидкість обертання вала двигуна жорстко залежить від кількості пар полюсів і частоти змінного струму у мережі живлення. І ці параметри просто так не змінити. Бо коли вам потрібно 2960 обертів на хвилину чи 736, то проблем немає. Беремо однополюсний чи чотирьохполюсний електродвигун, і все. А якщо потрібно 2746 чи 54 обертів на хвилину? У першому випадку просто катастрофа, у другому випадку можна взяти п'ятидесяти п'яти полюсний двигун. Тільки де його взяти? Індивідуальне виробництво? Важко уявити вартість та габарити такого виробу, тому теж недалеко від катастрофи. Великий пусковий струм, що до семи разів перевищує номінальний, суттєво обмежує потужність двигунів в побутовій мережі. Півкіловата то вже буде постійне випробовування на міцність мережі. В колекторних двигунах регулювання обертів здійснюється за допомогою змінного реостата. Асинхронні двигуни з фазним ротором теж колекторні, і в них теж можна застосувати реостатне регулювання обертів вала двигуна. Однак сам двигун працюватиме далеко за номінальними режимами, і всі переваги такого двигуна нівелюються.

Єдиним виходом для асинхронних двигунів при необхідності плавної зміни швидкості обертання їх вала буде зміна частоти струму, що подається на їх обмотки. Це можна зробити за допомогою частотних перетворювачів. Так, вони здорожчують привід. Тому поки комбінація колекторних двигунів з реостатним регулюванням частоти обертання в області побутової техніки малої потужності є більш вигідною. Однак вартість частотних перетворювачів з розвитком їх елементної бази постійно знижується, що робить частотно-регульований привід все більш привабливим рішенням. Особливо яскравим прикладом тут слугує електротранспорт, де такий тип приводів стає домінуючим. Те ж саме можна сказати і про більшість промислової сфери.

Застосування частотних перетворювачів дає наступні переваги:

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- можливість керування швидкістю обертання двигуна в автоматичному або ручному режимах, або параметром, що є похідним від даної швидкості;
- помітну економію електричної енергії у порівнянні з іншими способами регулювання;
- зменшення пускових струмів до значень, близьких до номінальних;
- суттєве зменшення динамічних навантажень на привід в момент пуску;
- розширений комплекс заходів по захисту двигуна та всього приводу в цілому.

В принципі, перелік переваг від застосування частотного перетворювача можна продовжити, але навіть перераховані чесноти дозволяють суттєво поліпшити керованість устаткування та істотно збільшити термін його експлуатації. Проте, повторимо, це збільшує вартість такого комплексу обладнання, і тому варто приділити увагу при виборі моделі перетворювача, здатного вирішити поставлені задачі. Спробуємо із цим вибором розібратися. Власне придбання частотного перетворювача не складніше за придбання автомобіля (переважна більшість останніх моделей електромобілей керують власними двигунами саме частотними перетворювачами). Однак вам би не хотілося, щоб ваш автомобіль просто їздив. Вам би ще хотілося, щоб він їздив довго, економно, забезпечуючи при цьому певні зручності.

Якщо ви будете робити систему з нуля, то тут варто придбати готове рішення. Однак швидше за все ви будете модернізувати існуючу систему. Тому задача в чомусь ускладнюється, а в чомусь і спрощується. Критерії вибору вже були описані у пункті 1.1 даної роботи. Переважна більшість користувачів обирає потужність перетворювача відповідно до потужності двигуна. Однак більш правильним буде, якщо вибір по потужності розділити на два інших параметри: по напрузі і по силі струму, що власне і визначають потужність. Отже, при виборі моделі частотного перетворювача орієнтуємося на значення напруги і сили струму. Особливо важливим є другий параметр – сила струму. Навіть при низькій напрузі перевищення сили струму не допускається, оскільки

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

напівпровідникова база перетворювача дуже чутлива до перевищення сили струму. До перевищення напруги теж потрібно ставитися з обережністю, але в основному до напруги більш чутливі конденсатори, що встановлюються у фільтрах перетворювача, а вони, у випадку неприємностей, більш дешеві у порівнянні з напівпровідниковими елементами.

Наступна складова вибору – характеристика навантаження. Для певного виду механізмів, таких як циркуляційний насос чи вентилятор, існує квадратична залежність між моментом навантаження на двигун і його швидкістю. Таке навантаження вже навіть отримало свою власну назву «насосне» і є одним з найлегших для асинхронних двигунів. Інші види навантаження можна наближено вважати такими, що не залежать від швидкості. Зважаючи на це, ряд фірм-виробників випускають частотні перетворювачі, орієнтовані спеціально тільки на такий вид навантаження, і вони дешевші від своїх більш універсальних аналогів. Також в технічних характеристиках для стандартних моделей перетворювачів може бути прописано, що у випадку «насосного» навантаження можна використовувати насоси більш високої потужності.

Звернімо увагу на ще один момент – перевантаження двигуна. Для «насосного» типу навантаження перевантаження двигунів не є характерним, чого не скажеш за інші випадки. Сила маркетингу заставляє деяких виробників вказувати максимальну потужність, що вже врахувала в себе момент перевантаження. Однак солідні виробники, що дорожать своєю репутацією, все-таки розрізняють поняття максимальної потужності і короткочасних перевантажень. Це дозволяє економити на частотних перетворювачах.

Наступне питання вибору – діапазон регулювання швидкості. Якщо швидкість буде відхилятися не більше, ніж на 10 відсотків від номінальної, то можна сміливо пропустити цей пункт. Однак якщо швидкість буде, наприклад, зменшуватись більш суттєво, та ще й вимогою забезпечення величини номінального крутного моменту у всьому її діапазоні, то до вибору частотного перетворювача слід поставитися більш вимогливо, бо не всі моделі володіють

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

такою характеристикою. З регулюванням швидкості на низьких обертах може виникнути інша пов'язана проблема – охолодження двигуна. Теоретично виробник перетворювача не відповідає за охолодження двигуна. Проте солідні фірми обов'язково попередять про таку проблему. Річ у тім, що охолодження двигуна здійснюється вентилятором, який встановлений на валу двигуна, і є ефективним тільки на номінальних режимах. Відхилення в ту чи іншу сторону суттєво зменшують ефективність охолодження. При низьких обертах продуктивності вентилятора не вистачатиме. При високих обертах вже не вистачатиме пропускної здатності конструкції самого двигуна. Так чи інакше, необхідно врахувати факт, що знадобиться додаткове охолодження від незалежного вентилятора.

Наприкінці варто розглянути ще одне питання – гальмування двигуна. Якщо двигун великої потужності і обертався швидко, то в ньому накопичена велика кінетична енергія. І під час зупинки двигуна вона повинна кудись розсіятися. Якщо нас керований процес дозволяє зупинити двигун на протязі довільного часу, то рано чи пізно вал двигуна зупиниться внаслідок втрат на тертя. Більш продвинуті частотні перетворювачі дозволяють пришвидшити цей процес, наприклад, включивши режим рекуперації енергії. Цей режим, наприклад, присутній у всіх електромобілях, бо в них до кінетичної енергії власне двигуна приєднується кінетична енергія всього автомобіля. Такий процес дозволяє економити електроенергію. Проте такий процес в основному доречний поки що в транспорті, враховуючи вартість моделей перетворювачів, які володіють даним функціоналом. Оскільки обмотки двигунів є складовою вихідного каскаду частотного перетворювача, то останній може взяти на себе розсіяння частини накопиченої енергії через власні радіатори охолодження. При достатньому запасі потужності можна увімкнути режим режим циркулювання магнітного поля в обмотках двигуна на протилежний напрямку обертання вала двигуна (електромагнітне гальмування). Проте дана функція частіше реалізовується у вигляді окремого гальмового модуля («гальмовий ключ»,

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

«чоппер») з зовнішнім гальмовим резистором для розсіювання тепла. Слід зазначити, що гальмовий модуль може також бути вбудованим у частотний перетворювач, однак частіше це окремий модуль. Якщо це останній варіант, то варто звернути увагу на сумісність даного модуля з частотним перетворювачем. Гальмовий резистор є, як правило, уніфікованим вузлом.

Оглянуті питання стосувалися силової частини частотного перетворювача. Тепер важливо визначитися з способом керування нашим електроприводом.

Можна поставити змінний резистор. Якщо це потенціометр, то крутимо ручку в одну сторону – оберти зростають, крутимо в іншу – зменшуються. Можна поставити також повзун чи педаль і вже ними регулювати пов'язаний реостат. Іншим способом є регулювання за допомогою двох кнопок: натиснення на одну кнопку призведе до зростання швидкості обертання на певну величину, натиснення іншої призведе до протилежного результату. Можна передбачити кнопки максимальної швидкості і повної зупинки. Регулювання кнопками зручніше тим, що ручку потенціометра можна випадково задіти, що призведе до різкої зміни швидкості привода.

У випадку керування електроприводом від контролера чи іншого зовнішнього пристрою, наприклад, системи ЧПУ роботизованого обладнання, то варто звертати увагу на погодженість сигналів управління зовнішнього пристрою і частотного перетворювача. В принципі, в більшості випадків такі сигнали будуються на однакових принципах, проте інформацію варто уточнити у постачальника (продавця) частотного перетворювача.

Подекуди зручніше буде підтримувати швидкість обертання вала електродвигуна на заздалегідь заданих величинах, що записані в пам'ять. Необхідні значення параметру виставляються і записуються на етапі налагодження, а в процесі експлуатації оператор вже вибирає готові налаштування.

Проте найбільш інтелектуальним буде варіант керування, за якого частотний перетворювач буде змінювати швидкість вала двигуна в залежності від

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

іншого параметру: тиск насосної станції, крутний момент привода тощо. В такому випадку в нагоді буде наявність в складі частотного перетворювача так званого ПД-регулятора з можливістю задіяння датчика зворотного зв'язку, що посылатиме залежний сигнал від вимірювання значення контрольованого параметра. Така функція в основному присутня в більшості сучасних моделей перетворювачів, проте інколи варто дану інформацію уточнити у постачальника (продавця).

Функціями керування зазвичай не обмежуються можливості частотних перетворювачів. Їм притаманні також функції захисту двигуна. По-перше, це різноманітні функції обмеження сили струму, що подається на електродвигун. Їх наявність дозволяє захистити двигун при різних неполадках в механізмі, що призведуть до зуринки робота, при безпосередньому заклинюванні ротора або ж при виході з ладу підшипників ротора. Провідні моделі частотних перетворювачів мають в своїй системі керування закладену теплову модель двигуна, а тому здатні за результатами опосередкованого моделювання визначити ймовірну температуру двигуна і захистити його від перегріву. Також в частотному перетворювачі може бути передбачений окремий вхід для датчика температури двигуна, що дозволить задіяти додаткові функції теплового захисту.

Звернемо тепер увагу на пульт керування. Зазвичай він складається з клавіатури і дисплея. Найпростіші моделі дисплея дозволяють виводити тільки номер параметра (функції) і його (її) значення (стан). В принципі, на етапі налаштування роботи електропривода цього достатньо, однак працювати з таким дисплеєм доволі незручно. Проте більшість сучасних частотних перетворювачів оснащуються алфавітно-цифровим дисплеєм, що виводить інформацію на декількох рядках. Це додає зручності в користуванні таким дисплеєм, в ньому краще орієнтуватися в меню прилада, а для продвинутих користувачів вже можна повсяк час заглядати до посібника з експлуатації. Це виходить на перший план в критичних ситуаціях під час аварії, коли потрібно швидко приймати рішення і подавати необхідні сигнали. Найбільш продвинуті моделі частотних

						ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

перетворювачів вже оснащуються графічними дисплеями. Їхня картинка дозволяє виводити навіть графіки зміни параметрів. Певною незручністю можна вважати той факт, що пульти керування частотних перетворювачів в переважній більшості моделей не мають україномовного інтерфейсу. Однак знання англійської мови з кожним роком покращуються. Захист частотних перетворювачів від несанкціонованого доступу заснований на паролях, інколи роздільних для сервісу налагодження і для сервісу експлуатації. Крім того, сам пульт керування може бути зйомним і навіть дистанційним.

Пульти керування можуть оснащуватися декількома дискретними виходами на основі реле чи напівпровідникових елементів, призначення яких – повідомлення про стан роботи електропривода: готовність до роботи, вихід на задані параметри, аварійна ситуація тощо. За необхідності такі виходи оснащуються таймером, що дозволяє рознести роботу виходів у часі. Певні моделі частотних перетворювачів мають аналогові виходи, що дозволяють підключати різноманітні вимірювальні прилади для демонстрації показань фізичних параметрів, що визначають роботу електроприводу, та для передачі величин цих параметрів на зовнішні прилади для організацій функцій зворотного зв'язку чи реєстрації показань.

Важливо правильно встановлювати частотний перетворювач. У випадку закритого місця, такого, як електрошафа, важливим аспектом буде наявність вільного місця та достатній обсяг повітря для охолодження. Можливо необхідно буде передбачити додаткові елементи охолодження (радіатори, вентилятори). Якщо ж місце встановлення частотного перетворювача відкрите, то в такому випадку важливо враховувати ступені його захисту. У виконанні IP00 прилад можна встановлювати тільки в шафі або спеціальному приміщенні, оскільки відсутній захист від ураження електричним струмом. У виконанні IP20 прилад можна встановлювати в приміщеннях загального доступу, однак при установці в приміщеннях з високою вологістю або запиленістю варто використовувати прилад вже у виконанні IP54 або вище. Якщо кабель, що поєднує частотний

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

перетворювач з двигуном задовгий, то необхідно встановлювати спеціальний дросель. Ця довжина для різних кабелів відрізняється в залежності від величини струму, моделі перетворювача, тому питання оснащення кабеля дроселем необхідно уточнювати у у постачальника (продавця).

Це були основні параметри і умови роботи частотних перетворювачів. Проте вони можуть оснащуватися додатковими функціями, на які варто звернути увагу.

Робота при нестабільному живленні. Погодьтесь, актуальний параметр для умов нашої держави. В якому діапазоні живлення частотний перетворювач зберігає працездатність? Як поводить ся частотний перетворювач при різкій зміні напруги живлення? У достойних моделях максимально допустиме напруження коливається в межах від + 20% до – 20 % від номіналу (у випадку однофазної мережі до – 50 % від номіналу). Чим більш рання модель, тим цей діапазон буде менший. При просіданнях напруги живлення або повному його відключенні на короткий чи тривалий час алгоритми поведінки перетворювачів закладені різні. Можливе збереження працездатності із пропорційним до просідання зниженням швидкості (функція регулювання по вхідній нарузі), автоматичний перезапуск у випадку відновлення живлення з визначенням швидкості двигуна при повторному запуску (у випадку короткочасного відключення живлення, щоб не починати розгін з нуля) або без такого, і навіть функція контрольованої плавної зупинки двигуна при повному зникненні напруги. Певні моделі частотних перетворювачів навіть дозволяють програмувати такі функції, що дозволить додатково захостити обладнання.

Засоби послідовного зв'язку. За необхідності включення електроприводу в систему автоматизованого керування використовують порт послідовного зв'язку, як правило, стандарту RS-485. Сам стандарт та протокол обміну даними необхідно уточнити при покупці приладу, так само як і можливість розширення функцій частотного перетворювача у випадку відсутності модуля послідовного зв'язку, або можливість його заміни на блок іншого стандарту в подальшому. За

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

відсутності на підприємстві централізованої системи керування, даний порт дозволяє зв'язати частотний перетворювач із комп'ютером, що істотно розширить можливості регулювання. Нині доступні моделі, які дозволяють при такому підключенні забезпечити дистанційне керування, в тому числі через мережу Internet з будь-якого місця на планеті. Головне, щоб був доступ до глобальної мережі.

Заборона роботи на визначених частотах. Будь-яка механічна система має частоту власних коливань, на якій безпосередньо чи її гармоніках відбуватимуться особливо небезпечні явища резонансу. Щоправда, в переважній більшості визначення таких особливих частот є практичним експериментом. І при відсутності до цього частотного перетворювача неможна визначити, чи в означеному діапазоні варіювання буде спостерігатися резонанс. Проте у будь-якому випадку краще, щоб така можливість у частотного перетворювача була.

Автоматична процедура узгодження із двигуном. Найпростіші моделі ніяким узгодженням не володіють. Видають вихідну напругу з заданими параметрами, і все. Як-то вони підходять до параметрів обмоток конкретного двигуна їх мало хвилює. Сучасніші моделі можуть передбачати ввід додаткових параметрів, що є у сервісній інформації до двигуна. Частотні перетворювачі останніх випусків вже використовують так званий ідентифікаційний пуск, коли прилад сам вимірює всі необхідні параметри, або замір і адаптація проводиться безпосередньо під час роботи. Користувач може про це і не знати. Звісно, залишається можливість роботи і за простим принципом. Дані функції будуть актуальними, якщо кероване електроприводом обладнання є дорогим, складним або технологічний процес є відповідальним і небезпечним (наприклад, на АЕС).

Принцип керування. Зустрічаються три такі принципи: керування у функції U/F (регулювання по відношення напруги до частоти), векторне керування полем, пряме керування моментом (якщо брати в порядку зростання «інтелектуальності» і ціни). Наразі чітку межу між ними встановити важко, виробник може поєднувати у своєму частотному перетворювачі елементи

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

керування різних типів. Для більшості прикладних задач застосувань перших двох типів керування буде достатньо, але при різкозмінному навантаженні чи при ризику великих перевантажень може виникати необхідність прямого керування моментом.

Використання декількох наборів параметрів. Така можливість дозволяє налаштувати частотний перетворювач на різні режими роботи, а потім перемикається між ними на пульті керування чи сигналом з зовнішнього приладу. Це буде корисним, якщо ваш прилад буде використовуватися з різними двигунами, або за різних технологічних процесів, чи інших різних умовах.

Даний перелік додаткових можливостей частотних перетворювачів не є вичерпним.

Технічні розходження між векторними й скалярними частотними перетворювачами

На початку уточнимо, що загальноприйняті для характеристики частотних перетворювачів терміни «векторний» і «скалярний» є не зовсім точними, бо по суті мова йде про параметр змінного струму. В такому випадку термін «скалярний» є не зовсім коректним. Зі шкільного курсу відомо, що скалярна величина – це та величина, для якої на відміну від вектора кожне значення виражається одним, при тому дійсним, числом, внаслідок чого наявну сукупність значень скалярної величини можна представити на лінійній шкалі (scale – англ, похідне слово для даної назви). Такі величини, як відстань, площа, час, тиск і т.д. – все це скалярні величини. Векторними величинами, або векторами, називають такі величини, що характеризуються наявністю як числового значення, так і напрямку. Тому прийнятий поділ частотних перетворювачів на скалярні й векторні є не зовсім коректним, а скоріше відбиває прагнення маркетологів виправдати вищі ціни на один з типів перетворювачів, який можливо має перевагу над іншим.

Технічна суть даного питання полягає в наступному.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Основним способом коригування крутного моменту на валу асинхронного двигуна є зміна частоти і подекуди величини струму, які подаються на обмотки статора та приводять до зміни швидкості обертання або напруженості його магнітного поля.

Більшість частотних перетворювачів устроєні таким чином, що дають можливість оператору налаштувати характеристики вихідних електричних параметрів під конкретний вид електропривода.

Наприклад, в залежності від величини моменту інерції устаткування, яке обертається від електродвигуна, можна привести характеристику вихідного струму частотного перетворювача до лінійного, параболічного або гіперболічного виду.

Так, за необхідності зрушити з місця важкий вантаж на транспортері, характеристику вихідного струму слід привести до гіперболічного виду.

Для такого устаткування, як рідинні насоси чи вентилятори, бажано характеристику вихідного струму слід привести до параболічного виду, що до того ж дає економію електроенергії.

За цим алгоритмом працюють більшість частотних перетворювачів, що називаються не зовсім коректним терміном «скалярні». В такому випадку більш точним визначенням було б «частотні перетворювачі з передналаштуванням частоти і величини вихідного струму». Однак таке визначення є громіздким.

Іншим дієвим способом підвищення моменту на валу електродвигуна є використання третьої гармоніки струму його живлення, вектор якої, як і кратних їй гармонік більш високих порядків, обертається в ту саму сторону, що й вектор струму основної гармоніки (50 Гц), тобто вони мають пряму послідовність. Вектори ж інших інших гармонік обертаються у зворотному напрямку, тобто вони мають зворотну послідовність. Проте загальний струм нейтралі на векторній діаграмі може перевищувати фазні струми, бо амплітуда коливань третьої гармоніки за суттю істотно більше амплітуд наступних гармонік. Дане явище

може бути використано для збільшення потужності вихідного струму, а відтак і збільшення моменту на валу двигуна.

Проте інженерна думка повсяк час розвивається, і деякі розробники дійшли до висновку про можливість використання для керування моментом на валу двигуна не тільки частоту і силу струму живлення, але і його фази. Ось так з'явився і почав гуляти по всім мережам та рекламам термін «векторний» частотний перетворювач.

На початку спроби створити частотний перетворювач з керуванням моментом на валу двигуна за допомогою, в тому числі, фази струму живлення, будувалися на вимірюванні частоти, сили вихідного струму і його напруги з наступним розрахунком необхідного здвигу фаз. Однак такі спроби виявилися не зовсім ефективними, особливо у випадку малих швидкостей обертання двигуна, хоча для цієї мети застосовувалися потужні обчислювальні процесори.

Кращі результати вдалося отримати шляхом введення лінії зворотного зв'язку для контролю положення ротора двигуна. Використовуючи даний зворотний зв'язок в доповнення зворотного зв'язку по швидкості обертання ротора двигуна, і за допомогою розрахунків в режимі реального часу необхідної швидкості обертання магнітного поля статора, вдалося досягти більшої стабільності моменту обертання в ширшому діапазоні за рахунок додаткового здвигу фаз.

Фізична природа такого явища походить від конструкції асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Магнітне поле, що створюється в статорі і обертається, перетинає замкнену обмотку ротора, в якій з'являються струми, які в свою чергу взаємодіючи з зазначеним магнітним полем статора, створюють механічний момент обертання.

Ця момент змушує ротор обертатися в напрямку, що співпадає з напрямком обертання магнітного поля статора, однак швидкість такого обертання

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

ротора завжди буде відставати на невелику величину від швидкості обертання магнітного поля статора.

Величина цього відставання називається ковзанням, і його наявність забезпечує перетворення електричної енергії статора в механічну енергію обертання ротора в асинхронному двигуні. До речі, існують асинхронні двигуни поступального руху.

Як видно, за відсутності ковзання в обмотках ротора не буде виникати струм, а з ним і електрорушійна сила, відтак не буде взаємодії магнітного поля статора з струмом ротора, що призведе до зникнення моменту обертання ротора.

По простому: якщо в частотних перетворювачах, що прийнято називати «скалярними», об'єктом контролю і керування виступає тільки магнітне поле статора, то в частотних перетворювачах, що прийнято називати «векторними», об'єктом такого контролю і керування вже виступає як магнітне поле статора, так і струми в роторі, а точніше – їх функціональна взаємодія для оптимізації моменту обертання на різних швидкостях.

Відносно параметрів методів контролю і керування, то в першому випадку це вихідна частота і сила струму від частотного перетворювача до двигуна, а в другому випадку до них додається фаза струму.

Навіщо це робиться? Тут наступне пояснення. Момент обертання двигуна є прямо пропорційний до сили струму та обернено пропорційний до швидкості обертання ротора. Розробники «векторних» частотних перетворювачів ставили перед собою наступну мету – забезпечити високий постійний момент на валу електродвигуна при малій швидкості обертання, тобто втрату моменту обертання із-за низької швидкості намагалися компенсувати підвищенням струму та посиленням взаємодії магнітного поля статора і струму ротора.

Якби зазначена мета вже була б досягнута, то частотно-регульований асинхронний електропривод змагався з характеристиками сервоприводу, в яких високий постійний момент на валу спостерігається навіть при нульовій швидкості обертання.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Проте між асинхронним електродвигуном і серводвигуном настільки великі і принципові конструктивні та електротехнічні розходження, що ніякі зусилля й хитрощі розробників частотних перетворювачів не можуть достатньо наблизити асинхронний електропривод до сервоприводу. Проте і за ціною сервопривід випереджає асинхронний електропривод.

Внаслідок зазначеного ефективність застосування «векторного» методу керування не настільки велика, як цього хотілося б розробникам – на малих швидкостях обертання електродвигуна вона все одно малопомітна. До того ж на малих швидкостях обертання та ще й за підвищеного струму відбувається перегрів двигуна, що змушує розробників електропривода застосовувати додаткові зовнішні вентилятори обдуву.

У рекламі «векторних» частотних перетворювачів наголос робиться на сталості моменту обертання двигуна в широкому діапазоні частот, нібито підкреслюється, що «скалярні» перетворювачі такої властивості не мають. Подібні твердження викликають сумніви з наступних причин.

По-перше, всі розмови про момент обертання важливі тільки на етапі проектування привода, коли робляться необхідні розрахунки, за ними підбираються електродвигуни, додаються редуктори та компоненти для передачі обертання. Під час експлуатації частотно-регульованого асинхронного електроприводу об'єктом контролю і керування вже буде власне технологічний параметр (швидкість обертання, температура, тиск тощо).

По-друге, асинхронний електродвигун володіє такою унікальною властивістю, як здатність змінювати момент обертання в залежності від моменту опору на валу. По іншому, асинхронний двигун споживає тільки ту величину струму, що забезпечує рівність моменту обертання й моменту опору від механічного навантаження. Тому за великим рахунком при правильному виборі потужності електродвигуна ще на етапі проектування привода особливої потреби у «векторних» способах керування моментом обертання взагалі то і немає. До того ж вони на мінімальних швидкостях демонструють малу ефективність.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Життя не стоїть на місці, і тому час покаже, чи стане «векторний» варіант реалізації керування основним напрямком розвитку частотно-регульованого асинхронного електропривода, чи відійде в історію.

Наразі поки виглядає так, що додаткова плата за «векторність» частотного перетворювача не є виправданою, до того ж будь-яке ускладнення системи є чинником зниження її надійності.

Можна зазначити ще одну обставину, що перешкоджає ширшому поширенню «векторних» перетворювачів: неможливість їх використання у випадку багатодвигунових приводів, тоді як «скалярні» перетворювачі мають можливість одночасного управління роботою декількох електродвигунів.

Тому з погляду експлуатаційних характеристик частотних перетворювачів їх можливо було б класифікувати не за принципом «векторні» чи «скалярні», а за способом керування параметрами вихідного струму:

1. Частотні перетворювачі з передналаштуванням параметрів вихідного струму. Отримали застосування в більшості загальнопромислових електроприводів як зі зворотним зв'язком по контролю технологічного параметра, так і без нього: приводи насосів, вентиляторів, транспортерів, конвеєрів, екструдерів, у тому числі одно- і багатодвигунові системи.

2. Перетворювачі з динамічним налаштуванням параметрів вихідного струму. Використовуються в електродвигунових приводах високоточного технологічного устаткування. Можуть використовувати зворотній зв'язок по контролю положення ротора двигуна, так і без нього. По точності та діапазону регулювання швидкості обертання мають перевагу над перетворювачами першого типу, проте уступають сервоприводам.

Що стосується цієї проблеми в цілому, варто мати на увазі, що в кожному випадку рішення конкретного завдання керованим приводом застосовуються різні електродвигуни з відповідними системами керування: крокові мотори, серводвигуни, двигуни постійного струму (всі – з контролерами) й, нарешті, асинхронні або синхронні електродвигуни із частотними перетворювачами.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Намагання створити універсальний привід на нашу думку, що поки знаходить підтвердження, свідомо приречені на провал, оскільки конструктивні розбіжності між приводами занадто великі, та й розв'язувані приводами завдання зачасту є непорівнянними. Просто неможливо перетворити асинхронний двигун на серводвигун, а із синхронного двигуна нереально створити кроковий, навіть якщо вмонтувати в нього безліч полюсів.

Який же вихід? Чим простіше рішення – тим краще: правильно спроектувати привод з урахуванням крутного моменту на валу в самому несприятливому діапазоні частот обертання, а технологічні параметри керувати ПД-регулятором, що вже реалізовано в більшості «скалярних» перетворювачів.

3.2 Розробка структурної схеми

Основне призначення частотного перетворювача: плавне регулювання швидкості обертання вала асинхронного або синхронного двигуна. Тобто такого, що живиться змінним струмом певної частоти. ЧП може управляти або вихідною напругою (залежність U/f , скалярний тип керування), або моментом на валу двигуна (так званий фазний або векторний тип керування). Частотні перетворювачі випускаються в діапазоні потужностей від 90 Вт до 800 кВт.

В загальному вигляді частотний перетворювач складається з двох частин: силової та мікропроцесорного модуля.

Складовими силової частини є:

– Діодний міст (діод) – пристрій для перетворення змінного струму в пульсуючий постійний з подальшим згладжуванням фільтрами.

– Інвертор (іноді реалізує ШІМ) – пристрій для перетворення постійного струму після діодного мості та каскаду фільтрів в змінний струм необхідної частоти й амплітуди.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

– Вихідні силові ключі – тиристори типу GTO (GCT, IGCT, SGCT) або транзистори типу IGBT. Останні поєднують властивості польових і біполярних транзисторів.

– Фільтри – дроселі, які мають високий опір змінному струму та призначені поліпшити форму вихідної напруги частотного перетворювача, і ЕМС-фільтри, що призначені для збільшення перешкодозахищеності струмових ланцюгів.

Першочерговою задачею мікропроцесорного модуля є керування вихідними силовими ключами. Мікропроцесорний модуль також виконує ряд інших завдань (контрольні функції, ПД-регулювання, захист електродвигуна, самодіагностика, обмін даними по інтерфейсу, здійснення логічних операцій і т.д.)

Основні сфери застосування частотних перетворювачів в промисловості:

- Адаптація швидкості прокатних станів.
- Адаптація швидкості руху на конвеєрах.
- Керування двигунами як складова систем ЧПУ.
- Регулювання продуктивності повітропроводів.
- Регулювання тиску в гідросистемах.
- Регулювання витрати повітря в системах ОВК.
- Керування різними компресорами, мішалками й багато іншого.

Можна виділити наступні переваги регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна частотним перетворювачем:

- Економічність – у тому випадку, якщо двигун, керований ЧП, піддається регулюванню на потужностях, що менша від максимальної.
- Підвищення точність регулювання швидкості обертання (особливо для векторного принципу керування).
- Підвищення ресурсу двигуна – за рахунок зменшення пускових струмів, контролю моменту на валу, використання функцій теплового захисту двигуна, контролю аварійних ситуацій.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

– Зменшення гідравлічного опору в трубопроводах за рахунок відсутності дроселювання потоку при регулюванні тиску зміною об'ємної продуктивності насоса.

– Можливість віддаленої діагностики і керування приводом за наявності порту послідовного зв'язку.

– Автономний контур регулювання – у випадку, якщо ЧП мають в складі ПД-регулятор.

Недоліки регулювання частотним перетворювачем:

– Даний тип пристроїв виступає джерелом додаткових електромагнітних перешкод. Робота ЧП на заданій вихідній частоті супроводжується гармоніками вищих порядків по струму, які перевищують задану частоту в десятки і сотні разів.

– Значне збільшення вартості при зростанні потужності ЧП.

В якості наочного прикладу розглянемо пристрій компанії Danfoss моделі VLT Micro FC51. Структурна схема системи з даним частотним перетворювачем приведена нижче.

Лінійка частотних перетворювачів Danfoss FC51 передбачає діапазон потужності від 0.18 кВт до 22 кВт. Дані перетворювачі мають виконання IP20 за ступенем захисту. Лінійка даних приладів передбачає їх однофазне та трифазне виконання:

– однофазні (1x230 V) для потужностей 0.18 кВт – 2.2 кВт;

– трифазні (3x380 V) для потужностей 0.37 кВт – 22 кВт.

Слід зазначити, що трифазні частотні перетворювачі Danfoss FC51 при потужностях менших 2,2 кВт серйозно поступаються по такому параметру, як максимальна сила струму. Як відомо, даний параметр є одним з головних при виборі частотного перетворювача. Для підключення частотного перетворювача до двигуна слід застосовувати екранований кабель якомога меншої довжини. Слід уникати поєднання на одній фазі живлення частотного перетворювача та

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

контрольного устаткування. Лінії контролюючих датчиків рекомендується прокласти якнайдалі від силових кабелів частотного перетворювача.

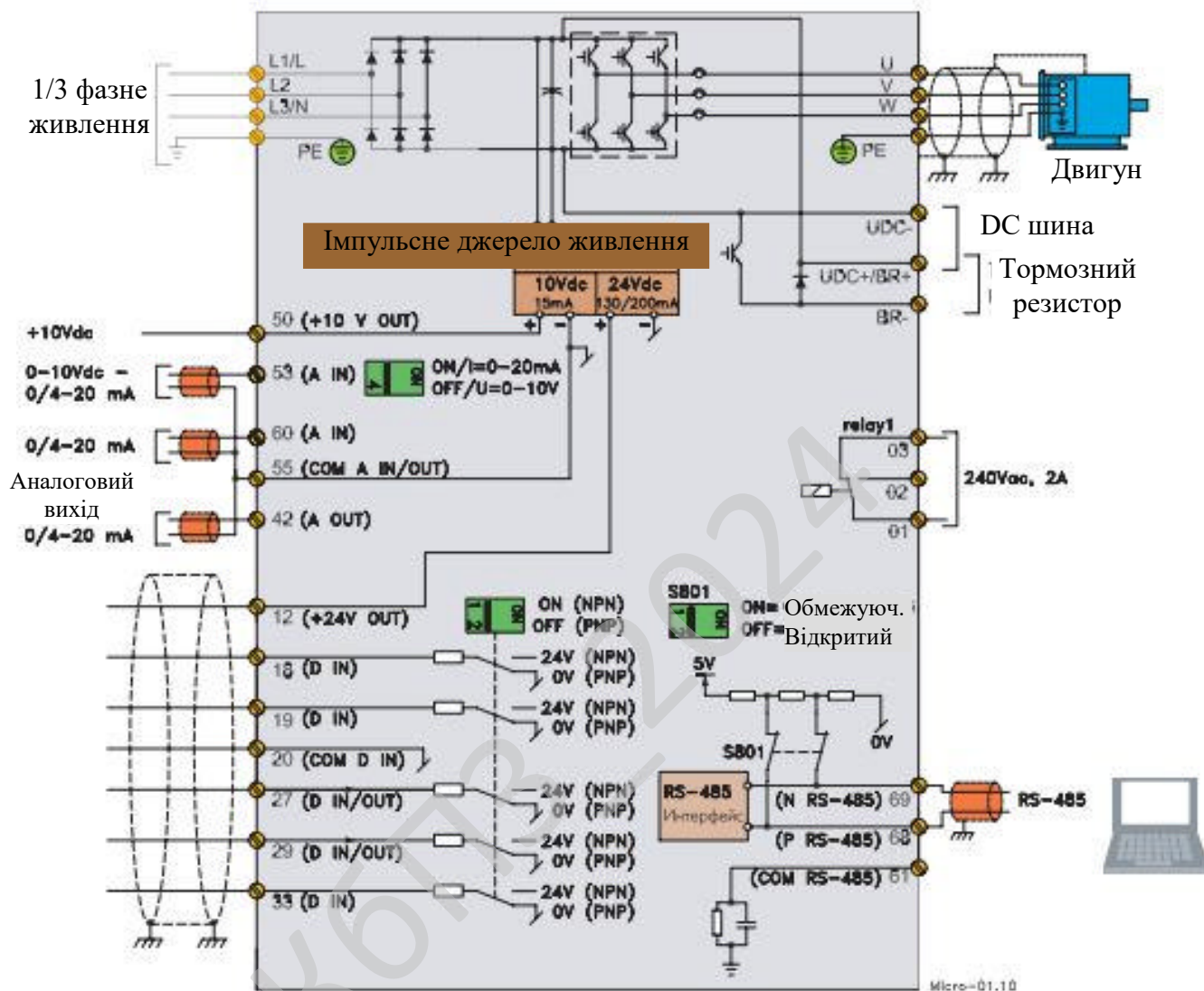


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Слід також звертати увагу на фазність при підключенні живлення й двигуна.

– Корпуса приводів одно- і трифазного живлення нічим не відрізняються, на них всіх проставлено універсальне маркування для підключення одної або трьох фаз. На пристрої слід подавати тільки відповідну напругу. При підключенні трифазного приладу до однофазної мережі він просто не буде працювати. В протилежному помилковому підключенні прийдеться замінювати найближчі

запобіжники, якщо вони будуть. З запобіжниками наслідки будуть мінімальними, без них – катастрофа.

– У випадку, коли трифазний двигун працює в комплексі з однофазним ЧП, то обмотки двигуна слід обов'язково підключати за схемою «трикутник», а не «трипроменева зірка».

В найкращому випадку частотний перетворювач в своєму захисті має «швидкоплавкі» запобіжники (малоінерційні, fast blow). Проте, як показує практика, вийти з ладу прилад може навіть із самим надійним захистом. У простих випадках для захисту частотних перетворювачів використовують автоматичні вимикачі. Їх необхідно вибирати на один номінал вище від максимального струму. Бо, наприклад, частотний перетворювач потужністю 2.2 кВт має максимальний струм 18 А. На практиці автоматичний вимикач В20 майже не тримає такий прилад у роботі, а дуже швидко виходить в захист. Необхідно використовувати запобіжник номіналом В25.

Навіть самий простий Danfoss цієї серії оснащується додатковими функціями:

- Підхоплення обертів двигуна в режисі вибігу після короткочасного зникнення напруги.
- Гальмування постійним струмом (для зупинки, в окремих випадках для прогріву).
- Згладжування поштовхів при прискоренні.
- Байпас швидкості.

Наявна в складі частотного перетворювача функція ПІД-регулятора дозволяє за сигналом зворотного зв'язку по одному з аналогових входів здійснювати підтримку регульованого параметра.

Наявність аналогового виходу дозволяє реалізувати каскадне керування частотними перетворювачами: контролер через свій аналоговий вихід видає частоту на один з перетворювачів, який в свою чергу передає частоту на інший і так далі за ланцюгом.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Завдяки можливості конфігурації дискретних входів можна налаштувати керування приводом аж на 18-ти передвстановлених швидкостях.

Функції програмування й керування можна здійснювати дистанційно через інтерфейс RS-485 за протоколом Modbus RTU.

RS-485

RS-485 інтерфейс (Recommended Standard 485) слугує для організації промислових мереж, технологічний рівень.

Цей інтерфейс має два сигнальних ланцюга: data+ і data-.

При використанні мережі на основі RS-485 можна поєднати до 32-х пристроїв у сегменті.

Інтерфейс може підтримувати як одномастерні, так і мультимастерні протоколи.

Інтерфейс RS-485 також може підтримувати напівдуплексний режим.

Характерною особливістю організації мережі на основі RS-485 є необхідність підключення на його кінцях термінальних опорів. Тобто кожен сегмент такої мережі повинен мати початок і кінець, до яких підключаються опори.

Найчастіше мережа будується за шинною топологією, бо, для прикладу, при організації з'єднання по самій короткій відстані у випадку топології типу «зірка» мережа буде працювати некоректно, оскільки невідомо, де буде початок і кінець сегмента, та куди підключати термінальні опори..

За необхідності збільшення відстані передачі інтерфейсу використовують репітери. Дані пристрої дозволяють додати ще 32 пристрої та збільшити відповідним чином загальну довжину з'єднання на 1,2 км.

Для інтерфейсу RS-485, на відміну від інтерфейсу RS-232, характерна симетрична передача сигналу.

Інформативним сигналом для RS-485 слугує різниця потенціалів між провідниками А і В. Якщо на вході приймача різниця $U_A - U_B$ буде більше, ніж 0.2 В – це означає сигнал логічний «0». Якщо різниця $U_A - U_B$ буде менше -0.2 В це

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

означає сигнал логічна «1». Діапазон $|U_A - U_B| < 0.2 \text{ В}$ є зоною нечутливості і використовується як захист від впливу перешкод. Диференціальна напруга між А і В повинна бути в межах від 1,5 В до 5 В.

Відмітимо деякі особливості інтерфейсу:

- Допустиме значення синфазної перешкоди – від -6.8 В до $+11.8 \text{ В}$.
- Допустимий потенціал на входах – від -7 В до $+12 \text{ В}$.
- Мінімальний опір навантаження – 60 Ом .
- Максимальне число вузлів мережі – 32 пристрої.
- Максимальна довжина мережі підключення – 1200 м (для швидкості 100 кб/с), 12 м (для швидкості 10 Мб/с).
- Сила струму короткого замикання – $<250 \text{ мА}$.

Modbus RTU

Modbus RTU – це відкритий мережевий протокол передачі даних, розробником якого є компанія Modicon (нині входить до складу концерну Schneider Electric), та який використовується для побудови мереж між програмними логічними контролерами. За рахунок своєї відкритості та здобутої широкої поширеності Modbus RTU став де-факто стандартом мережевих протоколів в області промислової автоматизації.

Modbus RTU має шинну топологію й використовує як метод доступу до шини модель Ведучий/Ведений. При цьому процес ведучого називається клієнтом, а процес веденого – сервером.

Канальний рівень Modbus RTU передбачає використання адресації з ідентифікацією вузлів. Кожен ведений пристрій має свою унікальну адресу. Ведучий пристрій в адресації потреби не має, оскільки у мережі майстер може бути тільки один. За індивідуальним запитом клієнт формує повідомлення та відправляє його за необхідною адресою. Сервер обробляє це повідомлення, надає та відправляє відповідь. При відсиланні ширококомовних повідомлень застосовується нульова адреса.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Як фізичний інтерфейс Modbus RTU може використовувати RS-232 або RS-485. Використання цих інтерфейсів і відрізняє дану специфікацію протоколу від TCP (відомим також як IP, EtherNet або TCP/IP), який використовує фізичний рівень EtherNet.

Відмінність специфікації Modbus RTU від ASCII є як в структурі повідомлення, так і в його кодуванні. Повідомлення використовує 8 біт даних з виділених 11. Формат повідомлення містить наступне: 1 стартовий біт, 8 біт даних, 1 біт паритету + 1 стоповий або без паритету + 2 стопових. Контрольна сума обчислюється за алгоритмом CRC16. Кадри розділяють між собою за допомогою пауз.

Таблиця 3.1 – Вид карти пам'яті

Тип даних	Ім'я	Стартова адреса
Coils	Bits, binary values, flags	00001
Digital Inputs	Binary inputs	10001
Analog Inputs	Binary inputs	30001
Registers	Analog values, variables	40001

3.3 Розробка функціональної схеми

З кожним роком на ринку з'являються нові і нові частотні перетворювачі з додатковими можливостями, а питання в їх (можливостях) необхідності залишається постійно актуальним. Розібратися зі зростанням такого різномайття стає все складніше, тим паче необхідно бути добре обізнаним в специфіці технологічного процесу, на обладнання якого буде встановлюватися асинхронний електропривод з частотним регулюванням, та степені відповідності пропонованих додаткових можливостей вимогам того або іншого процесу.

Сьогодні ж в умовах фінансової невизначеності, коли бажано щоб вкладення окупалися якнайшвидше, важливо мати інформацію про ринок і

додаткові можливості устаткування, а також дивитися на перспективи розвитку підприємств, на яких впроваджуватиметься даний тип обладнання.

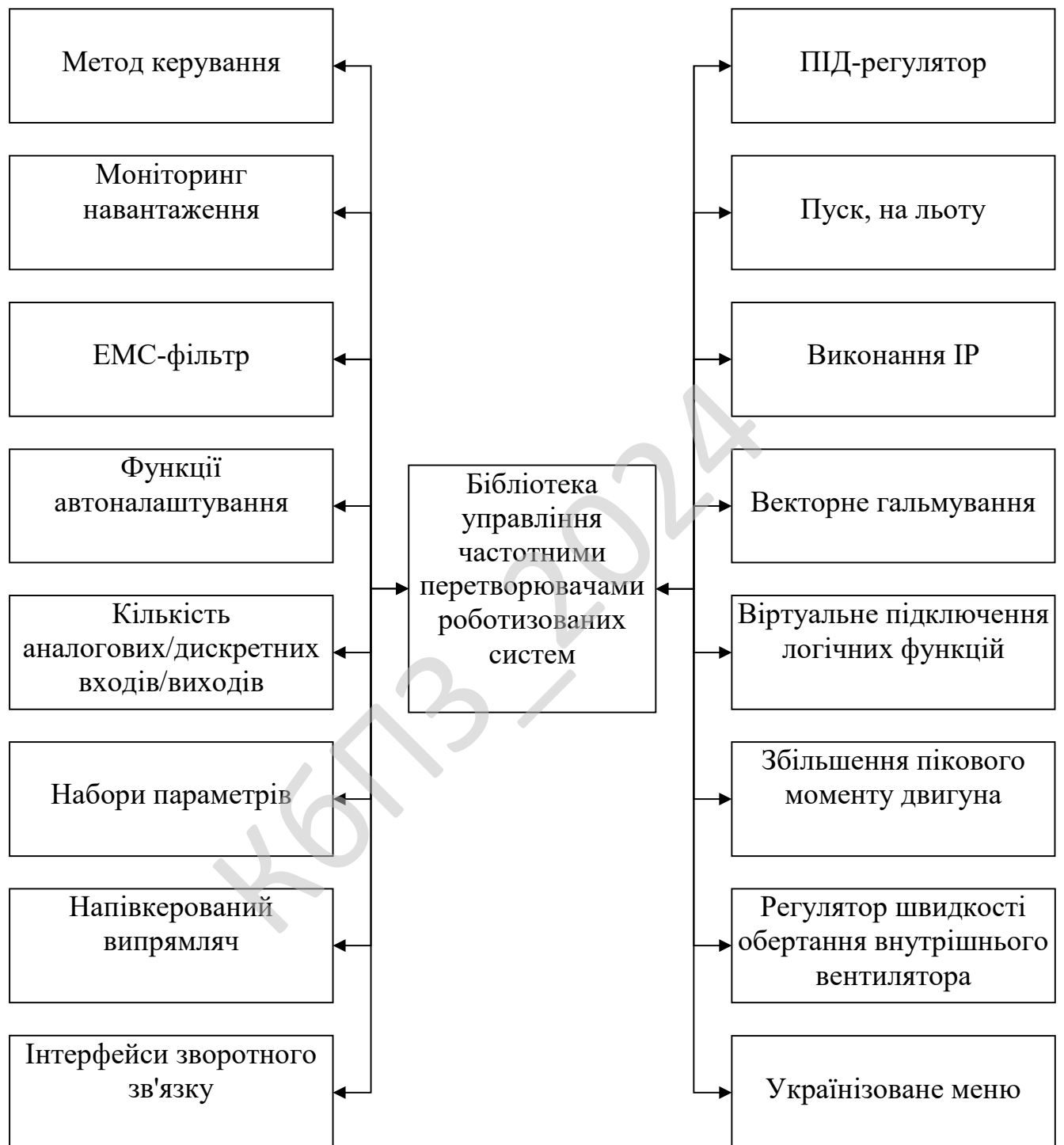


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

Розглянемо основні функції частотних перетворювачів, які наразі представлені на ринку, відносно розходжень у їх застосуваннях (насосів,

вентиляторів, димососів, конвеєрів і т.п.). Адже саме специфіка застосування у більшості випадків визначає потребу наявності різних функцій перетворювачів, і на це питання в першу чергу звертають увагу як грамотні виробники, так і сервісні організації при підборі устаткування клієнтові.

Спочатку визначимо розходження між вбудованими та додатковими функціями. Як взагалі кожен пристрій частотний перетворювач має функції, які йому закладені на фірмі-виробнику даної продукції. Їх наявність уже врахована в ціні виробу. В принципі, це перше, на що звертатимуть увагу при виборі обладнання, бо воно нібито безпосередньо перед очима і легко порівняне. Потім, коли виробника продукції буде обрано, варто оцінити необхідність в різних додаткових функціях обладнання, які вам буде обов'язково запропоновано. Як було зазначено вище, жаний набір визначатиметься специфікою вашого технологічного процесу.

Приступимо до розгляду **функцій частотних перетворювачів** в стандартному виконанні, бо незважаючи на різноманіття наявних сьогодні рішень, таки можна виділити більш-менш усталені типові варіанти реалізації функціональної частини.

1. Метод керування. Нині існують частотні перетворювачі зі скалярним і векторним керуванням, та які, по суті, реалізують у собі два основні завдання, поставлені перед частотними перетворювачами: керування моментом і швидкістю обертання вала асинхронного двигуна.

Скалярне керування на сьогодні є найпоширенішим і в принципі задовольняє більшості вимог таких механізмів, як насоси, вентилятори, компресори, тобто таких, для яких є важливим підтримання заданої швидкості обертання або це може бути певний технологічний параметр. Метод простіший, ніж векторне керування, але має порівнянно невеликий діапазон регулювання швидкості та потребує встановлення додаткових датчиків для реалізації керування по швидкості й моменту.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Різноманітність векторних варіантів керування вражає, проте тут можна умовно виділити дві великі підгрупи: керування за вектором сили струму (більш простий метод, що властивий більшості існуючих перетворювачів) і керування за вектором напруги. Стосовно другого методу, то користуючись пропорційною залежністю між напругою і моментом керування напругою призводить до керування моментом на валу двигуна. Відносно наявних інших методів, що їх, за великим рахунком, варто сприймати як доповнення до характеристик двох представлених, по різному вимірюючи та оброблюючи результати вимірів таких величин, як індуктивність, намагніченість, вектор електромагнітного поля і т.д.

Приміром, метод DTC (Direct Torque Control), що передбачає пряме керування моментом, без встановлення додаткових датчиків, може ефективно використовуватися за невисоких вимог до точності підтримки швидкості (1:700), тобто серед таких механізмів, як поршневі компресори, насоси, дробарки, пилки, піднімальні механізми, конвеєри, міксери і т.п. Відзначимо, що простий векторний тип керування забезпечує точність підтримки швидкості в діапазоні не вище 1:100. При більш високих вимогах до регулювання швидкості, наприклад, більше 1:1000, необхідно використовувати спеціальні приводи.

2. ПІД-регулятор. Він в першу чергу призначений для керування зовнішнім процесом з урахуванням сигналів зворотного зв'язку. Задаючий сигнал завдання може надходити через аналоговий вхід регулятора, з пульту керування, на якому буде попередньо встановлене завдання, або за допомогою послідовного інтерфейсу. Далі відбувається визначення відхилення параметру, що підлягає стабілізації (тиск, швидкість, температура і т.д.), від заданого значення і видається відповідний керуючий сигнал.

Наявність даного регулятора вбудованим до частотного перетворювача дозволяє спростити систему керування, бо в такому випадку можна відмовитися від використання зовнішніх регуляторів (контролерів). А наявність диференційного аналогового входу дає можливість працювати частотному перетворювачу з двома однаковими датчиками процесу, щоб наприклад,

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

оцінювати перепад параметру процесу. Таке рішення буде особливо необхідним для таких механізмів, як верстати, транспортери, насоси та інші. Тобто в тих випадках, де технологічний процес може потребувати точного підтримання значення контрольованої величини (швидкості, потоку та інше).

3. Моніторинг навантаження. За наявності такої функції частотний перетворювач буде моніторити навантаження на двигуні з метою його захисту як від перевантажень, так і недовантажень, що опосередковано може свідчити про настання критичної ситуації в керованому технологічному процесі (вихід з ладу обладнання чи початок небажаного режиму його роботи). Дана функція базується на простій, можна навіть сказати витонченій, ідеї використання двигуна як датчика. Бо керування моментом на валу це в принципі і є контроль навантаження, частотний перетворювач здійснює функції цифрової системи спостереження за станом механізму.

У випадку появи ознак навантаження, що значно відхилилося від номінального, перетворювач може зупинити двигун. Перед повторним включенням може бути витримана пауза. В усіх цих випадках, як правило, також подається аварійний сигнал. Наявність такої функції дозволяє уникнути побудови дорогої системи контролю, заснованій на чималій кількості додаткових датчиків, які до того ж будуть встановлюватися на обладнанні, що реалізує технологічний процес. Проте моніторинг навантаження може, наприклад, здійснювати контроль в'язкості середовища (отже не потрібен датчик в'язкості, припустімо, для міксера), або видавати інформацію про необхідність проведення технічного огляду. Така функція безумовно стане в нагоді для міксерів, кранів, насосів, підйомників, різного виду конвеєрів та транспортерів, дробарок і т.п.

4. Пуск на льоту. Мається на увазі підхоплення обертів двигуна при пуску з урахуванням його типорозміру, умов обертання, інерції механізму і т.д.. Перезапуск здійснюється при двигуні, вал якого обертається, причому незалежно від напрямку обертання. Таке рішення дозволяє запобігти стрибкам напруги та струмів, зменшується зношування механічної й електричної частин механізму.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Буде в нагоді для приточно-витяжних вентиляторів (які якраз можуть мати не тільки пряме обертання при пуску), коли важливо на відновленні роботи забезпечити обертання всіх вентиляторів в одну сторону (підземні споруди), щоб уникнути створення штучних протягів.

5. ЕМС-фільтр (скор. від «електромагнітна сумісність»). Дана функція призначена зменшити електромагнітні перешкоди. Нажаль, робота частотних перетворювачів супроводжується виникненням таких перешкод, а ЕМС-фільтр їх зменшує, забезпечуючи пристрою можливість ефективно функціонувати без створення неприпустимих електромагнітних перешкод іншим оточуючим пристроям, функціонування яких якраз може бути чутливим до наявності таких перешкод, в тому числі і по мережі живлення. І звісно забезпечує захист свого частотного перетворювача від ще більших електромагнітних перешкод. Буде в нагоді для всіх електроприводів.

6. Виконання ІР. Мається на увазі ступінь захищеності від несприятливих умов експлуатації (пил, волога, різного виду опромінення тощо). Бажаним варіантом для більшості випадків застосування буде ІР54. Таке виконання вже не потребуватиме встановлення в окремій шафі та дозволить аналізувати варіанти розміщення в безпосередній близькості до двигуна та виконавчого механізму.

Дана функція буде актуальною для обладнання, що функціонує в несприятливих умовах: насоси, вентилятори, крани тощо.

7. Функції автоналаштування. Дані функції дозволяють суттєво скоротити час уведення частотного перетворювача в експлуатацію. Удосконалена функція ПД з автоналаштуванням дозволяє досягти максимальної ефективності роботи обладнання. Частотні перетворювачі подекуди навіть під час своєї роботи визначають особливості процесу та застосованого двигуна і потім підналаштовують параметри для досягнення екстремуму заданої цільової функції. В результаті маємо економію енергії при підвищеній продуктивності технологічного процесу.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

8. Векторне гальмування. Функція гальмування для векторного типу керування дозволяє ефективно розсіяти накопичену кінетичну енергію через системи охолодження частотного перетворювача, безпосередньо самого двигуна, а також встановлених додаткових пристроїв – гальмових опорів. Наявність закладеної внутрішньої моделі двигуна дозволяє скоротити кількість непотрібних відключень при раптових скачках навантаження або хибній установці часу розгону без втрати ефективності роботи приводу.

9. Кількість аналогових/дискретних входів/виходів. Вони потрібні для з'єднання частотного перетворювача із системою керування для подання необхідних сигналів. Тут працює просте правило: чим більше, тим краще. Кожен такий вхід/вихід дозволяє реалізувати додаткову функцію перетворювача. А дивлячись на перспективу, то бажано мати запас таких входів/виходів.

10. Віртуальне підключення логічних функцій. Дає можливість підтримки віртуальних з'єднань логічних функцій, а також компараторів і таймерів. Таким чином розширюється можливість застосування більшої кількості опцій та функцій за рахунок підключення додаткових плат входів/виходів. При цьому різні логічні функції можна виконувати без використання кабелів або задіюючи зовнішні входи/виходи. Зокрема, використання таймера, включеного на певний час, дозволяє здійснити опцію очистки елементів насосу від бруду, запустивши двигун на виставлений час на повну потужність, а потім знову перейти і номінальний режим. До речі, адресат і джерело необхідного віртуального підключення нескладно налаштовується з панелі керування.

11. Набори параметрів. Наявність передвстановлених параметрів дає користувачеві можливість оперативно переключати частотний перетворювач під різні завдання. Зміна режимів роботи двигуна відбувається шляхом вибору в меню пульта керування набору параметрів, які забезпечать необхідний режим роботи. При цьому деякі частотні перетворювачі дозволяють організувати роботу з групою електродвигунів різної потужності, що виконують різні завдання технологічного процесу.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

12. Збільшення пікового моменту двигуна. Дана функція притамана при реалізації типу керування DTC. Лінійне наростання струму відносно моменту дає більш оптимальні результати роботи. Таке пряме керування моментом може забезпечити збільшення моменту двигуна до 400 відсотків від номінального. Зазначимо, що співвідношення моменту і струму залишається лінійним саме вище номінального моменту, тобто 200% зростання струму дадуть 200% зростання моменту.

13. Напівкерований випрямляч. Реалізація даної функції передбачає можливість плавної подачі напруги в ланку постійного струму, яка не є чутливою до кількості відключень силового живлення. Причому частотний перетворювач сам може виключати контактор, таким чином знімаючи напругу з двигуна, тим самим додаткову економлячи електроенергію.

14. Регулятор швидкості обертання внутрішнього вентилятора. Може бути реалізовано тільки при наявності модуля додаткового охолодження. Дозволяє підтримувати оптимальний температурний режим роботи електропривода, при цьому досягаючи ще більшої економії енергоспоживання частотного перетворювача.

15. Інтерфейси зворотного зв'язку. Зворотній зв'язок є основою побудови всіх сучасних систем автоматизації. Тут зрозуміло, що чим більше буде набір реалізованих інтерфейсів і протоколів, що відповідають за безпосередню взаємодію, тим будуть ширшими можливості вбудовування електропривода в довільну промислову систему.

16. Україномовне меню. Факт залишається фактом, що більшість виробників частотних перетворювачів пропонують англomовний інтерфейс меню. Зрозуміло, що для вітчизняних користувачів українізація меню суттєво покращить зручність експлуатації перетворювача, швидше реагувати на зміни у його роботі.

Як висновок хотілося б відзначити, що чим ширша буде базова комплектація перетворювача, тим суттєвішими будуть можливості заощаджувати

						ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			57

при покупці додаткового устаткування не тільки у момент встановлення та запуску обладнання, так і при подальшій його експлуатації. Проте якісне розуміння вимог технологічного процесу дозволить виконати правильні надбудови системи для розширення її можливостей.

Закінчивши розгляд блоків функціональної схеми, перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, що відбуваються в системі.

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма процесів розробленої системи представлена на рисунку 3.3. Для детального її розгляду використано графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі, що дозволяє аналізувати взаємодію процесів в розробленій системі.

Наведена діаграма взаємодії процесів дозволяє візуалізувати процеси обробки даних (структурне проектування). Зазвичай більшість розробників спочатку креслять діаграму взаємодії процесів обробки даних на рівні контексту, що дасть змогу продемонструвати взаємодію системи.

Ця діаграма в подальшому може бути уточнена шляхом більш деталізованого представлення процесів та потоків даних, що будуть з'являтися в процесі розробки системи.

Зазвичай в діаграмах потоків даних виділяють чотири типи ланцюгів:

- процеси трансформації даних в межах представленої системи;
- сховища даних (репозитарії);
- зовнішні по відношенню до системи ланки.
- потоки даних між елементами трьох попередніх типів.



Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Отже, представивши опис системи, її структурної і функціональної схеми, і діаграми взаємодії процесів, можна перейти до наступного кроку, а саме опису блок-схем основної програми, необхідних підпрограм, за допомогою яких буде відбуватися реалізація системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Блок-схеми є основою ПЗ. Тому від точності і детальності проробки блок-схеми залежить результат всієї програми.

При виборі початкової точки відліку при побудові схем було враховано, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об'єктно-орієнтована що вимагає оптимізації, також те, що при розробці програми слід надати особливу увагу модулю бібліотеки управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

Функціональні блоки можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми.

З яких видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підпрограми та останньої стадії – перевірки поточного стану та поверненням на початок схеми чи з завершенням роботи розробленого ПЗ.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

програмування, але в засобах виконання UML-моделей як інтерпретованого коду можлива кодогенерація.

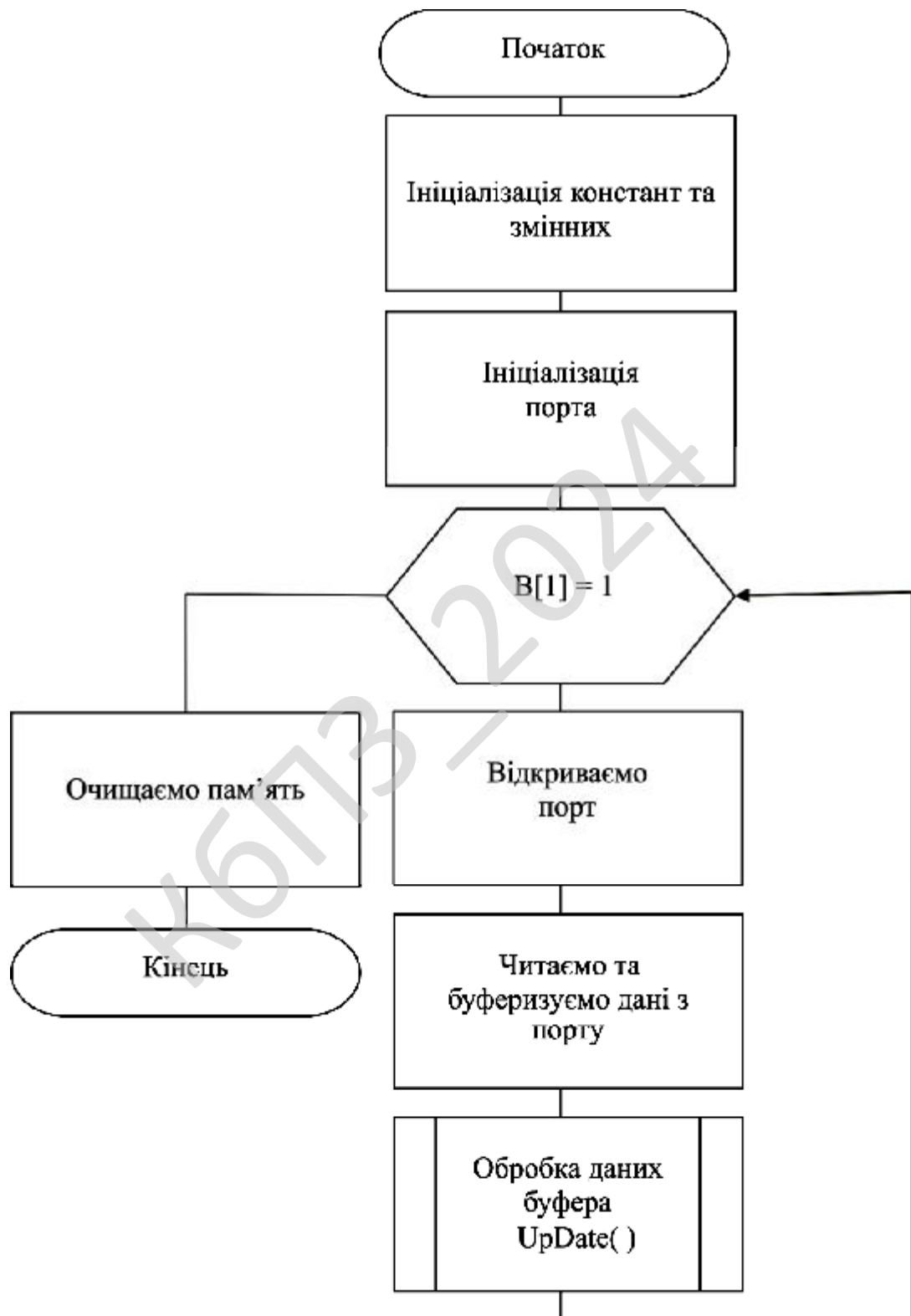


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Розглянемо використані технології та їх основні компоненти що підтверджують правильність використаних проектних рішень.

Архітектура клієнт-сервер є одним із архітектурних шаблонів програмного забезпечення та є домінуючою концепцією у створенні розподілених мережних програм і передбачає взаємодію та обмін даними між ними. Вона передбачає такі основні компоненти:

- набір серверів, які надають інформацію або інші послуги програмам, які звертаються до них;
- набір клієнтів, які використовують сервіси, що надаються серверами;
- мережа, яка забезпечує взаємодію між клієнтами та серверами.

Сервери є незалежними один від одного. Клієнти також функціонують паралельно і незалежно один від одного. Немає жорсткої прив'язки клієнтів до серверів. Більш ніж типовою є ситуація, коли один сервер одночасно обробляє запити від різних клієнтів; з іншого боку, клієнт може звертатися то до одного сервера, то до іншого. Клієнти мають знати про доступні сервери, але можуть не мати жодного уявлення про існування інших клієнтів.

Дуже важливо ясно уявляти, хто або що розглядається як «клієнт». Можна говорити про клієнтський комп'ютер, з якого відбувається звернення до інших комп'ютерів. Можна говорити про клієнтське та серверне програмне забезпечення. Нарешті, можна говорити про людей, які бажають за допомогою відповідного програмного та апаратного забезпечення отримати доступ до тієї чи іншої інформації.

Загальноприйнятим є положення, що клієнти та сервери – це перш за все програмні модулі. Найчастіше вони знаходяться на різних комп'ютерах, але бувають ситуації, коли обидві програми – і клієнтська, і серверна, фізично розміщуються на одній машині; в такій ситуації сервер часто називається локальним.

Модель клієнт-серверної взаємодії визначається перш за все розподілом обов'язків між клієнтом та сервером. Логічно можна відокремити три рівні операцій:

– рівень представлення даних, який по суті являє собою інтерфейс користувача і відповідає за представлення даних користувачеві і введення від нього керуючих команд;

– прикладний рівень, який реалізує основну логіку ПЗ і на якому здійснюється необхідна обробка інформації;

– рівень управління даними, який забезпечує зберігання даних та доступ до них.

Дворівнева клієнт-серверна архітектура передбачає взаємодію двох програмних модулів – клієнтського та серверного. В залежності від того, як між ними розподіляються наведені вище функції, розрізняють:

– модель тонкого клієнта, в рамках якої вся логіка ПЗ та управління даними зосереджена на сервері. Клієнтська програма забезпечує тільки функції рівня представлення;

– модель товстого клієнта, в якій сервер тільки керує даними, а обробка інформації та інтерфейс користувача зосереджені на стороні клієнта. Товстими клієнтами часто також називають пристрої з обмеженою потужністю: кишенькові комп'ютери, мобільні телефони та ін.

Типовим прикладом клієнт-серверної взаємодії є WWW. Існує величезна кількість веб-серверів, на яких розміщується та чи інша інформація. У найпростішому випадку ця інформація являє собою набір веб-сторінок, які можуть зберігатися на сервері у вигляді файлів, розмічених за допомогою мови розмітки HTML. Але ситуація, як правило, є складнішою; значна частина веб-ресурсів на сучасному етапі є динамічними, тобто вони не існують в заздалегідь підготовленому вигляді, а створюються безпосередньо в процесі обробки запиту від користувача.

Для того, щоб людина, яка працює в Інтернеті, могла переглянути ту чи іншу сторінку, на її комп'ютері повинно бути встановлено відповідне програмне забезпечення. Програми для перегляду веб-сторінок називаються браузером.

Але, крім браузерів, до серверів можуть звертатися і інші клієнти, а саме – автономні програми. Вони можуть передбачати взаємодію з людиною, а можуть працювати в цілком автоматичному режимі. Типовим класом таких програм є роботи, призначені для автоматичного перегляду веб-ресурсів. Зокрема, роботи є важливим елементом пошукових систем і використовуються ними для перегляду сторінок і збору інформації про них.

Для запиту до веб-сервера клієнтська програма повинна задати місцезнаходження комп'ютера, на якому розміщується серверна програма, назву потрібного документа і, можливо, інші дані, які специфікують запит. Мережа забезпечує знаходження сервера і передачу йому клієнтського запиту. Серверні програми обробляють цей запит, відповідь пересилається по мережі клієнтові.

Трирівнева клієнт-серверна архітектура, яка почала розвиватися з середини 90-х років, передбачає відділення прикладного рівня від управління даними. Відокремлюється окремий програмний рівень, на якому зосереджується прикладна логіка ПЗ. Програми проміжного рівня можуть функціонувати під управлінням спеціальних серверів ПЗ, але запуск таких програм може здійснюватися і під управлінням звичайного веб-сервера. Нарешті, управління даними здійснюється сервером даних.

Для роботи з системою користувач використовує стандартне програмне забезпечення –звичайний браузер. Це позбавляє його необхідності завантажувати та інсталювати спеціальні програми (хоча інколи така необхідність все-таки виникає).

Але користувачеві слід надати в розпорядженні інтерфейс, який дозволяв би йому взаємодіяти з системою і формувати запити до неї. Форми, що визначають цей інтерфейс, розміщуються на веб-сторінках та завантажуються разом з ними.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Веб-оглядач формує запит та пересилає його до сервера, який здійснює обробку. При необхідності сервер викликає серверні програмні модулі, які забезпечують обробку запиту і в разі потреби звертаються до сервера даних. Сервер даних здійснює операції з даними, що зберігаються в системі та складають її інформаційну основу. Зокрема, він може здійснити вибірку з інформаційної бази відповідно до запиту та передати її модулю проміжного рівня для подальшої обробки. Дані, з якими працює сервер даних, найчастіше організовані як реляційна база даних.

Найчастіше веб-сервер і серверні модулі проміжного рівня розміщуються на одному комп'ютері, хоч і являють собою окремі і логічно незалежні програмні модулі.

На сучасному етапі для програмування модулів проміжного рівня використовується мова серверних сценаріїв PHP, а для управління даними – СУБД MySQL. Таким чином, зв'язку PHP-MySQL слід розглядати як стандартний інструмент для створення порівняно простих інтерактивних веб-сайтів та систем електронної комерції; близько 90% комерційних систем сьогодні створюється саме на цій основі. Водночас як засоби управління даними, так і middleware-засоби можуть бути найрізноманітнішими. Так, для створення серверних програм, крім PHP, широко застосовуються Java, Perl, Python, Delphi.

Взагалі, технології створення розподілених, зокрема веб-програм, стрімко розвиваються. Слід згадати про технології EJB (Enterprise Java Beans), CORBA, а також про .NET – порівняно нову ініціативу компанії Microsoft. Для зберігання даних та їх передачі часто використовується так звана розширювана мова розмітки XML (Extensible Markup Language).

При розробці ПЗ було використано підходи ризик-менеджменту – це система управління ризиками, яка включає в себе стратегію та тактику управління, направлені на досягнення основних цілей. Ефективний ризик-менеджмент включає:

– систему управління;

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

- систему ідентифікації і вимірювання;
- систему супроводження (моніторингу та контролю).

Сучасна наука представляє ризик як вірогідну подію, в результаті настання якої можуть відбутися позитивні, нейтральні або негативні наслідки. Якщо ризик припускає наявність як позитивних, так і негативних результатів, він відноситься до спекулятивних ризиків. Якщо ж наслідки негативні, або відсутні взагалі, такий ризик іменується чистим.

Мета ризик-менеджменту – підвищення конкурентоспроможності господарюючих суб'єктів за допомогою захисту від реалізації чистих ризиків.

Теорія ризик-менеджменту ґрунтується на трьох базових поняттях: корисності, регресії і диверсифікації.

У 1738 швейцарський математик Даніель Бернуллі доповнив теорію вірогідності методом корисності або привабливості того або іншого результату подій. Ідея Бернуллі полягала в тому, що в процесі ухвалення рішення люди приділяють більше уваги розміру наслідків різних результатів, ніж їх вірогідність.

В кінці XIX століття англійський дослідник Ф. Гальтон запропонував вважати регресію або повернення до середнього значення універсальною статистичною закономірністю. Суть регресії трактувалася ним як повернення явищ до норми з часом. Згодом було доведено, що правило регресії діє в найрізноманітніших ситуаціях, починаючи з азартних ігор та розрахунку вірогідності виникнення нещасних випадків, і закінчуючи прогнозуванням коливань економічних циклів.

У 1952 аспірант Університету Чикаго Гарі Марковіц в статті «Диверсифікація вкладень» («Portfolio Selection») математично обґрунтував стратегію диверсифікації інвестиційного портфеля, зокрема, він показав, як шляхом продуманого розподілу вкладень мінімізувати відхилення прибутковості від очікуваного показника. У 1990 Г. Марковіцу присуджена Нобелівська премія за розробку теорії і практики оптимізації портфеля фондових активів.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Етапи ризик-менеджменту

У ризик-менеджменті прийнято виділяти декілька ключових етапів:

- на першому етапі відбувається виявлення ризику з супутньою оцінкою вірогідності його реалізації і масштабу наслідків;
- на другому етапі здійснюється розробка ризик-стратегії з метою зниження вірогідності реалізації ризику і мінімізації можливих негативних наслідків;
- на третьому етапі вибираються методи і інструменти управління виявленим ризиком;
- на четвертому етапі проводиться безпосереднє управління ризиком;
- на завершальному етапі оцінюються досягнуті результати і коректується ризик-стратегія.

За ключовий етап ризик-менеджменту вважається етап вибору методів і інструментів управління ризиком.

Методи і інструментарій ризик-менеджменту

Базовими методами ризик-менеджменту є відмова від ризиків, зниження, передача і ухвалення.

Ризик-інструментарій значно ширший. Він включає політичні, організаційні, правові, економічні, соціальні інструменти, причому ризик-менеджмент як система допускає можливість одночасного застосування декількох методів і інструментів ризик-управління.

Найбільш часто вживаним інструментом ризик-менеджменту є страхування. Страхування припускає передачу відповідальності за відшкодування передбачуваного збитку сторонній організації (страхової компанії).

Прикладами інших інструментів можуть бути відмова від надмірно ризикової діяльності (метод відмови), профілактика або диверсифікація (метод зниження), аутсорсинг витратних ризикових функцій (метод передачі), формування резервів або запасів (метод ухвалення).

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Jira – була використана комерційна система відслідковування помилок, призначена для організації взаємодії з користувачами, хоча в деяких випадках використовується і для управління проектами. Розроблено компанією Atlassian, є одним з двох її основних продуктів (поряд з вікі-системою Confluence). Має веб-інтерфейс.

Назва системи отримано шляхом усічення слова «Gojira» – Японського імені монстра Годзилла, що, в свою чергу, є відсиланням до назви конкуруючого продукту – Bugzilla; створювалася в якості заміни Bugzilla і багато в чому повторює її архітектуру. Система дозволяє працювати з декількома проектами. Для кожного з проектів створює і веде схеми безпеки і схеми оповіщення.

До версії 3.13.5 (включно) розрізнялися редакції Enterprise, Professional і Standard, після – Залишилася тільки редакція Enterprise (для великих організацій).

Система заснована на Java EE і працює на кількох популярних системах управління базами даних і операційних системах.

Основний елемент обліку в системі – завдання (ticket або issue). Завдання містить назву проекту, тему, тип, пріоритет, компоненти і зміст. Завдання може бути розширена додатковими полями (також і нові призначені для користувача поля можуть бути визначені), додатками (наприклад – Фотографіями, скріншотами) або коментарями. Завдання може редагуватися або просто змінювати статус, наприклад, з «відкритий» в «закритий». Які переходи між станами можливі, визначається через настраюється потік операцій. Будь-які зміни в задачі записуються в журнал.

Jira має велику кількість можливостей конфігурації: для кожної програми може бути визначений окремий тип завдання з власним workflow, набором статусів, одним або декількома видами уявлення (screens). Крім того, за допомогою так званих «схем» можна визначити для кожного індивідуального Jira-проекту власні права доступу, поведінку і видимість полів і багато іншого.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Завдяки універсальному підходу можна пристосувати Jira для багатьох непрофільних завдань, наприклад, керування вимогами, керування ризиками, аж до реалізації невеликої системи бронювання, автоматизації процесу рекрутингу.

Для інтеграції з зовнішніми системами підтримує інтерфейси SOAP, XML-RPC і REST. Поставляється із засобами інтеграції з такими системами управління версіями, як Subversion, CVS, Git, Clearcase, Team Foundation Server, Mercurial і Perforce.

Існують доповнення, що дозволяють вбудувати Jira в інтегровані середовища розробки, в тому числі Eclipse і IntelliJ IDEA. Перекладена багатьма мовами, включаючи російську, англійську, японську, німецьку, французьку, іспанську.

Для сторонніх розробників надаються кошти розробки розширень системи – плагінів. Розробники розширень можуть викладати плагіни для продажу на спеціальний розділ сайту Atlassian.

Є комерційним продуктом, який може бути ліцензований для роботи на локальному сервері або доступний в якості віддаленого додатки. Ціноутворення залежить від максимального числа користувачів, при цьому близько \$50 за користувача для локального і \$7 на місяць за користувача для віддаленого доступу є типовими цінами.

Для академічних і комерційних клієнтів доступний повний вихідний код під ліцензією розробника.

Для проектів з відкритим вихідним кодом Atlassian надає спеціальну безкоштовну ліцензію при дотриманні наступних правил:

- проект використовує ліцензії, схвалені Open Source Initiative;
- Вихідний код проекту доступний для скачування;
- у проекту є публічно доступна веб-сайт;
- програмне забезпечення від Atlassian є на веб-сайті проекту.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту розробленого програмного забезпечення запропоновано використовувати алгоритм RC5, який являє собою блоковий шифр із безліччю параметрів: розміром блоку, розміром ключа й числом раундів. В алгоритмі RC5 передбачені три операції: XOR, додавання й циклічні зрушення. На більшості процесорів операції циклічного зрушення виконуються за постійний час, змінні циклічні зрушення являють собою нелінійну функцію. Циклічні зрушення залежать як від ключа, так і від даних.

В RC5 використовується блок змінної довжини, але в приводиться прикладі, що буде розглянутий, 64-бітовий блок даних.

Шифрування використовує $2r+2$ залежних від ключа 32-бітових слів – $S_0, S_1, S_2, \dots, S_{2r+1}$ – де r – число раундів. Для шифрування спочатку потрібно розділити блок відкритого тексту на два 32-бітових слова: A и B .

При впакуванні байтів у слова в алгоритмі RC5 дотримується угода про прямий порядок (little-endian) байтів: перший байт займає молодші біти регістра A й т. ін.

Потім:

$$A = A + S_0$$

$$B = B + S_0$$

Для i від 1 до r :

$$A = ((A \oplus B) \lll B) + S_{2i}$$

$$B = ((B \oplus A) \lll A) + S_{2i+1}$$

Вихід перебуває в регістрах A и B .

Розшифрування теж нескладно. Потрібно розбити блок відкритого тексту на два слова, A й B , а потім:

Для i від r до 1 із кроком -1:

$$B = ((B - S_{2i+1}) \ggg A) \oplus A$$

$$A = ((A - S_{2i}) \ggg B) \oplus B$$

$$B = B - S_i$$

$$A = A - S_0$$

Символом «>>>» позначене циклічне зрушення вправо. Звичайно ж, всі додавання й вирахування виконуються по модулю 2^{32} .

Створення масиву ключів складніше, але теж прямолінійно.

Спочатку байти ключа копіюються в масив L із 32-бітових слів, доповнюючи при необхідності заключне слово нулями.

Потім масив S ініціалізується за допомогою лінійного конгруентного генератора по модулю 2^{32} :

$$S_0 = P$$

Для i від 1 до $2(r+1) - 1$:

$$S_i = (S_{i-1} + Q) \bmod 2^{32}$$

де $P = 0xb7e15163$ і $Q = 0x9e3779b9$.

Нарешті, потрібно підставити L в S :

$$i = j = 0$$

$$A = B = 0$$

Виконати $3n$ раз (де n – максимум від $2(r+1)$ і c):

$$A = S_i = (S_i + A + B) \lll 3$$

$$B = L_i = (L_i + A + B) \lll (A + B)$$

$$i = (i + 1) \bmod 2(r+1)$$

$$j = (j + 1) \bmod c$$

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Розглянемо розроблене ПЗ бібліотеки управління частотними перетворювачами роботизованих систем яке зображено на рисунку 5.1. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Навігаційне меню: Дані; Команди; Налаштування; Довідка.
- Розділу обрання частоти оновлення.
- Розділу виведення результату роботи системи.
- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.
- Функціональних кнопок ПЗ.
- Для більш детального розкриття функцій необхідно вибрати відповідну функцію, та у впливаючому вікні провести необхідні дії.

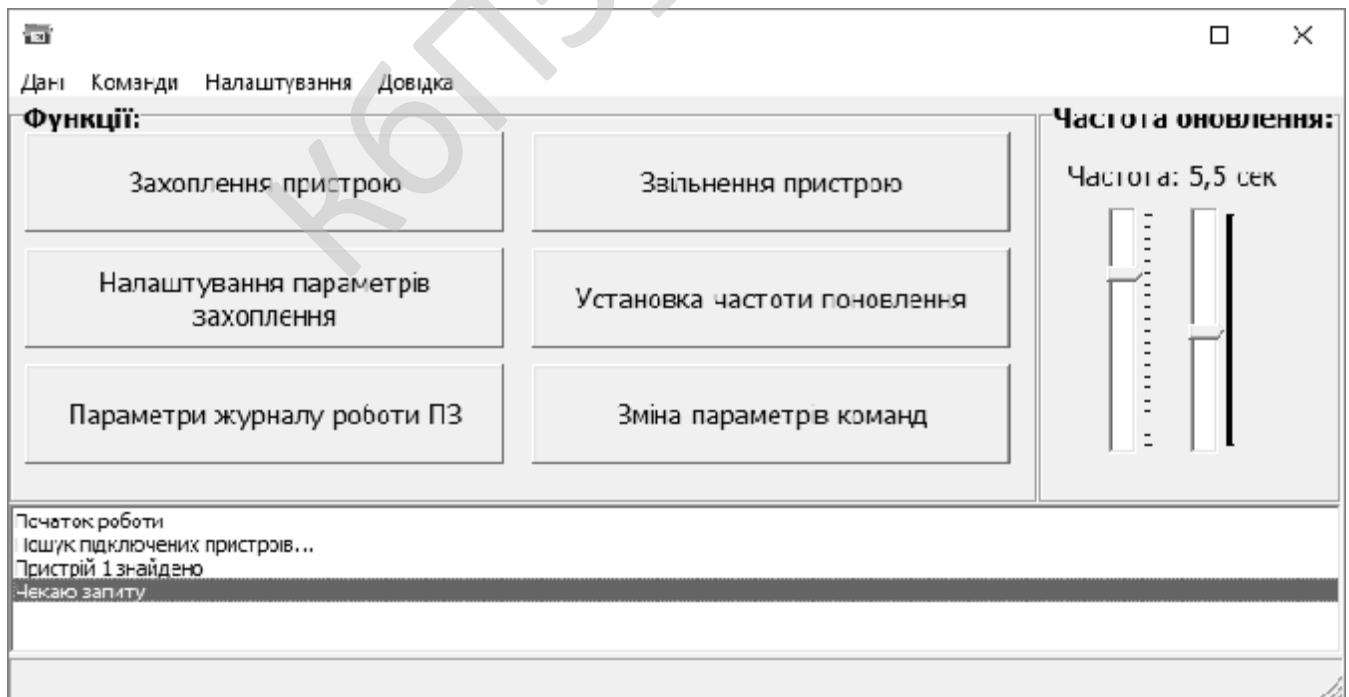


Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

Розроблена програма має дуже простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий.

Якщо програма не видала ніяких помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

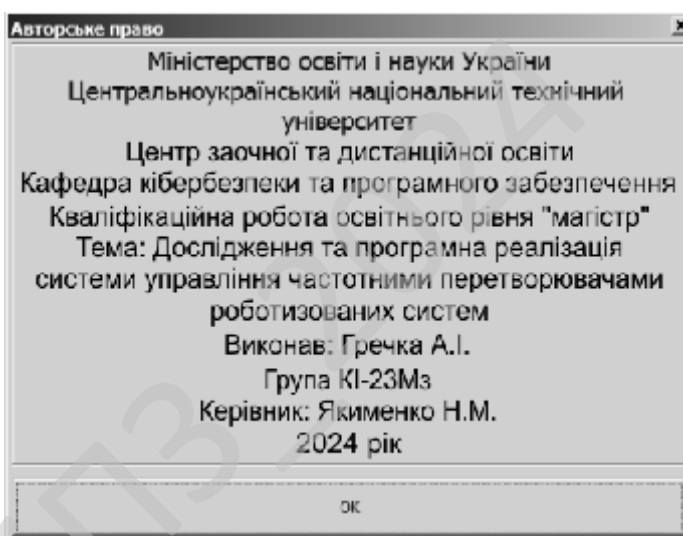


Рисунок 5.2 – Авторське право

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

Тестування включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування програмних складових з метою їх оцінки.

Проводилась оцінка:

- відповідності поставленим вимогам;
- правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;
- виконання функцій за прийнятний час;

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

- практичність;
- сумісність з ОС та стороннім ПЗ.

Оскільки число можливих тестів для програмних компонент практично нескінченне, тому стратегія тестування полягала в тому, щоб провести всі можливі тести з урахуванням наявного часу та ресурсів.

Як результат ПЗ тестувалось стандартним виконанням програми з метою виявлення помилок або інших дефектів.

Проводилось тестування форматом чорної скриньки. Основне місце програми тестів «чорної скриньки» – інтерфейс ПЗ. Відомі: функції програми. Досліджується: робота кожної функції на всій області визначення.

Ці тести демонструють:

- Як виконуються функції програми.
- Як приймаються вихідні дані.
- Як виробляються результати.
- Як зберігається цілісність зовнішньої інформації.

При тестуванні «чорної скриньки» розглядаються системні характеристики програм, ігнорується їхня внутрішня логічна структура. Вичерпне тестування, як правило, неможливе.

Наприклад, якщо в програмі 10 вхідних величин і кожна приймає по 10 значень, то кількість тестових варіантів становитиме 10^{10} . Тестування «чорної скриньки» не реагує на багато особливостей програмних помилок.

Тестування «чорної скриньки» (функціональне тестування) дозволяє отримати комбінації вхідних даних, які забезпечують повну перевірку всіх функціональних вимог до програми.

Програмний виріб тут розглядається як «чорна скринька», чию поведінку можна визначити тільки дослідженням його входів та відповідних виходів. При такому підході бажано мати:

- Набір, утворений такими вхідними даними, які призводять до аномалій у поведінці програми (назвемо його ІТс).

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

завантаження файлів через Інтернет або за носій (CD диск, флешку, ключ). Протягом певного терміну, що становить зазвичай тридцять днів, він може користуватися програмою, тестувати її, освоювати її можливості.

Якщо після закінчення цього терміну користувач вирішить продовжити використання ПЗ, він зобов'язаний купити його (zareєstrуватися), заплативши авторіві певну суму.

В іншому випадку користувач повинен припинити використання ПЗ та видалити його зі свого комп'ютера.

КБПЗ_2024

					VKPM-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Об'єктом дослідження є процес управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Предметом дослідження є методи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Методи дослідження базуються на методах систем автоматизованого управління, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

– Удосконалено метод управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

– Розроблено вітчизняний продукт управління частотними перетворювачами роботизованих систем, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

7 ДАНІ ПРО ЕКОНОМІЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБЛЕНОЇ ПРОГРАМИ

7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати дослідження та програмної реалізації системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем можуть зацікавити велику кількість категорій фахівців та організацій (рисунок 7.1).

Інженери та розробники автоматизованих систем	<ul style="list-style-type: none"> • Спеціалісти з проектування та впровадження систем автоматизації виробничих процесів. • Розробники індустріальних роботів, які використовують частотні перетворювачі для точного управління приводами.
Виробники роботизованих систем	<ul style="list-style-type: none"> • Компанії, що створюють промислові роботи, CNC-станки, транспортні роботи та інше автоматизоване обладнання. • Організації, що спеціалізуються на виробництві обладнання для розумних заводів (Smart Factories).
Науково-дослідні установи та університети	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторії, які займаються дослідженнями в галузі мехатроніки, робототехніки та систем керування. • Викладачі та студенти технічних спеціальностей для використання у навчальних або наукових проєктах.
Компанії з енергетичної ефективності	<ul style="list-style-type: none"> • Організації, які впроваджують рішення для оптимізації енергоспоживання в промислових системах. • Енергетичні аудиторські компанії.
Сфери промисловості	<ul style="list-style-type: none"> • Машинобудування, металургія, хімічна та харчова промисловість, де використовуються автоматизовані системи з частотними перетворювачами.
Розробники ПЗ та інтегратори	<ul style="list-style-type: none"> • Компанії, що займаються створенням програмного забезпечення для управління промисловими об'єктами, включно з системами SCADA, HMI та IoT-рішеннями.
Стартапи та інноваційні підприємства	<ul style="list-style-type: none"> • Проєкти, що працюють над створенням або вдосконаленням роботизованих систем, зокрема для аграрного сектору, логістики, медицини тощо.
Державні та приватні організації, зацікавлені в інноваціях	<ul style="list-style-type: none"> • Агентства, що фінансують інноваційні дослідження та розробки, а також інкубатори стартапів.

Рисунок 7.1 – Цільова аудиторія

Крім того, такі розробки можуть бути корисні в контексті розробки стандартів і нормативів для роботизованих систем та управління їх енергоспоживанням.

7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Оцінка привабливості програмної реалізації системи управління частотними перетворювачами за допомогою методів експертних оцінок проводиться в декілька етапів.

Формулювання задачі та цілі - оцінити привабливість програмної реалізації системи управління частотними перетворювачами для впровадження в роботизовані системи на основі таких критеріїв (рисунок 7.2).

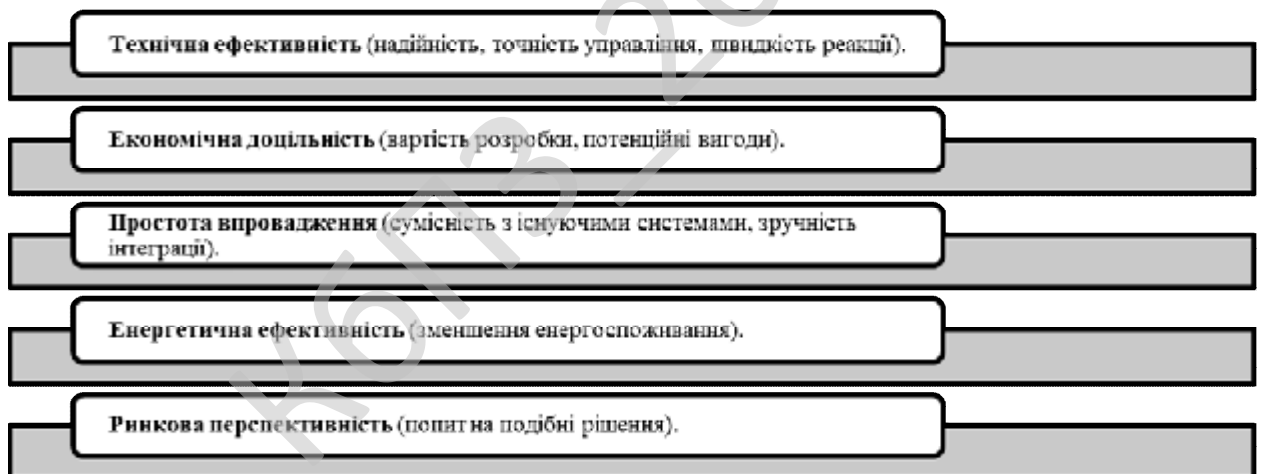


Рисунок 7.2 – Критерії експертної оцінки

Далі для оцінки залучаються експерти з різних галузей: інженери-розробники (2 особи), економісти (1 особа), фахівці з робототехніки (2 особи), представники бізнесу (1 особа).

Експерти визначають важливість кожного критерію (сума ваг дорівнює 1): технічна ефективність 0.3, економічна доцільність 0.2, простота впровадження 0.2, енергетична ефективність 0.2, ринкова перспективність 0.14.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Кожен експерт оцінює програму за п'ятибальною шкалою (1 — низький рівень, 5 — високий). Та обраховуємо середнє значення оцінок для кожного критерію.

Результати оцінювання зводимо до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Зведені результати експертних оцінок

Експерт	Технічна ефективність	Економічна доцільність	Простота впровадження	Енергетична ефективність	Ринкова перспективність
1	5	4	4	5	3
2	4	4	3	4	4
3	5	5	4	4	4
4	4	3	5	5	3
5	5	4	5	5	4
Середня оцінка	4,6	4,0	4,2	4,6	3,6

Кінцевим етапом є обчислення інтегральної оцінки = $(0.3 \cdot 4.6) + (0.2 \cdot 4.0) + (0.2 \cdot 4.2) + (0.2 \cdot 4.6) + (0.1 \cdot 3.6) = 4.34$.

Отриманий результат (4.34) свідчить про високу привабливість програмної реалізації. Найвищу оцінку отримали критерії «Технічна ефективність» та «Енергетична ефективність», що вказує на технічну якість рішення. Проте «Ринкова перспективність» отримала відносно низький бал, що може свідчити про необхідність маркетингових досліджень.

7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Для програмної реалізації системи управління частотними перетворювачами, що є інноваційним і технічно складним проектом, доцільно використати комбінований підхід: перевірте результат через метод аналогу, якщо

є дані про схожі проекти, та застосуйте експертну оцінку, щоб врахувати ризики та уточнити деталі.

<p>Метод аналогу, коли цінка базується на вартості аналогічних проектів.</p>	<p>Експертна оцінка базується на знаннях і досвіді фахівців.</p>
<p>• Переваги: Швидкий і простий метод, якщо є дані про схожі проекти. Ефективний на ранніх етапах розробки, коли доступно мало деталей.</p> <p>• Як використовувати: Знайдіть аналогічні проекти з відомою вартістю. Скорегуйте вартість з урахуванням відмінностей (обсяг роботи, технології, рівень складності).</p>	<p>• Переваги: Простота і швидкість. Підходить для малих і середніх проектів або якщо доступно мало даних.</p> <p>• Як використовувати: Задучіть кількох експертів з програмування, робототехніки та економіки. Проведіть обговорення та узгодьте спільну оцінку витрат.</p>

Рисунок 7.3 – Рекомендовані методи оцінки вартості ПЗ

7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості

Розрахуємо економічну ефективність від впровадження системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем із орієнтовною вартістю електроенергії 10 грн/кВт·год для підприємств.

Таблиця 7.2 – Основні показники впровадження проекту

Вихідні дані	
Обладнання: виробнича лінія з 10 роботизованими маніпуляторами. Тривалість роботи: 3 зміни по 8 годин, 300 днів на рік. Вартість електроенергії: 10 грн/кВт·год.	Поточне споживання енергії: 50 кВт·год/змiana для одного маніпулятора. Очікуване зниження енергоспоживання після впровадження: 30%. Вартість впровадження нової системи: 500 000 грн.
Розрахунок економічної ефективності	
Поточне споживання енергії Загальне споживання за рік: $E = 10 \times 50 \text{ кВт/год} \times 3 \text{ зміни} \times 300 \text{ днів} = 450000 \text{ кВт/год/рік}.$	Витрати на електроенергію до впровадження: $C = 450000 \text{ кВт/год} \times 10 \text{ грн/кВт/год} = 4500000 \text{ грн/рік}.$

Очікуване споживання після впровадження	
Зниження енергоспоживання на 30%: $E_{new} = 450000 \text{ кВт/год/рік} \times (1 - 0.3) =$ $= 315000 \text{ кВт/год/рік.}$	Витрати на електроенергію після впровадження: $S_{new} = 315000 \text{ кВт/год} \times 10 \text{ грн/кВт/год} =$ $= 3150000 \text{ грн/рік.}$
Річна економія	
$S_{new} = 315000 \text{ кВт/год} \times 10 \text{ грн/кВт/год} =$ $= 3150000 \text{ грн/рік.}$	$\Delta C = 4500000 \text{ грн/рік} - 3150000 \text{ грн/рік} =$ $= 1350000 \text{ грн/рік.}$
Період окупності $1350000 \text{ грн/рік} / 5000000 \text{ грн} \approx 0.37 \text{ року}$	Додаткові вигоди (непрямі економічні ефекти): Зменшення зносу обладнання завдяки плавному запуску та роботі двигунів. Зниження витрат на технічне обслуговування. Покращення стабільності роботи системи.

При такій вартості електроенергії економія значно зростає: річна економія становить 1 350 000 грн/рік, період окупності системи — менше 5 місяців. Це робить впровадження надзвичайно вигідним, особливо для виробництв із високим рівнем енергоспоживання.

7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ

Алгоритм просування проєкту програмної реалізації системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем схематично подано на рисунку 7.4.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83



Рисунок 7.4 – Алгоритм просування проєкту

Цей алгоритм дозволяє поетапно розвивати проєкт: від аналізу ринку до масштабування. Ключовими факторами успіху є демонстрація реальної економії, активна взаємодія з клієнтами та ефективний маркетинг.

7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Оптимізації каналів збуту та шляхів реалізації проєкту програмної реалізації системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем наведені на рисунку 7.5.



Рисунок 7.5 – Шляхи оптимізації каналів збуту

Успіх проекту залежить від технічної досконалості, економічної вигоди для клієнтів, ефективного маркетингу, орієнтованості на клієнтів, налагодження партнерств і високого рівня управління проектом. Постійний розвиток і адаптація до змін на ринку також є критичними для довгострокового успіху.

КБПЗ – 2024

8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

8.1. Вступ

Згідно із Законом України про охорону праці, маємо визначення: "Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці", тож в рамках цього визначення маємо, що техніка безпеки - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних та санітарно-гігієнічних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя та здоров'я людини під час її трудової діяльності, тобто це низка заходів по створенню безпечних умов виробництва для працівників під час виконання ними своїх трудових обов'язків, а отже, відповідно державна політика України спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Основою державної політики в цьому питанні є:

- пріоритет життя і здоров'я працівників, повна відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництва, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексне розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- соціальний захист працівників (повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань);

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

- адаптація трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;

- пріоритет у використанні економічних методів управління охороною праці (участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству);

- інформування населення та проведення навчання (постійні професійні підготовки і підвищення кваліфікації працівників) з питань охорони праці;

- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці,

- організація співробітництва між роботодавцями та працівниками (їх представниками); між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

- світовий досвід у організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Робочим інструментом в ІТ-сфері, що є однією з найбільш перспективних галузей економіки, є її комп'ютер з наявним на ньому програмним забезпеченням. Базовими основоположними законодавчими актами по охороні праці при роботі з ПК в Україні є НПАОП 0.00-7.15-18 "Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями", ДСанПіН 3.3.2.007-98 "Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин" та ДСТУ 8604:2015 "Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги", які призначені для запобігання впливу на працівників шкідливих і небезпечних факторів. До загально правової бази, що регулюють

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

нормативно-правові положення з техніки безпеки (й для в ІТ-сфері в тому числі), відносяться Інструкції з охорони праці при роботі з електронно-обчислювальними машинами, в яких протокольно описано поведження під час штатних робіт та в аварійних ситуаціях, основним призначенням яких є запобігання наслідків (зменшення або повне їх усунення) небезпек, що пов'язані з виробничою діяльністю.

8.2. Шкідливі і небезпечні фактори при роботі з комп'ютером

Якщо послуговуватися класифікацією небезпечних й шкідливих виробничих факторів при роботі на комп'ютері по природі їх виникнення, а отже поділивши їх на наступні групи: фізичні, хімічні, психофізіологічні, біологічні, то до фізичних можемо віднести:

- підвищену й знижену температуру повітря;
- підвищену й знижену вологість повітря;
- недостатню освітленість робочого місця;
- перевищуючі припустимі норми шуму;
- підвищений рівень іонізуючого випромінювання;
- підвищений рівень електромагнітних полів;
- підвищений рівень статичної електрики;
- небезпеку враження електричним струмом;
- бляклість екрана дисплея;

до хімічних можемо віднести:.

- виникнення, у результаті іонізації повітря при роботі комп'ютера, активних часток;

до психофізіологічних можемо віднести:

- розумова напруга;
- втрата реальності;
- виникнення залежності;

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

- нервово-емоційні перевантаження;

- перенапруга зорового аналізатора;

до біологічних можемо віднести:

- бактеріологічну небезпеку, пов'язану з наявністю місць із сприятливим середовищем їх розмноженням (наприклад клавіатура).

8.3 Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста

Проаналізуємо умови праці у приміщенні, в якому працюють програмісти.

Геометричні розміри приміщення наведено у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 - Розміри приміщення

Найменування	Значення, м
Ширина	4
Довжина	5
Висота	3

Таблиця 8.2 - Площа та обсяг приміщення, на одного працюючого*

Геометрична характеристика	Одиниця виміру	Нормативне значення*	Фактичне значення
Площа, S	м ²	Не менше 6.0	6,67
Об'єм, V	м ³	Не менше 20.0	20

* Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 (Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин).

У зазначеному приміщенні працюють троє людей. За даними, які наведено у табл. 8.1, та табл. 8.2, можна зробити висновок, що площа та об'єм приміщення з розрахунку на одне робоче місце програміста не відповідають нормативним вимогам ДСанПіН 3.3.2-007-98 "Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин" [42] але відповідають нормативним вимогам Наказу Міністерства соціальної політики України № 207, від 14.02.2018 "Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями" [42] та НПАОП 0.00-7.15-18 "Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями". Таким чином, можна зробити висновок, що санітарно-гігієнічні умови праці на робочому місці програміста відповідають вимогам.

Температура повітря в приміщенні визначається впливом температури зовнішнього повітря і тепловою енергією, яка виділяється всередині приміщення. Джерелами виділення теплоти в даному приміщенні є електроустаткування, освітлювальні прилади, а також люди. У світлий час доби джерелом надлишкового тепла є сонячна радіація. Згідно

Постанови № 42 від 01.12.1999 Головного державного санітарного лікаря України, робота, виконувана в даному приміщенні, відноситься до категорії Ia. В цьому випадку людина витрачає енергії до 120 ккал у годину. Вологість повітря в приміщенні визначається впливом багатьох факторів, серед яких: вологість атмосферного повітря, виділення вологи людьми (при диханні та випарами з поверхні шкіри).

Мікроклімат повітряного середовища в приміщенні характеризується запиленістю та загазованістю повітря. Мікроклімат приміщення визначається діючим на організм людини поєднанням, вологості, температури, швидкості руху повітря та інтенсивності теплового випромінювання. Аналіз мікроклімату складається з визначення зазначених вище факторів і порівняння результатів із встановленими нормами.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

У таблиці 8.3 наведено оптимальні та фактичні значення параметрів мікроклімату як для категорії ваги робіт Ia, так і розглянутого приміщення. У приміщеннях, де встановлено ЕОМ, рекомендується застосування тільки оптимальних значень показників мікроклімату.

Таблиця 8.3 - Оптимальні і фактичні значення параметрів мікроклімату

Пора року	Оптимальні для Ia			Фактичні		
	Температура, °C	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура, °C	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодна	22-24	40-60	0,1	22-23	40-55	0,11
Тепла	23-25	50-70	0,1	24-25	50-65	0,17

Проведений аналіз показує, що показники мікроклімату в приміщенні відповідають установленим нормам. Штучне опалення застосовується у холодний період року.

В літню пору застосовується кондиціонер.

Для боротьби з пилом робляться регулярні провітрювання та вологі прибирання приміщенні.

У приміщенні знаходяться наступні джерела шуму: принтер HP LaserJet Pro P1102, електродвигуни вентиляторів ЕОМ.

Одним з найважливіших факторів, які впливають на ефективність трудової діяльності людини та попереджають травматизм і професійні захворювання програмістів, є освітлення на робочому місці.

З 2019 року діють Державні будівельні норми України ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення", у яких прописані вимоги до використання всіх освітлювальних приладів, у т.ч. світлодіодних.

Працю працівника, який постійно працює за комп'ютером, згідно ДБН В.2.5-28:2018, можна віднести до роботи з малою точністю (найменший розмір об'єкта розрізнення від 1 до 5 мм) V-го розряду зорової роботи, з великою

контрастністю об'єкта розрізнення (символів на екрані дисплея), з темним тлом (під розряд зорової роботи В). Приміщення можна віднести до 1-ої групи приміщень, у яких проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору того, що працює на робочу поверхню. Для такого типу приміщень і розряду зорової роботи нормоване значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) робочої поверхні (при поєднаному, спільному освітленні), повинен становити не більше 1,5%, освітленість при штучному висвітленні повинна становити 300 Лк. Крім того, все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно - це основна гігієнічна вимога. Так, як яскраве світло на ділянці периферійного зору значно збільшує напруженість очей і, як наслідок, призводить до їх швидкої стомлюваності, ступінь освітлення приміщення і яскравість екрану комп'ютера повинні бути приблизно однаковими.

8.4. Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

Згідно аналізу умов праці в розглянутому приміщенні, ми одержали наступні результати:

- розміри приміщення, у розрахунку на одному працюючого, відповідають нормативам;
- мікроклімат відповідає нормативному значенню;
- акустичні умови роботи не перевищують нормативних значень;

Таким чином, можна припустити, що основною причиною зниження працездатності програміста є психофізіологічний фактор, тому основна пропозиція буде така: дотримання позитивної психологічної атмосфери в колективі та регламентованого режиму праці й відпочинку, організація робочого місця з урахуванням ергономічних вимог.

Рекомендовані заходи: регулярні періодичні наочні огляди персоналом шляхів для евакуації людей із приміщення, відповідно до плану евакуації (який повинен розташовуватись на видному місці у приміщенні), включення до

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

колективного договору мінімально можливого вмісту аптечок з обов'язковою наявністю масок-клапанів, або іншого спорядження для штучного дихання. Регулярна періодична перевірка параметрів заземлення та занулення (вимірювання опору ланцюга).

Регулярне наочне знайомство персоналу із шляхами для евакуації людей із приміщення, відповідно до плану евакуації, забезпечення розподільних щитів спеціальними розетками із заземлюючими контактами; організація заземлення всіх приладів і пристроїв, які працюють при напрузі вище 36 В.

Так, як при ураженні електричним струмом у людини може статися фібриляція шлуночків серця, в організації бажано мати дефібрилятор і підготовлений персонал для роботи з ним.

8.5 Розрахункова частина

Завдання: Розрахувати час для евакуації людей із виробничих приміщень.

Вхідні дані:

Виробниче приміщення, яке за вибухопожежною та пожежною небезпекою належить до категорії В, розташоване в одноповерховій будівлі зі ступенем вогнетривкості І. Один центральний поздовжній проїзд шириною 3 м та два поперечних проходи шириною 1 м поділяють приміщення на дві ділянки. З одного боку проїзду встановлено ворота з дверима для проходу людей, які в умовах вимушеної евакуації відіграють роль евакуаційного виходу. У найчисленнішій зміні працює 150 працівників.

Визначити відповідність заходів евакуації людей із виробничого приміщення встановленим нормам пожежної безпеки та розрахувати можливий час евакуації.

кількість працівників у найчисленнішій зміні — 150;

довжина цеху $a = 50$ м;

ширина цеху $b = 20$ м;

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

висота цеху $h = 3$ м.

Кількість працівників, які можуть опинитися в цеху у службових справах, становить 20 % загальної кількості працівників.

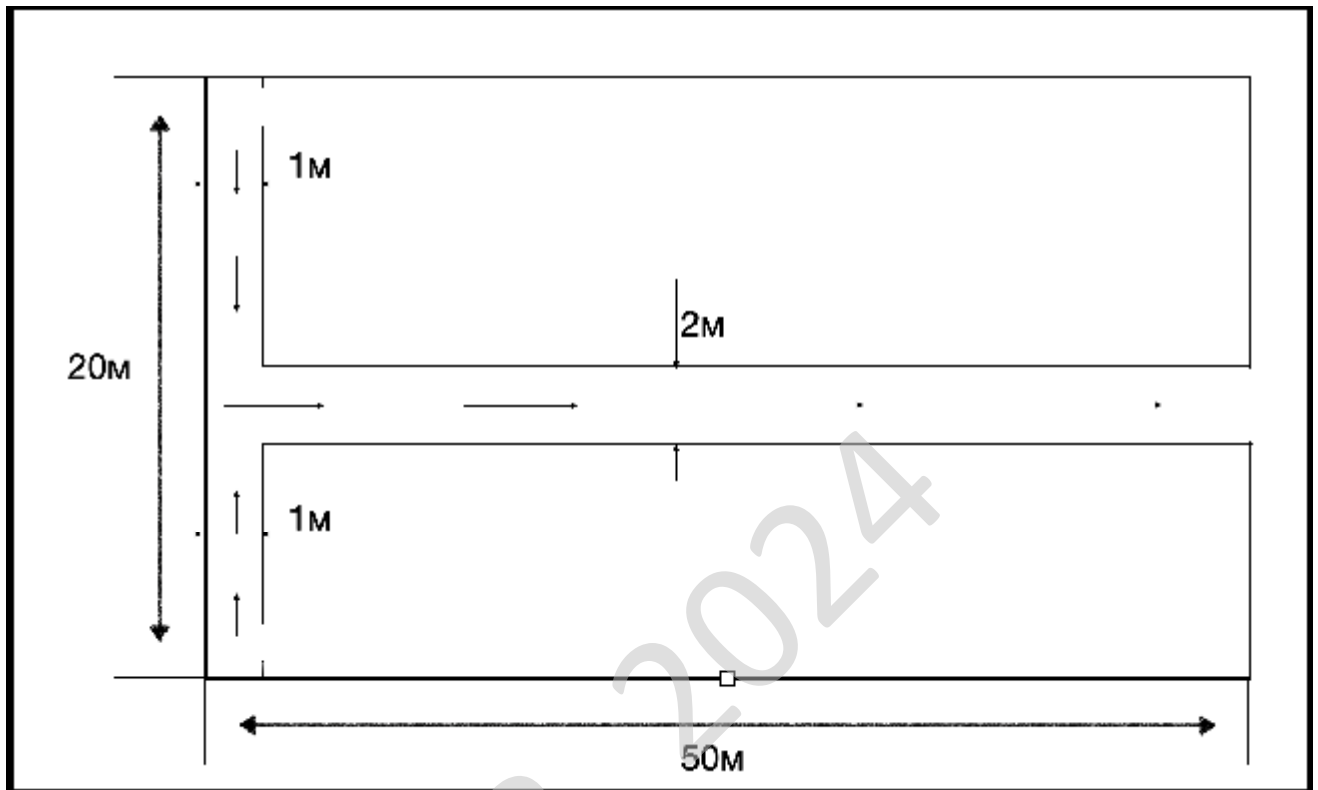


Рисунок 8.1 - Евакуаційний план

Виконаємо розрахунок.

1. Визначаємо загальну кількість працівників, які можуть перебувати в цеху:

$$150 + 0,2 \cdot 150 = 180.$$

2. Оскільки прохід один то на вихід припадає 180 працівників.

3. Найвіддаленішими від евакуаційних виходів є робочі місця, відстані від яких до евакуаційних виходів однакові й становлять 60 м (10 + 50).

4. Перевіримо, чи відповідає це значення нормативним даним, регламентованим СНиП 2.09.02-85. Для цього визначимо щільність людського потоку в загальних проходах Z . Оскільки на проходи припадає 180 працівників, а

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

їх площа від робочих місць $S = 10 \cdot 1 \cdot 2 + 50 \cdot 2 = 120 \text{ м}^2$, щільність людського потоку становитиме

$$Z = \frac{N}{S} = \frac{180}{120} \approx 2,0 \text{ працівника/м}^2$$

Відповідно до СНиП 2.09.02-85 максимально допустима відстань від найвіддаленішого робочого місця до евакуаційного виходу з приміщення категорії В та вогнетривкості І, при такому значенні Z та об'ємі цеху 1000 м^3 становить 60 м . У даному випадку ця вимога дотримується.

5. Визначимо необхідну ширину евакуаційного виходу, якщо відомо, що нормована кількість працівників на 1 м ширини такого виходу приміщення категорії В та вогнетривкості І становить 110 , а на вихід припадає 180 працівників: $B = 180/110 = 1,63 \text{ м}$; це відповідає вимозі, тому що ширина воріт, яка дорівнює ширині проїзду, становить 2 м .

6. Визначимо розрахунковий час евакуації з виробничого приміщення тевак. розр, урахувавши, що він буде однаковий для обох ділянок. Таким чином,

$$t_{\text{евак. розр}} = t_1 + t_2,$$

де t_1, t_2 — час евакуації працівників ділянок відповідно проходом і проїздом до виходу, хв.

7. Визначимо щільність людського потоку у проході та проїзді виробничого приміщення за формулою:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} = \frac{(180/2) \cdot 0,125}{10 \cdot 1} = 1,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

$$D_2 = \frac{N_2 \cdot f}{l_2 \cdot \delta_2} = \frac{180 \cdot 0,125}{50 \cdot 2} = 0,23 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

За одержаними значеннями визначаємо швидкість людського потоку у проході ($v_1 = 15 \text{ м/хв}$) та проїзді цеху ($v_2 = 60 \text{ м/хв}$).

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{10}{15} = 0,66$$

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{50}{60} = 0,83$$

$$t_{\text{свак. розр.}} = t_1 + t_2 = 0,66 + 0,83 = 1,49 \text{ (хв.)}$$

Таким чином, розрахунковий час евакуації працівників із виробничого приміщення становить близько 1,5 хв.

8.6. Висновки до розділу

Дотримання всіх необхідних умов праці не лише сприяє збереженню здоров'я працівників, а також підвищує ефективність виробництва в цілому.

З цих міркувань було здійснено аналіз умов праці, призначеного для праці програмістів, проведено розгляд небезпечних та шкідливих факторів, що негативно впливають на програмістів під час роботи. Виконано розрахунок штучного освітлення, як одного з ключових факторів впливу на працездатність та здоров'я програміста. Розроблено заходи з охорони праці.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, призначено для системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем управління частотними перетворювачами роботизованих систем.
- Досліджена система управління частотними перетворювачами роботизованих систем.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована в середовищі Builder C++. Дане середовище дозволяє найбільш ефективно обробляти дані. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows XP/Vista/7/8/10.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм RC5.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

Проведено маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту, що дозволило визначити ключові фактори успіху даного проєкту.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гречка А.І. Дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Вип. 14. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024.
2. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%B%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD.
3. Adam Freeman. Pro Go The Complete Guide to Programming Reliable and Efficient Software Using Golang. Apress Media. 2022. 1078 p.
4. Fernando Doglio. Skills of a Successful Software Engineer. Manning. 2022. 182 p.
5. M. Holmes He. Creating Apps with React Native. Apress Media. 2022. 445 p.
6. Maurício Aniche. Effective Software Testing. Manning Publications. 2021. 372 p.
7. Priscila Heller. Automating Workflows with GitHub Actions. Packt Publishing. 2021. 216 p.
8. Nathan Metzler. Kotlin Programming for Beginners. Independently published. 2021. 158 p.
9. Aaron Torres. Go Programming Cookbook Second Edition. Packt Publishing Ltd. 2019. 427 p.
10. Мелешко Є.В., Якименко М.С., Поліщук Л.І. Алгоритми та структури даних: Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей денної та заочної форми навчання. – Кропивницький: Видавець – Лисенко В.Ф., 2019. – 156 с.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

11. Knuth D. The Art of Computer Programming, Vol. 1: Fundamental Algorithms, 3rd Edition 3rd Edition. – Addison-Wesley Professional, 2019. – 672 p.
12. Knuth D. The Art of Computer Programming, Vol. 2: Seminumerical Algorithms 3rd Edition, Kindle Edition. – Addison-Wesley Professional, 2019. – 672 p.
13. Knuth D. The Art of Computer Programming: Vol. 3: Sorting and Searching 2nd Edition, Kindle Edition. – Addison-Wesley Professional, 2019. – 800 p.
14. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L., Stein C. Introduction to Algorithms, 3rd Edition (The MIT Press) 3rd Edition – The MIT Press, 2019. – 1292 p.
15. Smirnov O., Fedorov E., Neskorođieva A., Neskorođieva T. «Intellectual Classification method of Gymnastic Elements Based on Combinations of Descriptive and Generative Approache». CEUR Workshop Proceedings Volume 3664, 2024, Pages 11-23.
16. Malyukov V., Bebishko B., Lakhno V., Smirnov O., Malyukova I., Mohylnyi H. «Managing the Purchase-Sale Process of Digital Currencies Under Fuzzy Conditions». Lecture Notes in Networks and Systems, 2023, 729 LNNS, pp. 104–112.
17. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». Advanced Information Systems, 2023, 7(2), pp. 49-56.
18. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchев, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.
19. Smirnov, O., Karapetyan, A., Fedorov, E., «Creating Neural Network and Single Solution Human-Based Metaheuristic Methods of Solving the Traveling Salesman Problem». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3312, 2022, pp. 47-58.
20. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». Communications in Computer and Information Science, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

21. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247-256.

22. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

23. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.

24. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.

25. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

26. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Stefanovych, O., Gorbenko, Y., Krasnobaev, V., Kuznetsova K. «Information Hiding Using 3D-Printing Technology», 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2019; Metz; France; 18-21 September 2019. P.701-706.

27. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2024. №3(23), С. 111-131.

28. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко А.С., Смірнов С.А., Буравченко К.О. «Дослідження вимог міжнародних стандартів IEC60880 та

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

ІЕС62138 з розробки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Системи управління, навігації та зв'язку, 2023, вип. 3(73), С. 155-166.

29. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2024. №3(23), С. 111-131.

30. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко О.В., Смірнов С.А., Коваленко А.С. «Дослідження нормативних документів та галузевих стандартів розробки програмного забезпечення комп'ютерних систем управління АЕС, важливих для безпеки». Системи управління, навігації та зв'язку, 2023, вип. 2(72), С. 170-178.

31. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». Сучасні інформаційні системи, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

32. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко О.В., Смірнов С.А. «Дослідження нормативної документації та стандартів розробки програмного забезпечення комп'ютерних систем управління АЕС, важливих для безпеки». VI міжнародна науково-практична конференція «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології», м. Кропивницький. 20-21 квітня 2023 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2023. – С. 35-36.

33. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). С. 43-62. 2020.

34. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova., K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).

35. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дресев О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Центральнотукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 184-194, 2019.

36. Смірнов О.А., Котелянець В.В. Стійкі до колізій стохастичні моделі функціонування безпроводових сенсорних мереж. Вісник інженерної академії України, №3, с. 145-152, 2018

37. O. Smirnov, O. Kovalenko, A. Kovalenko, S. Smirnov, V. Vialkova. The mathematical model of the testing technology for DOM XSS vulnerabilities. Scientific & practical cyber security journal (SPCSJ) Vol 2 Issue 1, 22-28 pp. [Электронный Журнал]. Georgia. Tbilisi: SCSA – 2018.

38. Oleksii Smirnov, Oleksandr Kovalenko, Jamil Al-Azzeh, Anna Kovalenko, Serhii Smirnov. Qualitative risk analysis of software development. Asian Journal of Information Technology. – Volume 17(3). – Medwell Journals. – 2018. – P. 218-230.

39. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Коваленко А.С., Смірнов С.А. Розробка методу передтестової компіляції й розподілу доступу. Збірник наукових праць III міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційна безпека та комп’ютерні технології”, м. Кропивницький. 19-20 квітня 2018р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2018. – С. 214-215

40. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Коваленко О.В., Коваленко А.С. Технологія тестування DOM XSS уразливості. Науково-практичний журнал кібер безпеки (SPCSJ) № 1. [Електронний журнал]. Грузія. Тбілісі: SCSA - 2017.

41. Смірнов О.А., Лисенко І.А. Інформаційна технологія проектування тестових наборів з урахуванням вимог до програмного забезпечення. Системи управління, навігації та зв'язку. – Випуск 4 (44). - Полтава: ПолтНТУ. - 2017. - С. 112-115.

42. Смірнов О.А., Лисенко І.А. Формалізація процесу проектування тестових наборів. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Випуск 3 (48). - Харків: ХУПС. - 2016. - С.96-100.

43. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Якименко Н.М., Доренський О.П. Метод кількісної оцінки ризиків розроблення програмного забезпечення. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Випуск 2 (47). - Харків: ХУПС. - 2016. - С. 128-133.

44. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Якименко Н.М., Доренський О.П. Метод якісного аналізу ризиків розроблення програмного забезпечення. Наука і техніка Збройних Сил України. – Випуск 2(23). - Харків: ХУПС. - 2016. - С. 150-158.

45. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Якименко Н.М., Доренський О.П. Проблеми аналізу та оцінки ризиків інформаційної діяльності. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 3 (140). - Х.: ХУПС - 2016. - С. 40-42.

46. Смірнов О.А., Коваленко А.С., Коваленко О.В., Доренський О.П. Удосконалення методу технічного обслуговування об'єктів інтегрованої інформаційної системи. Системи озброєння і військова техніка. – Випуск 2(46) – Х.: ХУПС – 2016. – С. 103-107.

47. Smirnov A.A., Kovalenko A.V. Kovalenko A.S., Dorensky A.P. Information model and its element for displaying information on technical condition of objects of integrated information system. International Journal of Computational Engineering Research (IJCER). – Volume 6, Issue 1. – India. Delhi. – 2016. – P. 21-27.

48. Смірнов О.А., Євсєєв С.П., Король О.Г., Коваленко О.В., Коваленко А.С., Смірнов С.А. Архітектура мікропроцесорів та компонентів ЕОМ. Навчальний посібник – Кіровоград: Вид. Лисенко В.Ф., 2015. – 550 с.

49. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Мелешко Є.В., Константинова Л.В., Кожанова А.С. Інженерія програмного забезпечення. Навчальний посібник. За ред. О.А. Смірнова. – Кіровоград: КНТУ 2013. – 409с.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

50. Смірнов О.А., Осадчий С.І., Мелешко Є.В., Іванов С.Г., Павленко М.А., Усачов О.М. Основи технічної експлуатації АСУ. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2013. – 322с.

51. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Кожанова А.С., Лешко О.Л., Константинова Л.В. Основи системного програмування. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2013. – 257с.

52. Смірнов О.А., Мелешко Є.В., Семенов С.Г. Методи та засоби обробки сигналів і даних в інформаційних системах. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2012. – 250 с.

КБПЗ – 2024

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

Додаток А
(обов'язковий)

Технічне завдання

Зміст

1 Найменування та область застосування.....	2
2 Підстава для розробки.....	2
3 Мета та призначення розробки.....	2
4 Джерела розробки.....	2
5 Технічні вимоги.....	2
5.1 Вміст проекту.....	2
5.2 Показники призначення.....	3
5.3 Вимоги до функціональних характеристик.....	3
5.4 Вимоги до архітектури.....	3
5.5 Вимоги до надійності.....	3
5.6 Умови експлуатації.....	4
5.7 Вимоги до складу та параметрів технічних засобів.....	4
5.8 Вимоги до інформаційної і програмної сумісності.....	4
5.8.1 Обладнання.....	4
5.8.2 Мова програмування.....	4
5.8.3 Вхідні дані.....	5
5.8.4 Вихідні дані.....	5
6 Вимоги до програмної документації.....	5
7 Економічні вимоги.....	5
8 Вимоги щодо охорони праці.....	5
9 Перелік документів, що розробляються.....	6
10 Етапи розробки.....	6
11 Порядок контролю та приймання.....	6

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ТЗ			
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Гречка А.І.				<i>Дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Якименко Н.М.					М	1	6
Н. Контр.	Коваленко А.С.				ЦНТУ КІ-23Мз			
Затв.	Смірнов О.А.							

1 Найменування та область застосування

Це технічне завдання розповсюджується на дослідження та програмну реалізацію системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

2 Підстава для розробки

Підставою для розробки служить завдання на випускню кваліфікаційну роботу за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, видане на кафедрі кібербезпеки та програмного забезпечення (нак. № 21-13 від 07.08.2024 року).

3 Мета та призначення розробки

Метою випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти є дослідження та програмна реалізація системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем.

4 Джерела розробки

Джерелом цієї випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти є стосовна до теми література і існуючі аналоги.

5 Технічні вимоги

5.1 Склад продукції

Складниками розробки є:

- вибір і обґрунтування методів реалізації проекту;
- розробка програмної частин системи, а також розробка взаємодії системи з ОС та з користувачем;

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- техніко-економічне обґрунтування доцільності прийнятого до розробки програмного забезпечення;
- аналіз умов праці;
- розробка програми, що реалізує спроектовані алгоритми роботи системи.

5.2 Показники призначення

Система повинна забезпечувати:

- програмну реалізацію системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем;
- цілісність даних у процесі роботи та при зберіганні;
- простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

5.3 Вимоги до функціональних характеристик

Розроблене програмне забезпечення не повинно мати обмежень на версію драйверів та операційної системи.

5.4 Вимоги до архітектури

Компонент, що розробляється повинен використовувати системні засоби та апаратні засоби, що на даному етапі розвитку обчислювальної техніки найбільше поширені.

5.5 Вимоги до надійності

Програмні модулі написані по всім правилам, які стосуються стандартних викликів процедур, функцій, методів і форм, визначених технічною документацією на середовище розробки.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		3

5.6 Умови експлуатації

Робочі місця користувачів ПЗ повинні задовольняти наступним умовам експлуатації:

- температура повітря: 19-20 град. по Цельсію;
- відносна вологість повітря до 80%;
- атмосферний тиск 107 кПа.

5.7 Вимоги до складу та параметрів технічних засобів

Програмне забезпечення повинно бути реалізоване на ПЕОМ, працювати в ОС Windows XP/Vista/7/8/10 і з сумісними з цією платформою пристроями і прикладним програмним забезпеченням.

5.8 Вимоги до інформаційної і програмної сумісності

Переносність програмного забезпечення повинна бути забезпечена за рахунок його реалізації стандартного інтерфейсу взаємодії з ОС, що працюють під управлінням ОС Windows XP/Vista/7/8/10.

5.8.1 Обладнання

Комп'ютер Intel® Celeron/8 Mb/1.2 Gb/SVGA 14" 1Mb або сумісні з ним.

5.8.2 Мова програмування

Середовище Builder C++.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		2

5.8.3 Вхідні дані

Опис алгоритму роботи запропонованої системи.

5.8.4 Вихідні дані

Робоча програма.

6 Вимоги до програмної документації

Програмна продукція повинна бути представлена у виді опису структури даних, схем та опису алгоритму, а також текстів вихідних модулів програмного забезпечення згідно ЄСПД .

7 Економічні вимоги

7.1 Для ПЗ необхідно виробити функціонально-вартісний аналіз варіантів розробки.

7.2 Виконати маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту з урахуванням цін на 3 вересня 2024 року.

8 Вимоги щодо охорони праці

В частині охорони праці випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти повинні бути розглянуті шкідливі і небезпечні фактори при роботі з комп'ютером, проведено аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста, розроблені заходи з поліпшення умов охорони праці.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		5

9 Перелік документів, що розробляються

- Наукова новизна – 1 аркуш.
- Структурна схема системи – 1 аркуш.
- Функціональна схема системи – 1 аркуш.
- Діаграма процесів – 1 аркуш.
- Блок-схема алгоритму роботи програми – 2 аркуша.
- Показники економічної ефективності – 1 аркуш.
- Пояснювальна записка – 106 аркушів.

10 Етапи розробки

10.1 Збір і обробка інформації по темі випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. Постановка задачі на виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти (складання ТЗ).

10.2 Проведення досліджень або експериментальних робіт для уточнення основних положень випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

10.3 Розробка функціональних схем, блок схем алгоритмів роботи програмного забезпечення.

10.4 Побудова схем взаємодії даних.

10.5 Створення прототипу ПЗ.

10.6 Віднаходження ПЗ, аналіз отриманих результатів.

10.7 Робота над питанням охорони праці і техніки безпеки.

10.8 Маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту.

10.9 Оформлення пояснювальної записки і виконання робіт по графічній частині.

11 Порядок контролю та приймання

11.1 Подання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти на попередній захист 02.12.2024 р.

11.2 Подання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти на захист 12.12.2024 р.

					ВКРМ-123.24.0002.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

Додаток Б
(обов'язковий)

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник випускної кваліфікаційної роботи за
другим (магістерським) рівнем вищої освіти

_____ Якименко Н.М.

*Дослідження та програмна реалізація
системи управління частотними перетворювачами роботизованих систем*

Лістинг програми

Код документу 12

Носій: CD/DVD-диск / USB-флеш-накопичувач

Загальна кількість аркушів: 13

Літера: РП

Кропивницький – 2024 року

Основна програма

Заголовок модуля Unit1.h

```
//-----
#ifndef Unit1H
#define Unit1H
//-----
#include <Classes.hpp>
#include <Controls.hpp>
#include <StdCtrls.hpp>
#include <Forms.hpp>
#include "comm.h"
#include <ExtCtrls.hpp>
#include "PERFGRAP.h"
#include <Chartfx3.hpp>
#include <OleCtrls.hpp>
#include <Chart.hpp>
#include <Series.hpp>
#include <TeEngine.hpp>
#include <TeeProcs.hpp>
#include <Dialogs.hpp>
#include <ComCtrls.hpp>
//-----
class TForm1 : public TForm
{
__published:      // IDE-managed Components
    TButton *Button1;
    TButton *Button2;
    TComboBox *ComboBox1;
    TPanel *Panel1;
    TButton *Button3;
    TColorDialog *ColorDialog1;
    TComboBox *ComboBox2;
    TTrackBar *TrackBar1;
    TEdit *Edit1;
    TLabel *Label1;
    TImage *Image1;
    void __fastcall Button1Click(TObject *Sender);
    void __fastcall Button2Click(TObject *Sender);
    void __fastcall FormCreate(TObject *Sender);
    void __fastcall Button3Click(TObject *Sender);
    void __fastcall TrackBar1Change(TObject *Sender);
private:          // User declarations
public:           // User declarations
    unsigned long P;
    TColor LineColor;
    __fastcall TForm1(TComponent* Owner);
    void UpdateGraph(unsigned char *BAZA,int LONG);
    //unsigned long __stdcall TForm1::MyFunc(void* M);
};
//-----
extern PACKAGE TForm1 *Form1;
//-----
#endif
```

Модуль основної програми Unit1.cpp

```
//-----
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
#include "comm.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma link "PERFGRAP"
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
unsigned long B[3];

//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}
//-----

unsigned long __stdcall MyFunc(void* M)
{
    char* s="COM1";
    unsigned long LO=B[1]*2+1;
    unsigned char *BUF=new unsigned char[LO];

    Form1->Button1->Enabled=false;
    Form1->Button2->Enabled=true;
    TCommPort *COM;
    //створюємо об'єкт COM - порта
    COM=new TCommPort;
    //встановлюємо порт COM1
    COM->SetCommPort(s);
    //встановлюємо швидкість передачі даних
    COM->SetBaudRate(StrToInt(Form1->ComboBox1->Text));
    //розрядність даних 8 біт
    COM->SetByteSize(8);
    //знімаємо контроль парності
    COM->SetParity(NOPARITY);
    //використовуємо один стоп - біт
    COM->SetStopBits(ONESTOPBIT);

    do
    {
        //відкриваємо порт
        COM->OpenCommPort();
        //зчитуємо кількість тиків
        B[0]=GetTickCount();
        //читаємо дані з мікроконтролера
        while ((B[1]=COM->ReadBytes(BUF, LO))==0);
        B[0]=GetTickCount()-B[0];
        //функція обробки даних
        Form1->UpdateGraph(BUF, LO-1);
        Form1->Caption=IntToStr(B[0]);
        //закриваємо COM - порт
        COM->CloseCommPort();
        //затримка в 100мкс
        Sleep(100);
        //читаємо поки B[2] = 1
        }while(B[2]);

    //знищуємо об'єкт
    delete COM;
    //знищуємо буфер даних
    delete[] BUF;
}
```

```

delete[] Form1->Dan;
Form1->Button1->Enabled=true;
Form1->Button2->Enabled=false;
return 0;
}

void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
//перевірка чи натиснена кнопка "Continue", або знову "Start"
    if (P) return;
//прапор вказує на одноразове виведення команди управління частотними
перетворювачами роботизованих систем
    B[2]=0;
//кнопка "Start" вже раз натиснена
    P=1;
//визначаємо розмір буфера для запису даних з контролера
    B[1]=TrackBar1->Position*2600+TrackBar2->Position*26;
    Form1->Dan=new unsigned int[B[1]];
//запускаємо процес виконання обробки даних буфера
    CreateThread(NULL,0,MyFunc,&P,0,&P);
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button2Click(TObject *Sender)
{
    P=0;
    B[2]=0;
}
//-----

void __fastcall TForm1::FormCreate(TObject *Sender)
{
    P=0;
    LineColor=clRed;
//вказівник на об'єкт T_MyGraphic(Image2)
    Graph=new T_MyGraphic(Image2);
    Dan=NULL;
}
//-----

void TForm1::UpDateGraph(unsigned char *BAZA,unsigned int LONG)
{
//на вході функція вказівник на буфер даних та його розмір
    unsigned int i,j;
    String s;
    P=0;
//дані буфера 2-х байтні
    LONG=LONG>>1;
//змінюємо місцями байти, та записуємо отримані значення в буфер Dan
    for(i=0;i<LONG;i++)
    {
        j=BAZA[i*2+1];
        j=j<<8;
        j+=BAZA[i*2];
        Dan[i]=j;
    }
//амплітудно-частотна характеристика
    Transform(BAZA,LONG,true);
//очищаємо поле виводу графічних зображень
    Graph->Clear();

//встановлюємо колір лінії команди управління частотними перетворювачами
роботизованих систем
    Graph->LineColor=LineColor;
}

```

```

//встановлюємо фон команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем
    Graph->FoneColor=clWhite;
//Встановлюємо область видимості осцилограмми
    Graph->SetRectangle(0.0,0.0,
        1.0*TrackBar1->Position+0.01*TrackBar2->Position,1024.0);
//передаємо отримані дані функції яка формує команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем
    Graph->SetDATA(Dan,LONg);
//функція формує команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем
    Graph->Plot();
//вивід отриманої команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем на екран
    Image1->Canvas->Draw(0,0,Image2->Picture->Graphic);

}
//-----
void __fastcall TForm1::Button3Click(TObject *Sender)
{
    if (ColorDialog1->Execute())
    {
        LineColor=ColorDialog1->Color;

    }
}
//-----

void __fastcall TForm1::FormClose(TObject *Sender, TCloseAction &Action)
{
    delete Graph;
}
//-----

//визначає статус натискання кнопки і координати місця натискання
//в графічній області форми при виділенні зверху вниз
void __fastcall TForm1::Image1MouseDown(TObject *Sender,
    TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
    //викликається функція модуля MyGraph.cpp
    //на її вході знаходяться статус натиснутої кнопки а також координати
    //в місці натискання
    Graph->MouseDown(Sender,Button,Shift,X,Y);
}
//-----

//визначає статус натискання кнопки і координати місця натискання
//в графічній області форми при виділенні знизу - вверху
void __fastcall TForm1::Image1MouseUp(TObject *Sender, TMouseButton Button,
    TShiftState Shift, int X, int Y)
{
    //викликається функція модуля MyGraph.cpp
    //на її вході знаходяться статус натиснутої кнопки а також координати
    //в місці натискання
    //на виході побудована частина виділеної команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем
    Graph->MouseUp(Sender,Button,Shift,X,Y);
    //виводить в графічну область форми побудовану команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем
    Image1->Canvas->Draw(0,0,Image2->Picture->Graphic);
}
//-----

void __fastcall TForm1::TrackBar2Change(TObject *Sender)
{
    Label2->Caption=FloatToStr(TrackBar1->Position+0.01*TrackBar2->Position);
}
//-----

```

```

//обробник кнопки "Continue",запускає багаторазовий вивід команди управління
частотними перетворювачами роботизованих систем
void __fastcall TForm1::Button4Click(TObject *Sender)
{
//визначає розмір буфера, знаючи що контроллер
//робить 2600 замірів в секунду
  V[1]=TrackBar1->Position*2600+TrackBar2->Position*26;
//прапорець який вказує на багаторазовий режим виконання програми
  V[2]=1;
//прапор початку роботи програми, для того щоб виключити
//початок роботи обробника кнопки "Start"
  P=1;
//виділяємо область пам'яті під буфер даних
  Form1->Dan=new unsigned int[V[1]];
//запускаємо процес на виконання
  CreateThread(NULL,0,MyFunc,&P,0,&P);
}
//-----
//амплітудно частотна характеристика
void Transform(real_1d_array& a, int nn, bool inversefft)
{
//ініціалізація змінних
  int ii;
  int jj;
  int n;
  int mmax;
  int m;
  int j;
  int istep;
  int i;
  int isign;
  double wtemp;
  double wr;
  double wpr;
  double wpi;
  double wi;
  double theta;
  double tempr;
  double tempi;
//зворотній напрямок
  if( inversefft )
  {
    isign = -1;
  }
//прямий порядок перестановок
  else
  {
    isign = 1;
  }
  n = 2*nn;
  j = 1;
//виконуємо дії над парними і непарними елементами масивів
  for(ii = 1; ii <= nn; ii++)
  {
    i = 2*ii-1;
    if( j>i )
    {
      tempr = a(j-1);
      tempi = a(j);
      a(j-1) = a(i-1);
      a(j) = a(i);
      a(i-1) = tempr;
      a(i) = tempi;
    }
    m = n/2;
    while(m>=2&& j>m)
    {
      j = j-m;
      m = m/2;
    }
  }
}

```

```

    }
    j = j+m;
}
mmax = 2;
//перебираємо числа поки не кінець масиву даних
while (n>mmax)
{
    istep = 2*mmax;
    theta = 2*3.14/(isign*mmax);
    wpr = -2.0*((sin(0.5*theta)*(sin(0.5*theta)));
    wpi = sin(theta);
    wr = 1.0;
    wi = 0.0;
//кінцевий цикл перестановок масиву даних
for(ii = 1; ii <= mmax/2; ii++)
{
    m = 2*ii-1;
    for(jj = 0; jj <= (n-m)/istep; jj++)
    {
        i = m+jj*istep;
        j = i+mmax;
        tempr = wr*a(j-1)-wi*a(j);
        tempi = wr*a(j)+wi*a(j-1);
        a(j-1) = a(i-1)-tempr;
        a(j) = a(i)-tempi;
        a(i-1) = a(i-1)+tempr;
        a(i) = a(i)+tempi;
    }
    wtemp = wr;
    wr = wr*wpr-wi*wpi+wr;
    wi = wi*wpr+wtemp*wpi+wi;
}
mmax = istep;
}
//обернена перестановка
if( inversefft )
{
    for(i = 1; i <= 2*nn; i++)
    {
        a(i-1) = a(i-1)/nn;
    }
}
}

```

Заголовок MyGraph.h

```
//-----  
  
#ifndef MyGraphH  
#define MyGraphH  
//-----  
#include <Classes.hpp>  
#include <Controls.hpp>  
#include <StdCtrls.hpp>  
#include <Forms.hpp>  
#include <ExtCtrls.hpp>  
  
class T_MyGraphic  
{  
private:  
    int Mouse_X,Mouse_Y;  
public:  
    unsigned int *DATA;  
    unsigned int M;  
    TImage *Image;  
    TColor LineColor;  
    TColor FoneColor;  
    double Max_X,Max_Y,Min_X,Min_Y;  
    double ViX,ViY,VaX,VaY;  
    T_MyGraphic(TImage* Im);  
    ~T_MyGraphic();  
    void __fastcall SetDATA(unsigned int* DANIE,int LONG);  
    void __fastcall Clear();  
    void __fastcall Reset();  
    void __fastcall SetRectangle(double MiX,  
                                double MiY,double MaX,double MaY);  
    void __fastcall SetViewRectangle(double MiX,  
                                     double MiY,double MaX,double MaY);  
    void __fastcall Plot();  
    void __fastcall MouseDown(TObject *Sender,  
                              TMouseButton Button,  
                              TShiftState Shift, int X, int Y);  
    void __fastcall MouseUp(TObject *Sender,  
                            TMouseButton Button,  
                            TShiftState Shift, int X, int Y);  
};  
#endif
```

Модуль MyGraph.cpp, формує та виводить графік команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем на екран

```
//-----
#pragma hdrstop

#include "MyGraph.h"
#include <math.h>

//-----

#pragma package (smart_init)

T_MyGraphic::T_MyGraphic (TImage* Im)
{
    Image=Im;
    DATA=NULL;
    LineColor=clRed;
    FoneColor=clWhite;
    Image->OnMouseDown=MouseDown;
    Image->OnMouseUp=MouseUp;
    Image->Cursor=crCross;
}

T_MyGraphic::~~T_MyGraphic ()
{
    if (DATA!=NULL) delete[] DATA;
}

void __fastcall T_MyGraphic::SetDATA(unsigned int* DANIE,int LONG)
{
    int i;
    //якщо буфер не пустий очищаємо його
    if (DATA!=NULL) delete[] DATA;
    //виділяємо потрібний для нього розмір
    DATA=new unsigned int[LONG];
    //перепишуємо в нього дані
    for (i=0;i<LONG;i++) DATA[i]=DANIE[i];
    M=LONG;
}

void __fastcall T_MyGraphic::Clear ()
{
    if (DATA!=NULL) delete[] DATA;
    this->Image->Canvas->Brush->Color=FoneColor;
    this->Image->Canvas->Brush->Style=bsSolid;
    this->Image->Canvas->FillRect (Rect (0,0,Image->Width,Image->Height));
}

void __fastcall T_MyGraphic::Reset ()
{
    SetViewRectangle (Min_X,Min_Y,Max_X,Max_Y);
    Plot ();
}

void __fastcall T_MyGraphic::SetRectangle(double MiX,double MiY,
                                           double MaX,double MaY)
{
    //встановлюємо координати видимої області команди управління частотними
    перетворювачами роботизованих систем
    Max_X=MaX;
    Max_Y=MaY;
    Min_X=MiX;
    Min_Y=MiY;
    SetViewRectangle (Min_X,Min_Y,Max_X,Max_Y);
}

```

```

void __fastcall T_MyGraphic::SetViewRectangle(double MiX,double MiY,
                                             double MaX,double MaY)
{
//встановлюємо координати видимої області команди управління частотними
перетворювачами роботизованих систем
    ViX=MiX;
    ViY=MiY;
    VaX=MaX;
    VaY=MaY;
}

void __fastcall T_MyGraphic::Plot()
{
    String s;
    int i;
    double P,h,p;
//встановлюємо фон команди управління частотними перетворювачами роботизованих
систем
    this->Image->Canvas->Brush->Color=FoneColor;
    this->Image->Canvas->Brush->Style=bsSolid;
//заповнюємо встановленим кольором всю графічну область
    this->Image->Canvas->FillRect(Rect(0,0,Image->Width,Image->Height));
    Image->Canvas->Pen->Style=psSolid;
//колір сітки графічної області встановлюємо чорний
    Image->Canvas->Pen->Color=clBlack;
//малюємо сітку графічної області
    Image->Canvas->MoveTo(20,5);
    Image->Canvas->LineTo(20,Image->Height-5);
    Image->Canvas->MoveTo(5,Image->Height-20);
    Image->Canvas->LineTo(Image->Width-5,Image->Height-20);
    Image->Canvas->Pen->Style=psDot;
    P=ViX;
//встановлюємо прив'язку часу до вісі X
    h=40.0*(VaX-ViX)/(Image->Width-25);
    p=floor(log(h)/log(10));
    if (p>0) p=0; else p=-p;
//заповнюємо значеннями часу вісь X
    for(i=40;i<Image->Width-5;i+=40)
    {
        P+=h;
        s=FloatToStrF(P,ffFixed,p+2,p);
        Image->Canvas->Font->Size=8;
        Image->Canvas->TextOutA(i-5,Image->Height-18,s);
        Image->Canvas->MoveTo(i,5);
        Image->Canvas->LineTo(i,Image->Height-19);
    }
//заповнюємо значеннями діапазону напруг вісь Y
    P=ViY;
    h=40.0*(VaY-ViY)/(Image->Height-25);
    p=floor(log(h)/log(10));
    if (p>0) p=0; else p=-p;
    for(i=Image->Height-60;i>5;i-=40)
    {
        P+=h;
        s=FloatToStrF(5.1*P/1024.0,ffFixed,3,2);
        Image->Canvas->Font->Size=8;
        Image->Canvas->TextOutA(5,i-4,s);
        Image->Canvas->MoveTo(19,i);
        Image->Canvas->LineTo(Image->Width-5,i);
    }
//на основі даних буфера формуємо команди управління частотними перетворювачами
роботизованих систем
    if(DATA!=NULL)
    {
        double Ma=1.0*(Image->Height-25)/(VaY-ViY);
        Image->Canvas->Pen->Color=LineColor;
        Image->Canvas->Pen->Style=psSolid;
        int K1,K2;
        K1=(int) floor(1.0*(ViX-Min_X)/(Max_X-Min_X)*M);
    }
}

```

```

K2=(int) floor(1.0*(VaX-Min_X)/(Max_X-Min_X)*M);
Image->Canvas->MoveTo(20,Image->Height-20-Ma*(DATA[K1]-ViY));
for(i=K1;i<K2;i++)
{
    Image->Canvas->LineTo(20+(Image->Width-25)*
                        (i-K1)/(K2-K1),Image->Height-Ma*
                        (DATA[i]-ViY)-20);
}
}
}
//переприсвоє кординати натиснення лівої кнопки миші
void __fastcall T_MyGraphic::MouseDown(TObject *Sender,
TMouseButton Button, TShiftState Shift, int X, int Y)
{
    Mouse_X=X;
    Mouse_Y=Image->Height-Y;
}

void __fastcall T_MyGraphic::MouseUp(TObject *Sender, TMouseButton Button,
TShiftState Shift, int X, int Y)
{
    double vix,vax,viy,vay;
    Y=Image->Height-Y;
//перевірка натиснення лівої кнопки миші
    if(Button==mbLeft)
    {
//перевіряєм координат натискання
        if (Mouse_X>X)
        {
            vix=X; vax=Mouse_X;
        }else{vax=X; vix=Mouse_X;}
        if (Mouse_Y>Y)
        {
            viy=Y; vay=Mouse_Y;
        }else{vay=Y; viy=Mouse_Y;}

    }else
    {
//формуємо команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем
        this->Reset();
        return;
    }
//встановлюємо координати вуглів виділеної області команди управління
частотними перетворювачами роботизованих систем
    vax=ViX+vax*(VaX-ViX)/Image->Width;
    vix=ViX+vix*(VaX-ViX)/Image->Width;
    viy=ViY+viy*(VaY-ViY)/Image->Height;
    vay=ViY+vay*(VaY-ViY)/Image->Height;
//даємо вказівку на вивід вказаної в параметрах області команди управління
частотними перетворювачами роботизованих систем
    SetViewRectangle(vix,viy,vax,vay);
//формуємо команди управління частотними перетворювачами роботизованих систем
    Plot();
}
}

```



```
NOP
NOP
OUT $18,r30 //відправка 2-го інф.біта
LSR r30
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
OUT $18,r30 //відправка 3-го інф.біта
LSR r30
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
OUT $18,r30 //відправка 4-го інф.біта
LSR r30
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
OUT $18,r30 //відправка 5-го інф.біта
LSR r30
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
OUT $18,r30 //відправка 6-го інф.біта
LSR r30
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
OUT $18,r30 //відправка 7-го інф.біта
LSR r30
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
OUT $18,r30 //відправка 8-го інф.біта
LSR r30
NOP
NOP
```

