

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики
(інститут)

Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра електропривода
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню Магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Дуганця Романа Леонідовича
(ПІБ)

академічної групи 141М-17-4

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електромеханічні системи
автоматизації та електропривод

(офіційна назва)

на тему Електропривод у структурі системи автоматизації «Розумний
будинок»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Худолій С.С.			
розділів:				
Спеціальна частина	Худолій С.С.			
Економічний	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Казачковський М.М.			

Дніпро
2018

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
електропривода
(повна назва)

_____ Казачковський М.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня Магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Дуганцю Роману Леонідовичу академічної групи 141М-17-4
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ _____
за освітньо-професійною програмою Електромеханічні системи
автоматизації та електропривод
(офіційна назва)
на тему Електропривод у структурі системи автоматизації «Розумний
будинок»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Літературний Огляд	Ознайомлення з найвідомішими системами "Розумний Будинок"	
Розробка архітектури системи "Розумний будинок" та підбір елементів	Представлення архітектури розробленої системи та привести основні елементи системи	
Розрахунок потужності асинхронного двигуна центробіжного вентилятора вентеляційної установки.	Розрахунок потужність приводного двигуна центробіжного вентилятора та обрати перетворювач частоти	
Дослідження динаміки електропривода	Розрахунок регулятора швидкості двигуна, та дослідити роботу привода.	
Техніко- економічне	Проведення розрахунків капітальних затрат та експлуатаційних витрат при модернізації	

обґрунування	системи електропривода.	
--------------	-------------------------	--

Завдання видано

(підпис керівника)

Худолій С.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 15 жовтня 2018

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

(підпис студента)

Дуганець Р.Л.

(прізвище, ініціали)

Реферат

Об'єкт дослідження : Система "Розумний Будинок".

Предмет дослідження : Розроблена система "Розумний Будинок".

Ціль магістерської роботи: Розробка архітектури системи "Розумний Будинок", та дослідження роботи електропривода вентилятора.

Робота складається з 28 рисунків, 8 таблиць обсягом 72 сторінок .

У представленій роботі проведено :

1. Огляд найпоширенішої системи "Розумний Будинок".
2. Представлено власну архітектуру системи "Розумний Будинок".
3. Розраховано потужність приводного двигуна центробіжного вентилятора та обрано перетворювач частоти.
4. Моделювання роботи приводного двигуна.
5. Виконано Техніко-економічне обґрунтування системи.

Ключові слова : електропривод, перетворювач частоти, "Розумний Будинок", NODE MCU, MQTT.

					<i>ЕП.МР.18.05.Р.ПЗ</i>	Арк.
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Abstract

Objetc of exploration: "Smart House" system.

Subject of research: Developed "Smart House" system.

The purpose of the master's work: Development of the architecture of the "Smart House" system, and research of the electric drive of the fan.

The work consists of 28 figures, 8 tables in quantity 72pages.

In the presented work carried out:

1. Overview of the most common "Smart House" system.
2. Own architecture of the "Smart House" system is presented.
3. Calculated power of the drive engine of the centrifugal fan and selected frequency converter.
4. Modeling the operation of the drive engine.
5. Completed feasibility study system.

Key words: electric drive, frequency converter, "Intelligent House", NODE MCU, MQTT

					<i>ЕП.МР.18.05.Р.ІІЗ</i>	<i>Арк.</i>
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зміст

Вступ	8
1.Літературний огляд	9
1.1 Що таке домашня автоматизація.....	9
1.2 Тенденції Ринку.....	10
1.3 Шина KNX.....	11
1.4 Обладнання KNX.....	15
1.5 Адресація та команди шини KNX.....	17
1.6 Висновок.....	19
2.Розробка архітектури системи "Розумний будинок" та підбір елементів системи	20
2.1 Централізована система.....	21
2.2 Децентралізована система.....	23
2.3 Пропонована система.....	24
2.4 Вибір контролера середнього рівня	28
2.5 Вибір контролера високого рівня	29
2.6Вибір інтерфейсу зв'язку з системою керування приводом вентиляції	32
2.7 Вибір зовнішнього інтерфейсу зв'язку	35
2.8 Висновок.....	38
3.Розрахунок потужності асинхронного двигуна центробіжного вентилятора вентиляційної установки	39
3.1 Опис робочої установки	40
3.2 Розрахунок потужності центробіжного вентилятора.....	41
3.3 Вибір перетворювача частоти.....	43
3.4 Висновок	44
4.Дослідження динаміка електропривода	45
4.1 Вибір математичної моделі електродвигуна	46
4.2Розрахунок математичної моделі двигуна координатах <x-у>.....	46

					<i>ЕП.МР.18.05.3.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

4.3 Розрахунок регулятора швидкості	49
4.4 Моделювання	52
4.5 Висновок.....	57
5. Техніко-економічне обґрунтування.....	58
5.1 Вступ.....	59
5.2 Розрахунок капітальних витрат проекту.....	59
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	63
5.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	64
5.3.2 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування	64
5.3.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	66
5.4.1 Річні експлуатаційні витрати.....	68
5.4.2 Визначення річної економії від впровадження проекту.....	68
5.5 Визначення економічних показників.....	69
5.6 Висновок.....	70
Висновок.....	71
Перелік посилань.....	72

					<i>ЕП.МР.18.05.3.ПЗ</i>	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вступ.

Тема дипломного проекту - "Електропривод в структурі системи автоматизації "Розумний будинок"".

В сучасному світі, повному технологій, які захопили левову частку сфер життя людини, постає питання у використанні засобів автоматизації, не як виробничого інструменту, а в цілях комфорту і безпеки людини у власному будинку. У даному дипломному проекті буде представлено таку систему та дослідження двигуна вентиляційної установки.

Актуальність роботи полягає у впровадженні у повсякденне життя своєї власної системи "Розумний будинок", що є значно дешевшою та більш гнучкою відносно інших систем, що представленні на ринку.

Головною метою моєї роботи стало створення системи домашньої автоматизації, яка зможе закрити недостачі області домашньої автоматизації а також не менш важливою метою є створення моєї системи в рази дешевшої за аналоги які широко представленні на ринку, а також більш доступною для людини, яка має технічну освіту. У ході своєї роботи я проаналізував роботу пристроїв з технологією KNX, а також більшість приладів які використовуються у повсякденному житті.

					ЕП.МР.18.05.В.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Літературний огляд

					<i>ЕП.МР.18.05.ЛО.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Дуганець Р.Л.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Худолій С.С.</i>					<i>9</i>	<i>11</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НТУ ДП</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

1 Літературний огляд

1.1 Що таке домашня автоматизація

Домашня автоматизація (англ. Home automation), або розумний будинок (англ. Smart home) - система домашніх пристроїв, здатних виконувати дії і вирішувати певні повсякденні завдання без участі людини. Домашня автоматизація розглядається як окремий випадок інтернету речей, вона включає доступні через інтернет домашні пристрої, в той час як інтернет речей включає будь-які пов'язані через інтернет пристрою в принципі.

Найбільш поширені приклади автоматичних дій в "розумному будинку" - автоматичне включення і виключення світла, автоматична корекція роботи опалювальної системи або кондиціонера і автоматичне повідомлення про вторгнення, загоряння або витік води.

Ідеї домашньої автоматизації мають свої початки в часи, коли в домах людей почали з'являтися перші пристрої, які працюють від електричної енергії. Тоді такі ідеї можна було сприйняти, як щось футуристичне. Займалися цією справою ентузіасти, які намагалися зробити свій будинок чимось футуристичним, але вони були далекі від того що зараз прийнято називати "Розумний дім". Перші зразки, які більш-менш схожі на сучасні, що почали з'являтися це були "Дім з кнопками" у 1950р американського інженера Еміля Матіаса, у домі якого було встановлено велику кількість кнопок, які керували домашнім обладнанням, таким як моторизовані штори, вхідні ворота, побутові прилади. Другим визначним прикладом можна вважати роботу іншого американського інженера Джеймса Сазерленда, який у 1966 зміг адаптувати комп'ютер до керування домашніми приладами і зміг добитися того, щоб комп'ютер міг виключати і включати прилади за часом або іншими критеріями. Цікавим фактом є те, що існував цілий актракціон у Діснейленді, який користувався великою популярністю у людей, який мав назву "Будинок Майбутнього" і який був дійсно схожий.

1.2 Тенденції ринку

У кінці травня 2018року аналітична компанія Strategy Analytic опублікувала деякі дослідження елементи із дослідження 2018 Global Smart Home Market Forecast, присвячену ринку "Розумних домів". Світові витрати відповідне обладнання, системи та сервіси у 2017 році достигли \$84млрд, збільшилися на 16% відносно 2016-го року, коли продажі вимірювалися у \$72м млрд. До

					ЕП.МР.18.05.ЛО.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закінчення 2017р кількість домоволодінь, які використовують рішення розумного будинку , по усьому світу склало 164 млн проти 136 млн у минулому році.[1]

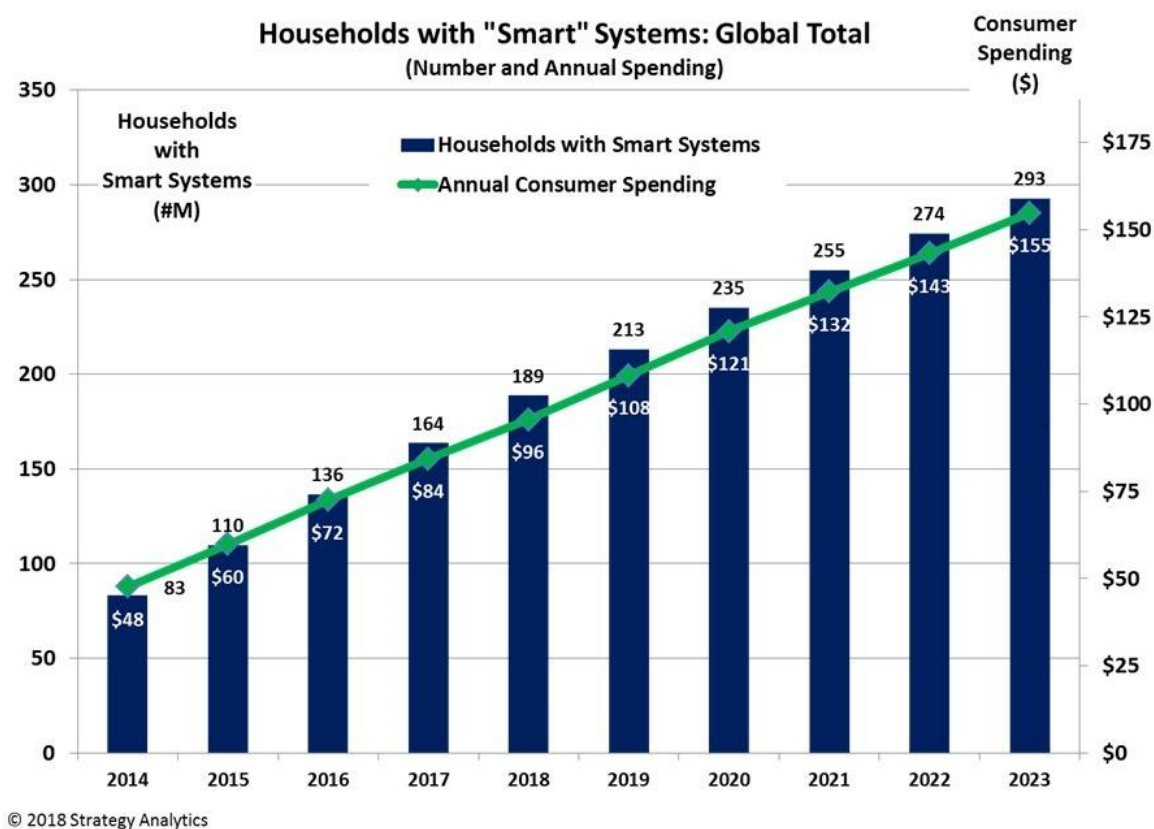


Рисунок 1.1-Графік росту ринку "Розумний Дім"[2]

1.3 Шина KNX

Під час обговорення тематики домашньої автоматизації не можна обійти стороною давно існуючі на ринку технології. Сьогодні KNX є одним з найбільш поширених рішень для використання в середніх і великих системах автоматизації будинків, офісів і комерційних приміщень. Він з'явився на ринку більше двадцяти років тому і сьогодні підтримується багатьма великими виробниками електротехнічного устаткування.

Переважна більшість проектів KNX заснована на використанні спеціально виділеної провідної шини (витої пари), так що інформація в даному матеріалі буде ставитися в основному саме до цього варіанту. Всі контролери, датчики і виконавчі пристрої підключаються до провідної шині. На практиці це означає необхідність розробки проекту і прокладку необхідних комунікацій під час будівництва або ремонту. Формально в стандарті існують і інші середовища передачі (зокрема мережа

					ЕП.МР.18.05.10.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

електроживлення і радіозв'язок), проте вони відносно рідко зустрічаються на практиці. Як альтернативний варіант, що не вимагає прокладки додаткової контрольної шини, досить часто використовуються схема з виводом всіх індивідуальних споживачів на загальний щиток. Обидві версії мають свої плюси і мінуси. При цьому допускається і їх поєднання, якщо зберігається відповідність специфікаціям KNX.

Schematic representation of the KNX bus

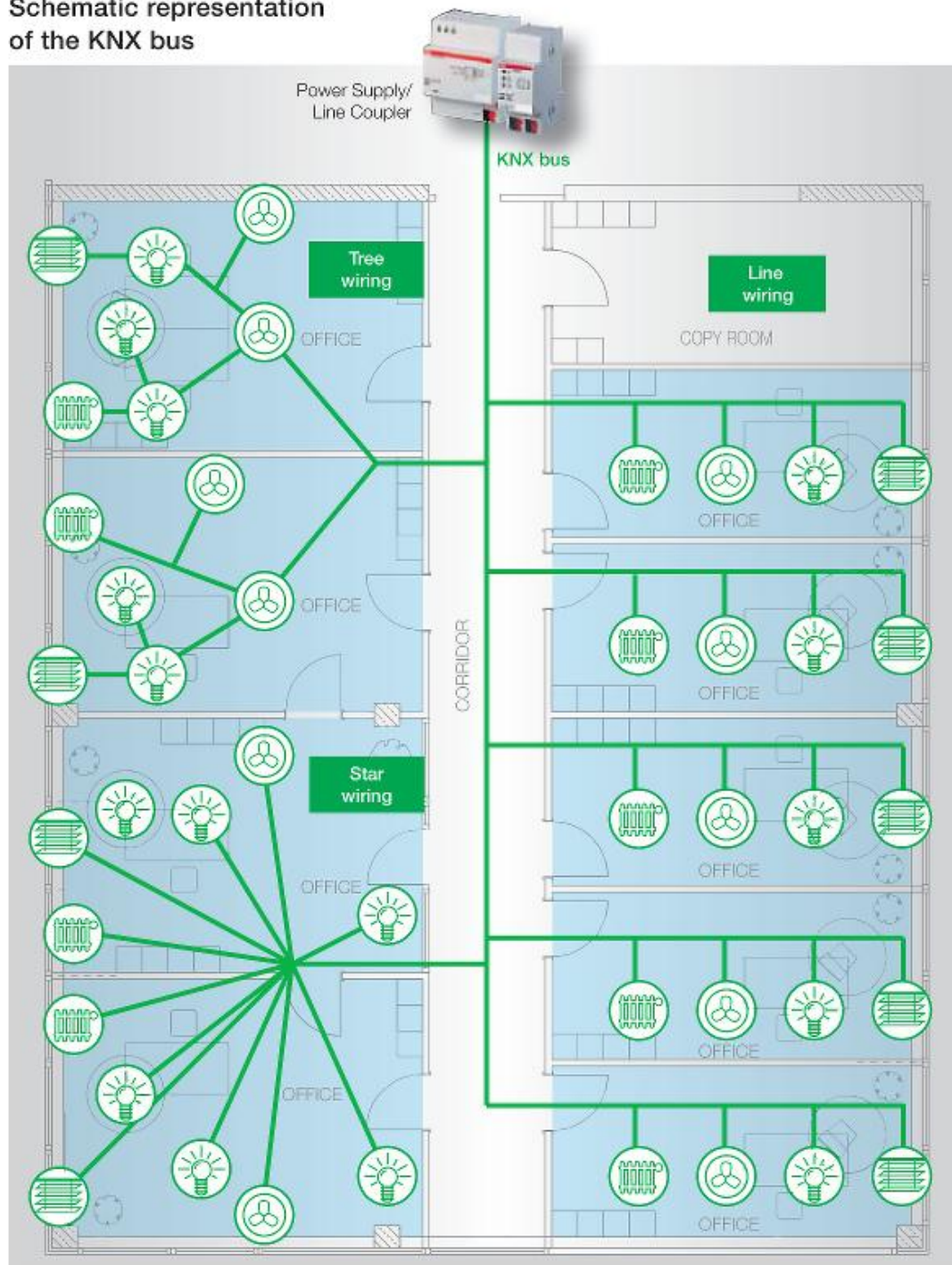


Рисунок 1.2- Схематичне зображення шини KNX.[3]

Топологія провідної шини може бути обрана досить гнучко. Допускається

										Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЕП.МР.18.05.10.ПЗ

використання лінійних шин, дерева і зірок. Термінації тут не потрібно, але рекомендується приділити увагу захисту від перенапруги і грози. Базовим елементом логічної структури є сегмент, який містить до 64 вузлів.

До чотирьох сегментів можуть бути об'єднані в лінії, які можуть бути в свою чергу об'єднані в область (до 15 ліній). На самому верхньому рівні можна об'єднати в систему до 15 областей. Загальна кількість пристроїв в одній мережі становить близько 58 тисяч. Рекомендується використовувати для шини кабель $2 \times 2 \times 0,8$, хоча власне для роботи KNX достатньо однієї пари ліній даних. Друга пара може використовуватися для подачі додаткового живлення (деякі пристрої можуть живитися від самої шини KNX) .

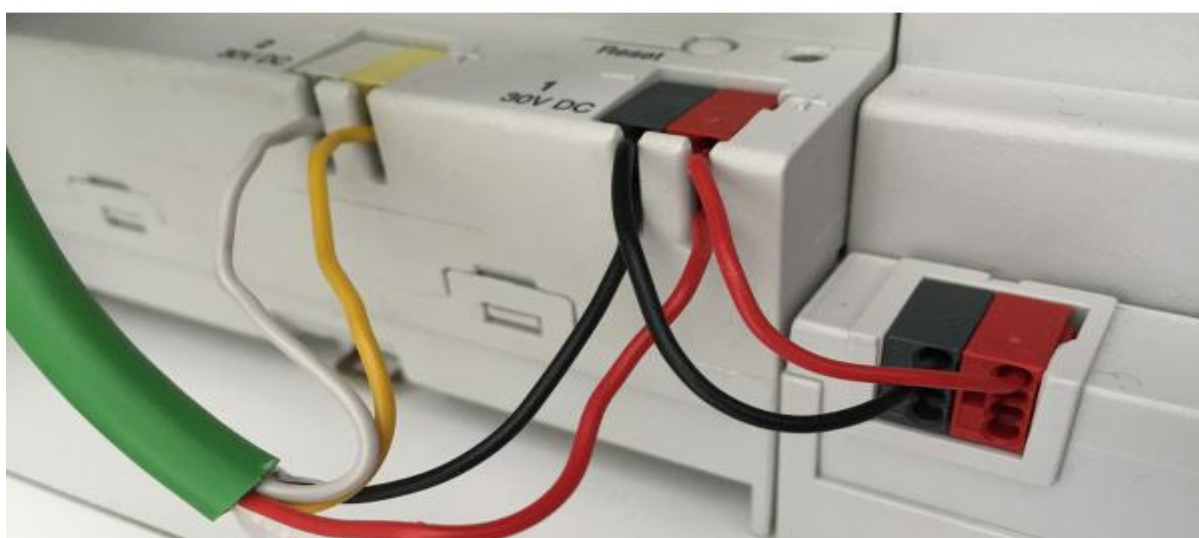
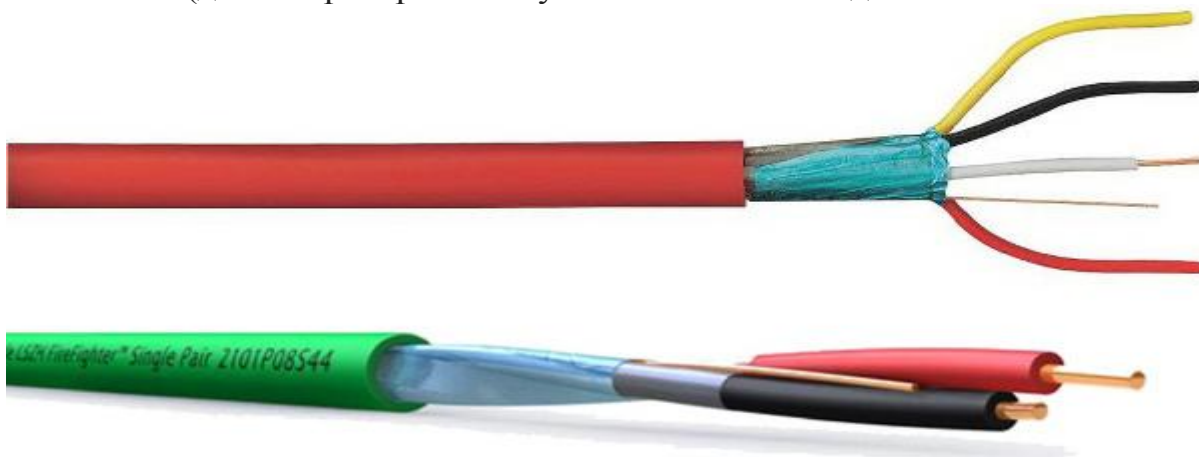


Рисунок 1.3 Підключення пристрою до шини KNX[4]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕП.МР.18.05.10.ПЗ

Арк.

13

При необхідності, можна використовувати на сегменті кілька блоків живлення. Цікаво, що блок живлення повинен витримувати відсутність живлення до 100 мс, що підвищує надійність роботи системи. При створенні проекту у вас є можливість проконтролювати споживання всіх пристроїв на лінії на підставі їх характеристик, наданих виробником. Загальні характеристики шини наступні:

- Максимальна довжина кабелів в сегменті - 1000 м;
- Максимальна відстань від пристрою до блоку живлення - 350 м;
- Максимальна відстань між двома пристроями - 700 м;
- Мінімальна напруга на пристроях - 21 В.

Для об'єднання сегментів і ліній використовується спеціальне сполучне обладнання, здатне виконувати функції повторювачів, мостів, маршрутизаторів і фільтрів пакетів. Зазвичай всі ці функції можуть виконуватися одним і тим же обладнанням, а дійсний алгоритм його роботи записується в момент програмування. Наступний етап масштабування системи досягається за рахунок використання мостів в традиційні IP-мережі.

Взаємодія пристроїв по шині відбувається шляхом обміну пакетами даних. Швидкість обміну становить 9600 біт / с, а для обробки колізій використовуються технологія CSMA / CA. Протокол описує всі можливі формати інформаційних посилок і типів даних використовуваних змінних. Зокрема, в пакеті вказуються адреси передавача і приймача, самі дані і контрольна сума. Загальна довжина пакета зазвичай не перевищує 23 байт. Час передачі становить 20-40 мс.

Швидкість залежить від завантаженості шини і числа пристроїв в ній. У разі простих варіантів контролю освітлення, робота вимикачів візуально не відрізняється від прямого управління. Але у великих навантажених мережах, в тому числі і об'єднаних по IP, можуть знадобитися додаткові операції оптимізації в залежності від вимог замовника. Передбачена схема підтвердження доставки і повторних відправлень в разі невдачі, деякі можливості пріоритетності. Цікаво, що в стандарті, крім традиційних бінарних, цілих і текстових змінних, безпосередньо записані формати для роботи з яскравістю, температурою, тиском, часом, потужністю та іншою інформацією. Найбільш популярні варіанти команд і типи даних включають в себе перемикач, управління приводом (включити рух, зупинка, крок), диммування (відносне, абсолютне значення) і передачу фізичних величин (наприклад, температури).

										Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.МР.18.05.ЛО.ПЗ					

1.4.Обладнання KNX

Різноманітність пристроїв даного стандарту можна оцінити за каталогами представленими на сайтах найбільших виробників . Зокрема останні версії у ABB і Schneider Electric мають приблизно 200 сторінок, а у Gira - близько 100 (частина каталогу про рішення KNX). Звичайно, це досить груба оцінка, але вона цілком дає уявлення про інтерес виробників до даної продукції. Навіть одне перерахування можливих груп товарів займе не один рядок: реле (включаючи управління шторами, жалюзі, воротами), диммери, кнопки і вимикачі, бінарні і аналогові входи і виходи, датчики (руху, освітленості, температури, енергоспоживання, погоди, протікання води, диму, витoku газу), управління кліматом (нагрів, вентиляція, кондиціонування), сенсорні панелі, мости в інші системи (IP, DALI, SMS, телефон, електронна пошта, домофон, охоронні системи), системні компоненти (блоки живлення, мости, інтерфейси програмування, контролери). При цьому моделі можуть встановлюватися в стандартні розподільні коробки, так і для монтажу на DIN-рейку. У другому випадку часто використовуються пристрої на велике число каналів управління (зокрема реле і диммери). Зазвичай пристрої підключаються не тільки до шини KNX і безпосередньо до датчиків або керованих пристроїв, додаткове живлення в цьому випадку не потрібно.

Всі пристрої KNX сертифікуються. Для програмування обов'язково мати відповідний пристрою файл конфігурації. Зазвичай він завантажується з сайту виробника і інтегрується в програму ETS. У цій же програмі можна змінити конфігурацію пристроїв за передбаченою виробником схемою. Зокрема можна вибирати режими роботи вимикачів і двійкових входів, швидкості регулювання диммерів, коригувати температуру в термостатах.

У переважній більшості випадків, пристрої мають в своєму складі кілька об'єктів, які є мінімальною одиницею для участі в групах, прийому і відправки повідомлень, налаштування параметрів і інших елементах проекту.

Варто відзначити, що гнучкість технології дозволяє використовувати одні й ті ж апаратні пристрої для реалізації різних функцій, що досягається можливістю завантаження в них різних внутрішніх програм. Як приклад можна навести трансформацію блоку з кількома реле в пристрій управління шторами.

					ЕП.МР.18.05.10.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABB i-bus® KNX-Overview

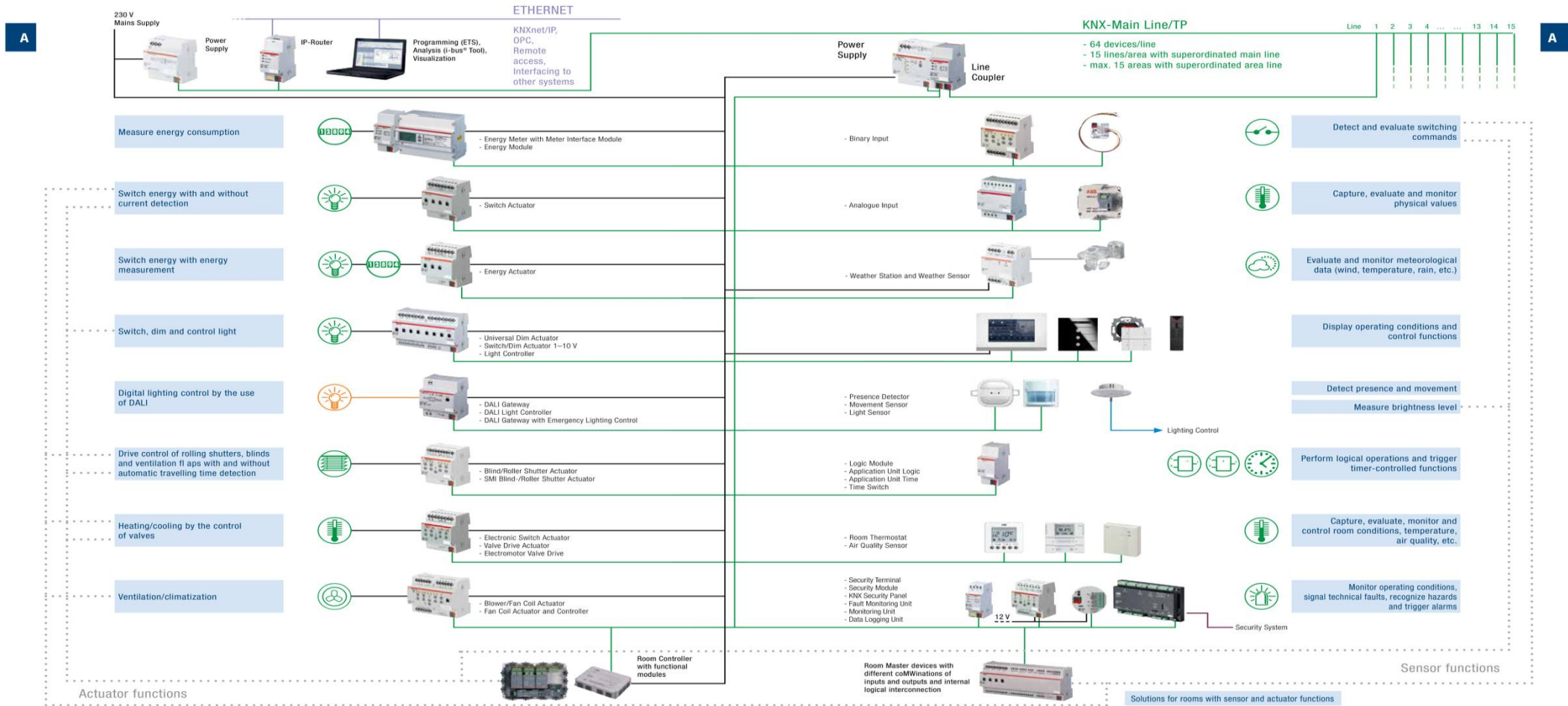
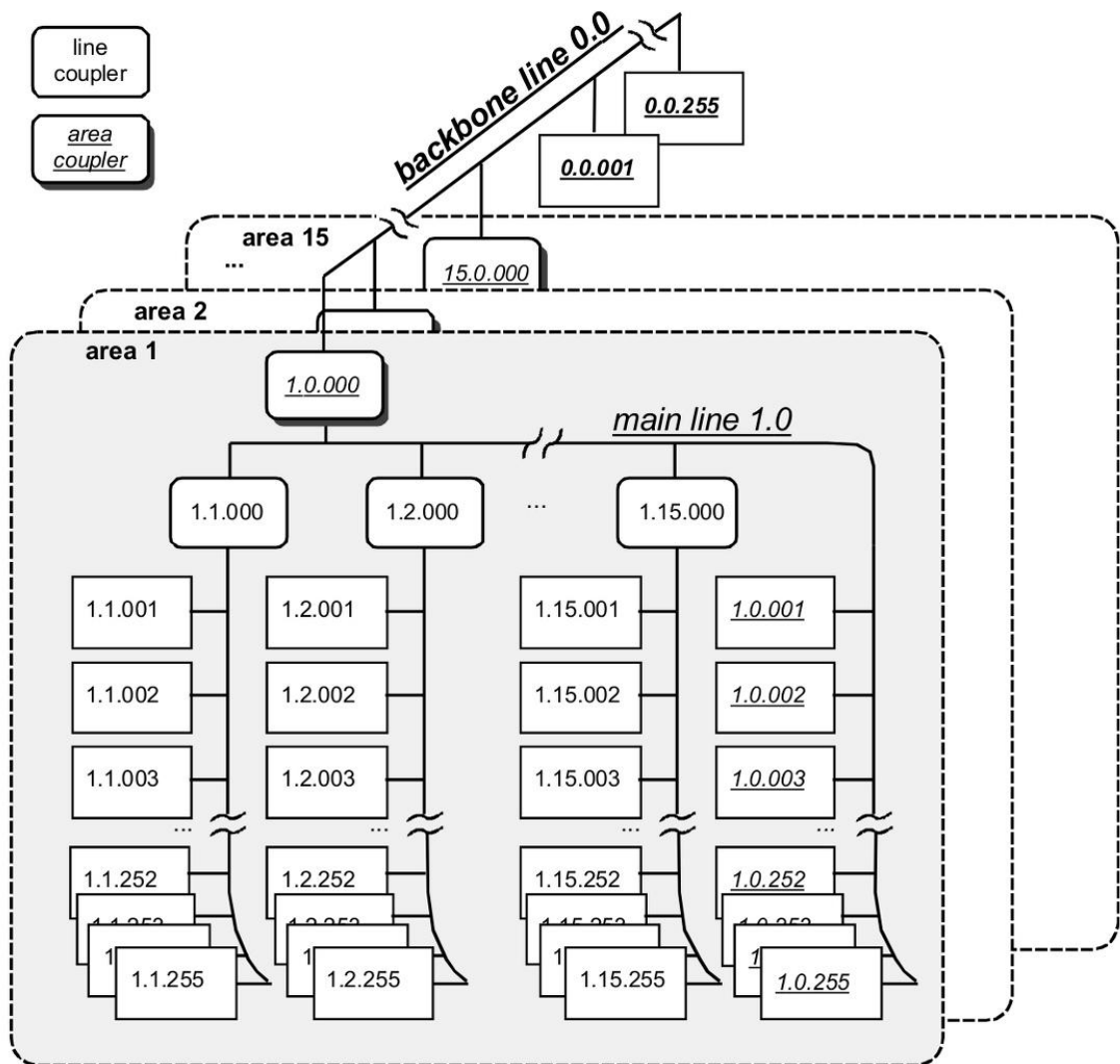


Рисунок 1.4- Огляд пристроїв KNX від компанії АВВ[5]

1.5. Адресація та команди шини KNX

Базова конфігурація KNX-проектів може вважатися децентралізованою - обмін даними між пристроями здійснюється безпосередньо, без безпосередньої участі якого-небудь окремого спеціалізованого контролера. Такий підхід має як свої плюси, так і мінуси і потрібно розглядати питання в застосуванні до конкретних завдань проекту. Наприклад, таким чином можна реалізувати автономний сегмент для управління освітленням в будинку на базі запрограмованих сцен і алгоритмів. Однак треба віддавати собі звіт в тому, що самі пристрої досить прості і при необхідності більш складних алгоритмів взаємодії потрібно установка додаткового контролера. Подальший опис в цьому матеріалі стосується саме штатних можливостей протоколу KNX.



The logical topology of KNX

Рисунок 1.5-Топологія шини KNX[6]

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Адресація пристроїв зазвичай використовує схему «область-лінія-пристрій». Розмір поля адреси - 16 біт. При цьому власні адреси необхідно прописувати в кожен пристрій на етапі програмування системи через ETS. Зауважимо, що дана операція вимагає фізичного доступу (зазвичай - натискання на кнопку на корпусі), а після установки адреси можна здійснювати всі операції віддалено. Надалі ці адреси можна змінити. В останніх поколіннях були додані індивідуальні серійні номери, що більш зручно для програмування, і додатковий захист для віддаленого читання-запису даних пристроєм (перевірка 4-байтового коду).

Важливими логічними елементами системи є групові адреси. Вони являють собою зібрані за функціональною ознакою пристрої. При цьому датчик / сенсор (наприклад, кнопка) може відправляти команди тільки в одну групу, а виконавчі пристрої (наприклад, реле) можуть приймати інформацію відразу в декількох групах. Відзначимо, що всі пристрої в групі повинні мати збігаються типи даних. Наприклад, не можна пов'язати відправку бінарного сигналу з вимикача для регулювання яскравості. Однак часто буває так, що один і той же пристрій може відправляти або отримувати дані різних типів, що може допомогти в даній ситуації. Наприклад, диммер може надавати інтерфейс для декількох групових об'єктів і розуміти команди включити / вимкнути, збільшити / зменшити яскравість і установку заданої яскравості у відсотках.

Використання такої схеми дозволяє реалізувати спрощене управління групою пристроїв шляхом відправки одного повідомлення на груповий адресу замість індивідуальної адресації. Обмеження на максимальну кількість групових адрес зазвичай індивідуальні та вказані в специфікаціях обладнання. Для спрощення структури можна розбивати групові адреси за певними категоріями. Наприклад, за схемою «поверх-кімната-освітлення». Розмір поля групи також становить 16 біт.

Зауважимо, що крім безпосередньо відправки команд виконавчим пристроям, передбачені й інші типи повідомлень, наприклад отримання статусу. Зокрема, таким чином можна реалізувати збереження індивідуального управління лампою однією кнопкою (натискання викликає переключення) з одночасною участю цього джерела світла в сцені.

Тут варто звернути увагу на те, що в схемі не передбачено ніяких програм, в тому числі логічних дій, перевірки умов, затримок, циклів і інших операцій. Іноді зустрічаються пристрої, всередині яких присутні базові логічні

					<i>ЕП.МР.18.05.ЛО.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

операції, а також моделі, здатні виступати в ролі зовнішніх логічних блоків на кілька операцій (наприклад, порівнянь).

Окремий клас пристроїв є контролери. Вони обладнані власним процесором, адаптером шини KNX, а також можуть мати і інші інтерфейси. Тут ніяких обмежень немає, все визначається розробником. Ці пристрої здатні виконувати безліч додаткових операцій, включаючи роботу з таймерами і часом, сценами, перевіркою логічних умов (наприклад, за станом датчиків), взаємодія з зовнішніми пристроями і іншими системами.

1.6. Висновок

У даному розділі було описано найпоширенішу систему "Розумний Будинок" - KNX, представлено тенденції ринку, та описали, що таке домашня автоматизація.

					<i>ЕП.МР.18.05.ЛО.ПЗ</i>	Арк.
						19
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК», ТА ПІДБІР ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ.

					<i>ЕП.МР.18.05.2.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дуганець Р.Л.</i>			<i>Розробка архітектури системи "Розумний будинок" та підбір елементів системи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Худолій С.С.</i>					<i>20</i>	<i>19</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НТУ ДП</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

2. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ ДІМ», ТА ПІДБІР ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ.

Спираючись на отриманні дані з попереднього розділу було прийнято рішення розробити свою власну архітектуру системи «РОЗУМНИЙ ДІМ».

Концепція системи «розумний дім» передбачає новий підхід в побудові життєвого процесу, в якому, на основі об'єднання різного комплексу інноваційних технічних рішень, створюється єдина система автоматизованого управління, що надає можливість значно збільшити ефективність функціонування і надійність управління всіх систем життєзабезпечення. Основними завданнями системи «РОЗУМНИЙ ДІМ» є повний контроль за будинком в цілому, такий контроль полягає у керуванні освітленням (можливість вмикання/вимикання, димування, створення сценаріїв освітлення), кліматом (компонування роботи теплих підлог та системи вентиляції в одну систему, яка буде працювати в одному режиму для підтримання заданої температури та клімату у приміщенні).

Існує два головних принципи побудови таких систем - це централізована система та децентралізована.

2.1 Централізована система

Головним принципом побудови такої системи є те, що присутній головний контролер, який має під контролем усі елементи системи. Головний контролер має бути значно потужнішим за інші елементи системи. Головний контролер проводить усі розрахунки та приймає усі рішення у системі і фактично відповідає за всю систему. Така система має значні переваги при побудові складних алгоритмів керування, і має більшу швидкодію та потенціал до розширення. Важливо відзначити, що потужний головний контролер дасть можливість інтегрувати інші системи до розумного будинку. Функціонал системи здебільшого залежить від потужності головного контролера. Головними перевагами системи є

- Можливість реалізувати інтелектуальні алгоритми керування
- Можливість поєднувати в одне ціле суміжні системи

										Арк.
										21
Арк.	Арк.	№ докум.	Підпис							

ЕП.МР.18.05.2.ПЗ

- Висока швидкість обробки даних і швидкий аналіз умов та видача сигналів одразу на все потрібні виконавчі пристрої одним комплексом
- Простота та дешевизна периферійних пристроїв.

До недоліків можна віднести

- Складність та дороговизна головного контролера
- Залежність від головного контролера (при вимиканні головного контролера вимикається вся система)

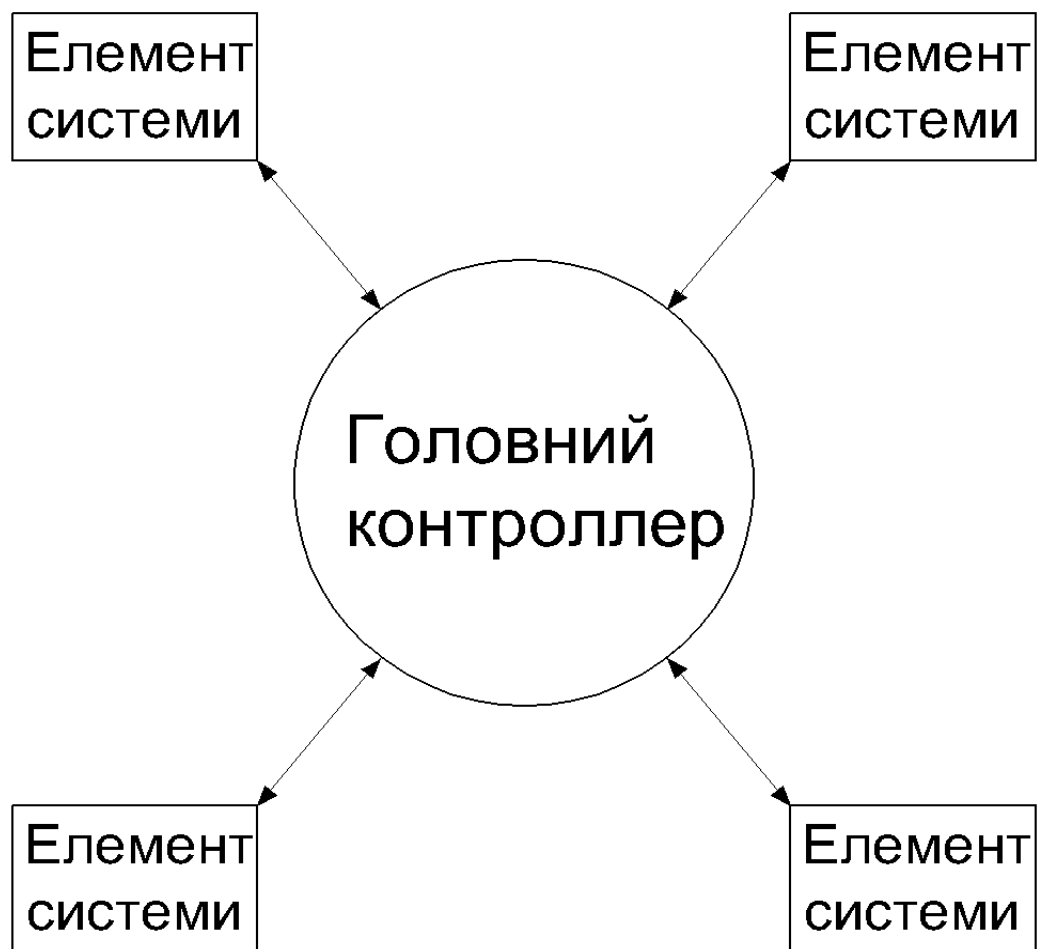


Рисунок 2.1- Схема централізованої системи

2.2 Децентралізована система

Децентралізована система принципово відрізняється від централізованої тим, що відсутній головний контролер та усі елементи системи працюють незалежно один від одного, однак мають можливість спілкуватися між собою. Варто відзначити, що елементи такої системи зазвичай слабші за головний контролер, що у свою чергу накладає певні обмеження на складність системи та на її можливості. Враховуючи особливості такої побудови системи можна сказати, що така система мало схожа на комплекс із за простоти елементів, але така система має право на життя в простих рішеннях, або якщо немає потреби у комплексному підході.

Переваги децентралізованої системи:

- Простота реалізації, побудови та розширення оскільки немає потреби корегувати всю систему під кожен ланку
- Незалежність ланок одна від одної у випадку виходження з ладу одної ланки інші не втратять працездатності
- Дешевизна системи, оскільки немає дорогого головного контролера

Однак побудова системи за таким принципом має свої недоліки а саме

- Неможливість створення високо інтелектуальної системи з комплексним підходом
- Потрібність поєднувати функціонал різних ланок у групи
- Потрібність реалізувати вихід до мережі Інтернет кожної ланки системи

					<i>ЕП.МР.18.05.2.ПЗ</i>	Арк.
						23
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

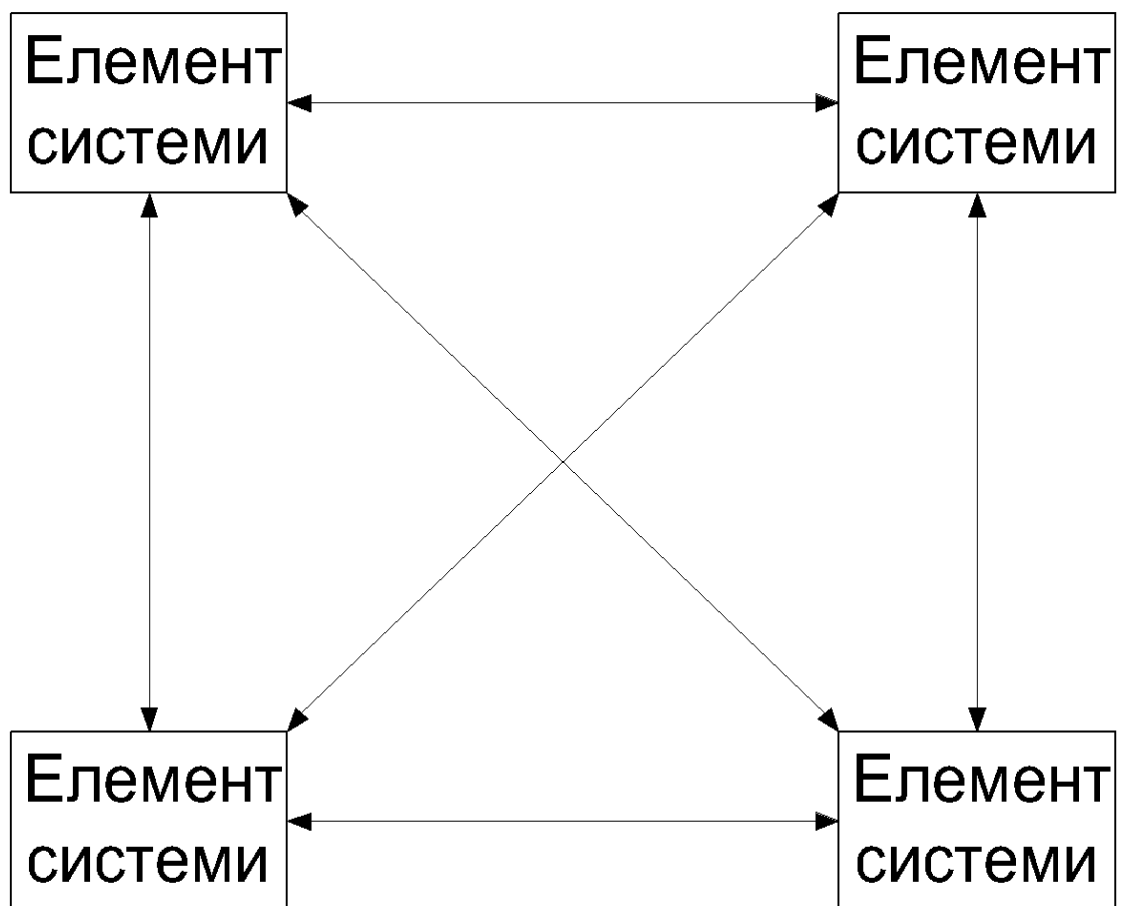


Рисунок 2.2- Схема децентралізованої системи

2.3 Пропонована система

Проаналізувавши особливості обох методів побудови системи, варто врахувати їх у побудові власної системи. Варто відзначити, що в

чистому вигляді жодна з систем не є задовільною до нашої роботи . Недоліки та переваги обох систем вимагають створення концепції, яка поєднає два метода побудови системи. Такий підхід до побудови системи дозволить у повній мірі реалізувати концепцію розумного будинку. Користуючись перевагою децентралізованої системи, що полягає у можливості кожної елемента системи працювати незалежно від інших, можна побудувати середній рівень системи розумний будинок. Однак для ланки нижчого рівня система є централізованою де головним контролером стає контролер середнього рівня. Тобто система має складатися з

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЕП.МР.18.05.2.ПЗ

централізованих систем. Це надасть можливість незалежної роботи ланок у системі.

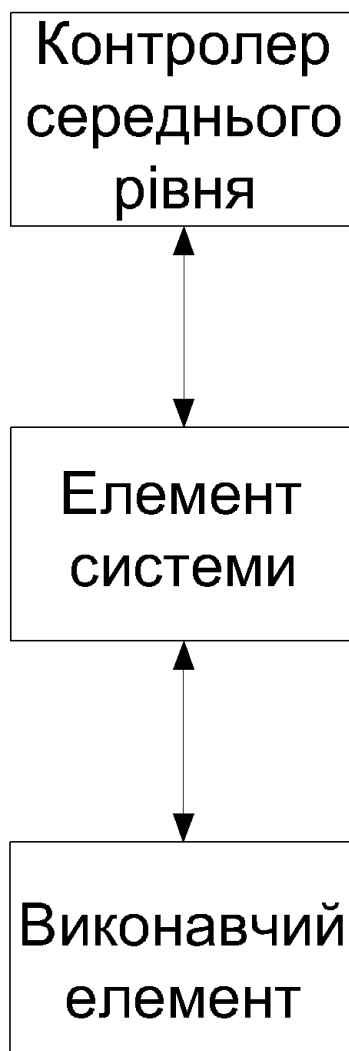


Рисунок 2.3-Централізована система з головним контролером яка є ланкою системи

Однак присутність контролера високого рівня також потрібна . Однак наявність контролера високого рівня не робить систему повністю централізованою. В нашому випадку контролер не є 'головою' системи оскільки на нього лягає не функція повного керування системою, а функція поєднання централізованих ланок у децентралізовану систему . Також на контролер високого рівня полягає функція поєднання ланок контролерів середнього рівня з зовнішнім інтерфейсом керування. Варто також відзначити,

					ЕП.МР.18.05.2.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

що наявність такого контролеру високого рівня дає більшу безпеку системи, за рахунок того, що дані не потрапляють до сторонніх ресурсів, фактично дані проходять від нашого серверу до пристрою і у зворотному напрямку. Можна сказати, що контролер високого рівня виконує функцію "Мосту" між усіма ланками системи та ретранслює дані між зовнішнім інтерфейсом та ланками. Отже можна сказати, що концепція системи розумний будинок полягає у створенні децентралізованої системи централізованих ланок.

					<i>ЕП.МР.18.05.2.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

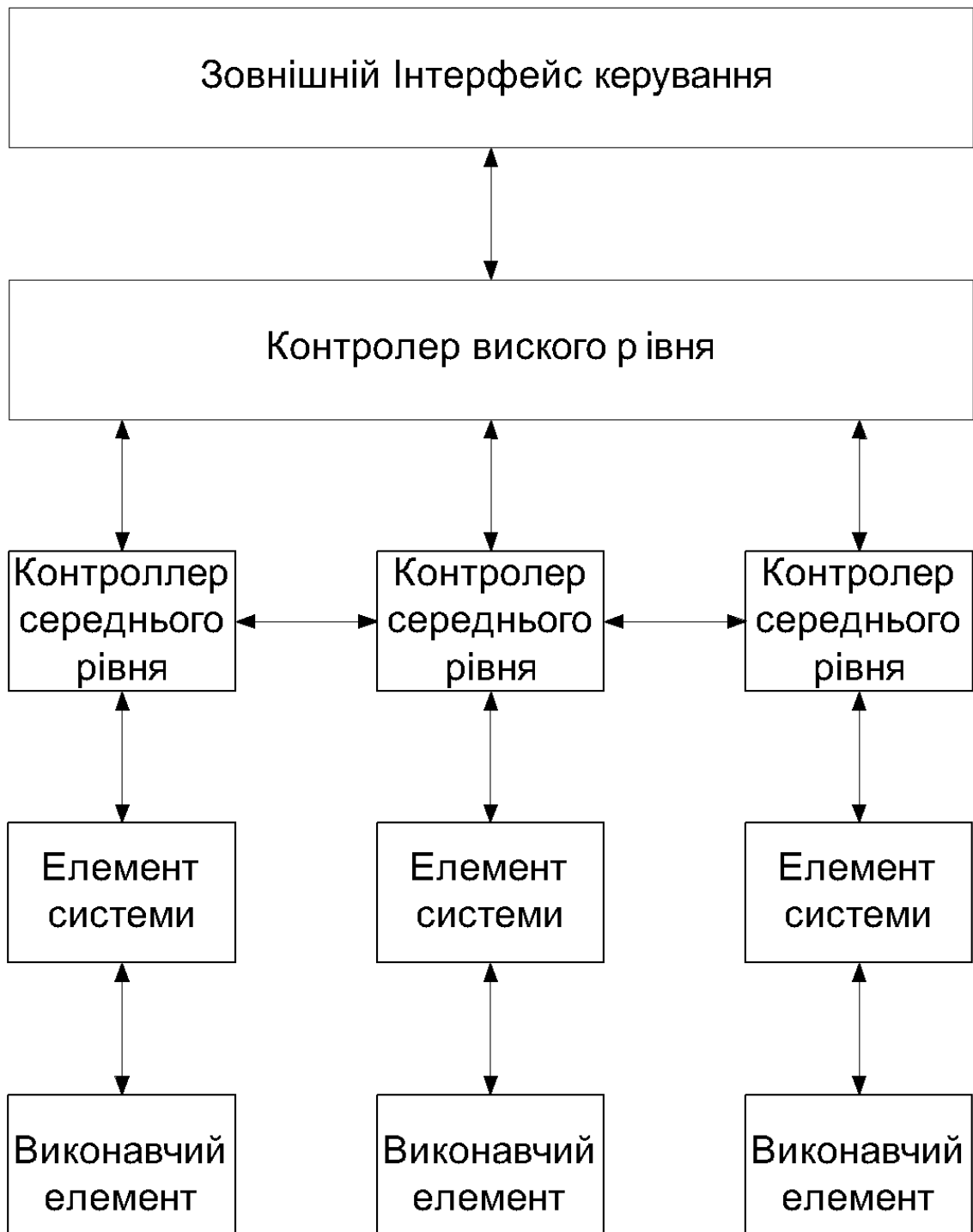


Рисунок 2.4-Централізована система з головним контролером, яка є ланкою системи

2.4 Вибір контролера середнього рівня.

Пристрій, що має виконувати роль контролера середнього рівня має відповідати таким вимогам:

- Наявність не менше 7 GPIO інтерфейсів передачі даних
- Наявність апаратних UART, I2C, I2S, SPI інтерфейсів передачі даних для поєднання декількох пристроїв нижнього рівня в одну централізовану ланку
- Можливість програмно або апаратно взаємодіяти з шиною 1-Wire
- Апаратна можливість генерувати PWM сигнал на виводах
- Наявність АЦП, переривань, таймерів
- Апаратний стек протоколів TCP/IP
- Живлення постійною напругою 12V
- Невисока ціна

Найкращим вибором стане плата NODE MCU на основі мікроконтролера серії ESP, а саме ESP-12-E. Дана плата повністю задовольняє усім вимогам до контролера середнього рівня. А враховуючи апаратну можливість працювати з мережею Інтернет система позбавляється недоліків децентралізованої системи. Також даний контролер надає можливість мати зв'язок безпосередньо з ланкою в обхід головного контролера, що беззаперечно підвищує надійність системи, а також дає більшу можливість адаптувати систему до різних інтерфейсів керування. Також варто відзначити низьке енергоспоживання та малі розміри. Дана плата може живитися постійною напругою 3-12V. Наявність 4 мегабайт пам'яті стає ключовим аспектом при виборі контролера на користь плати NODE MCU.

					ЕП.МР.18.05.2.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

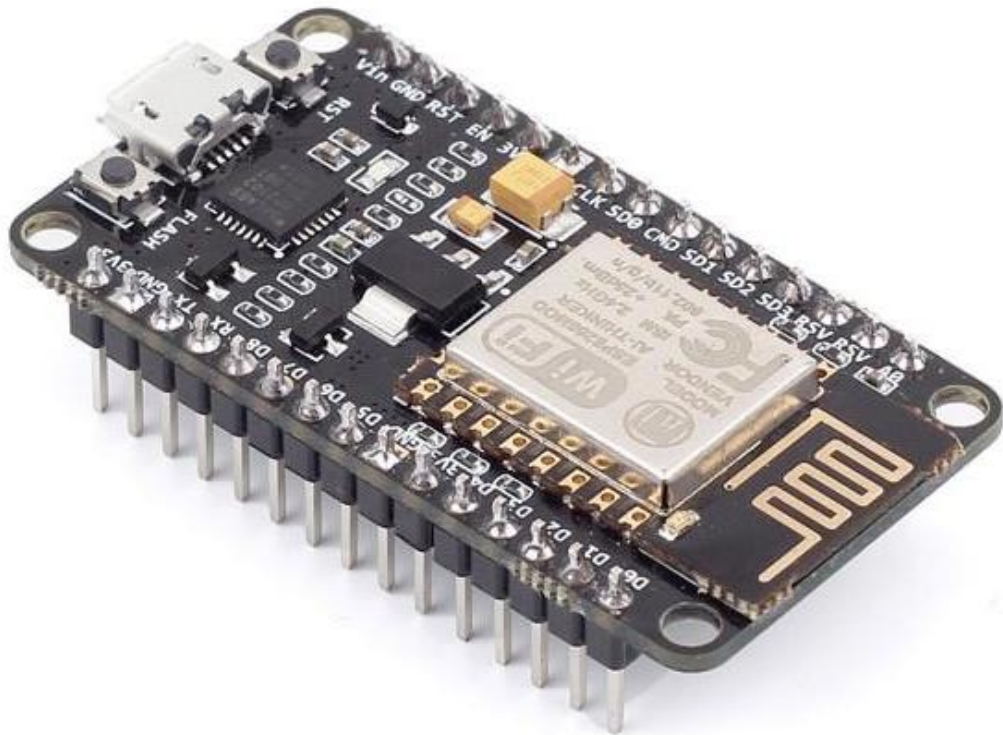


Рисунок 2.5-Контролер NODE MCU[7]

2.5 Вибір контролера високого рівня

На місці контролера високого рівня може використовуватися сервер, побудований на персональному комп'ютері, однак це в край не вдале рішення, оскільки робота ПК викликає дискомфорт рівнем шуму. Також такий сервер буде занадто потужним для використання у такій системі, варто відзначити відносно велике енергоспоживання та ціну. Такий вибір можна зробити у випадку якщо сервер є у наявності і його можна додатково навантажити. Однак такий варіант не завжди підходить.

Оскільки ПК не завжди підходить, варто звернути увагу на пристрої, у яких відсутні недоліки ПК, а саме створення дискомфорту, енергоспоживання, занадта потужність. Таким рішення стануть мікрокомп'ютери. Вони достатню потужність, низьке енергоспоживання, малі габарити, легко можуть виконувати функції сервера і не рідко мають апаратні інтерфейси I2C та SPI, що є додатковим плюсом. Особливістю таких пристроїв є можливість роботи під керуванням операційної системи Linux. Можна виділити два найбільш вдалих

					ЕП.МР.18.05.2.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

варіанта для побудови сервера, це ORANGE PI Zero та Onion Omega2+ характеристики яких наведено нижче:

ORANGE PI Zero:

- Процесор: SoC: Allwinner H2+, Quad-Core Cortex A7@1,2 ГГц
- Графічний процесор: GPU: МаН400MP2(5)600MHz, Підтримка OpenGL ES2.0
- Оперативна пам'ять: DDR3 RAM: 256M
- Пам'ять програм: MicroSD
- Мережевий інтерфейс: 10/100M Ethernet port
- Аудіо вихід: GPIO
- Мікрофон: GPIO
- Інфрачервоний порт: GPIO
- USB порти: Host 1x USB 2.0 и 2 порта на додатковому модулі розширення
- Micro USB порт: OTG порт
- Відео вихід: композитний
- GPIO входи/виходи: 2.54мм 24-контактний и 12-контактный , включая USB, UART, SPI, I2C, PWM и т.д.
- Напряга живлення: 5В
- Максимальний струм живлення: 2А
- Розміри плати: 46 x 48мм
- Вага: 26 грам [8]

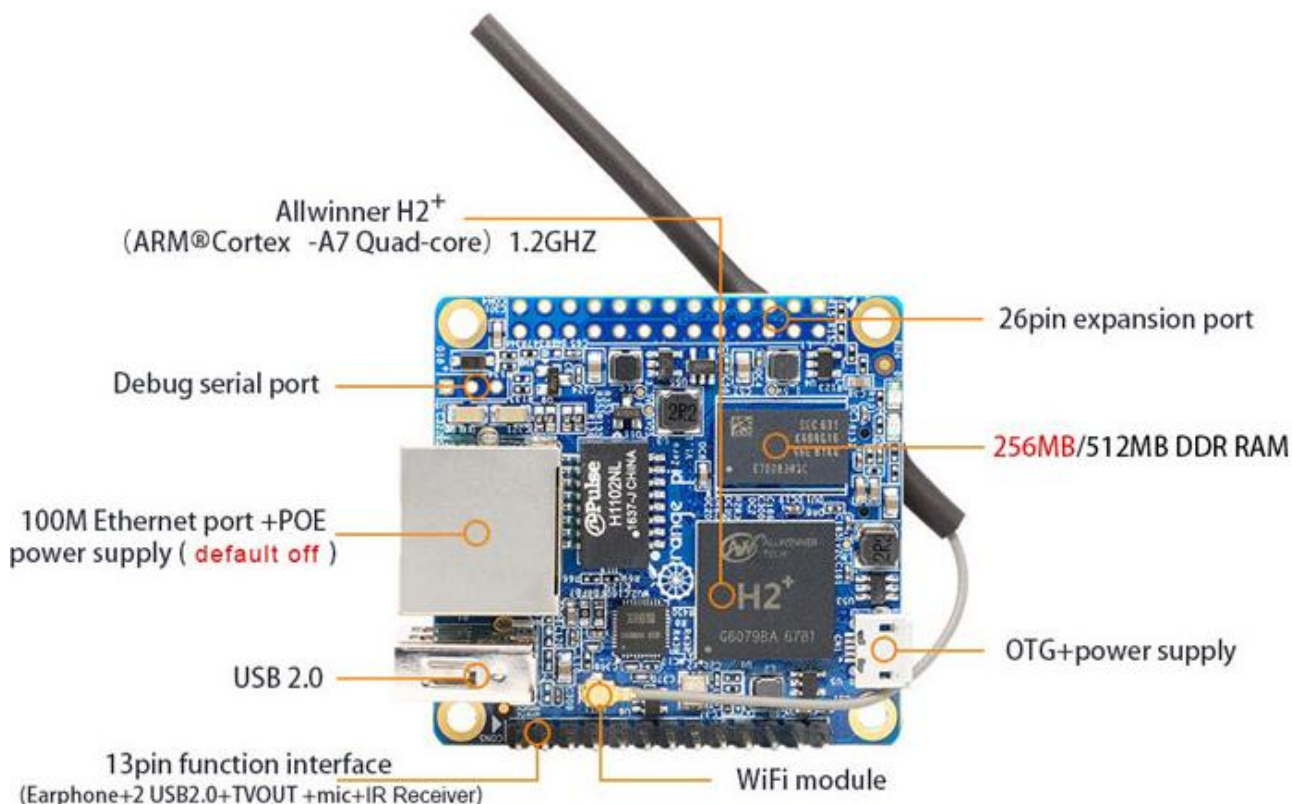


Рисунок 2.6.1-Плата Orange Pi Zero[8]

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЕП.МР.18.05.2.ПЗ

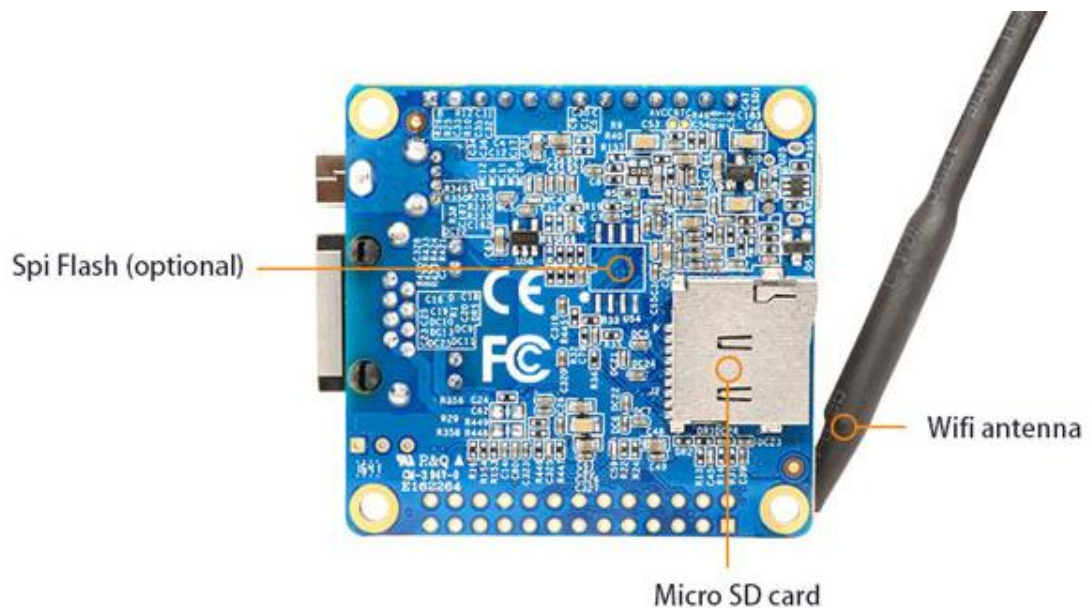


Рисунок 2.6.2-Плата Orange Pi Zero[8]

Onion Omega 2:

- Процесор: MIPS на частоті 580MHz;
- Оперативна пам'ять обсягом : 64MB;
- Flash-пам'ять обсягом: 16MB;
- Підтримка USB2.0;
- WiFi: 2.4GHz b/g/n;
- Робоча Напруга : 3.3V;
- Кількість входів/виходів: 12 GPIO;
- Підтримка протоколів передачі даних: UART, I2C и SPI;



Рисунок 2.7- Плата Onion Omega 2[9]

Спираючись на основні данні представлених мікрокомп'ютерів, наявність у них потрібних інтерфейсів, наявності WiFi, допустимої напруги живлення, не великий розмір, і безшумність при роботі можна сказати, що обидва мікрокомп'ютера можна використовувати як головний контролер. Однак потрібно відзначити що Onion Omega 2 може бути використана у малих системах, оскільки має менший обсяг двох видів пам'яті, та слабший центральний процесор. Не можна обійти стороною і те, що Onion Omega 2 дуже рідко зустрічається у продажі, що є мінусом на відміну від поширеної Orange Pi zero, який можна придбати майже у будь якому магазині.

Для проекту обрано Orange PI Zero за його поширеність, більший обсяг пам'яті, та більшу сервероорієнтованість.

2.6 Вибір інтерфейсу зв'язку з системою керування приводом вентиляції.

Оскільки на даний час системи вентиляції дуже складні потрібно виконати інтеграцію такої системи до системи Розумний ДІМ. Головним елементом вентиляційної установки є електродвигун. Для реалізації повноцінного вентилявання приміщення не вистачить лише вмикати або вимикати двигун, це означає що ні контролер середнього рівня, ні контролер високого рівня не впораються з безпосереднім керування приводом вентиляції. Для таких цілей у всьому світі використовують перетворювачі частоти, які дають змогу повноцінно керувати асинхронним або синхронним приводом вентиляційної установки.

Однак ні контролер середнього рівня, ні контролер високого рівня не мають інтерфейсів зв'язку, які могли бути використані для керування перетворювачем частоти.

Для того, щоб система могла керувати перетворювачем частоти необхідно обрати найпоширеніший інтерфейс зв'язку і знайти плату, що

					ЕП.МР.18.05.2.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

надасть нам змогу поєднати контролер середнього рівня та перетворювач частоти.

Найпоширенішим інтерфейсом, який підтримує більшість перетворювачів частоти є Modbus. Modbus - комунікаційний протокол, заснований на технології master-slave. Широко застосовується в промисловості для організації зв'язку між електронними пристроями. Може використовувати для передачі даних через послідовні лінії зв'язку RS-485, RS-422, RS-232, а також мережі TCP/IP (Modbus TCP).

На основі описаного вище можна сказати, що плата МАХ485, може бути використана даній системі.

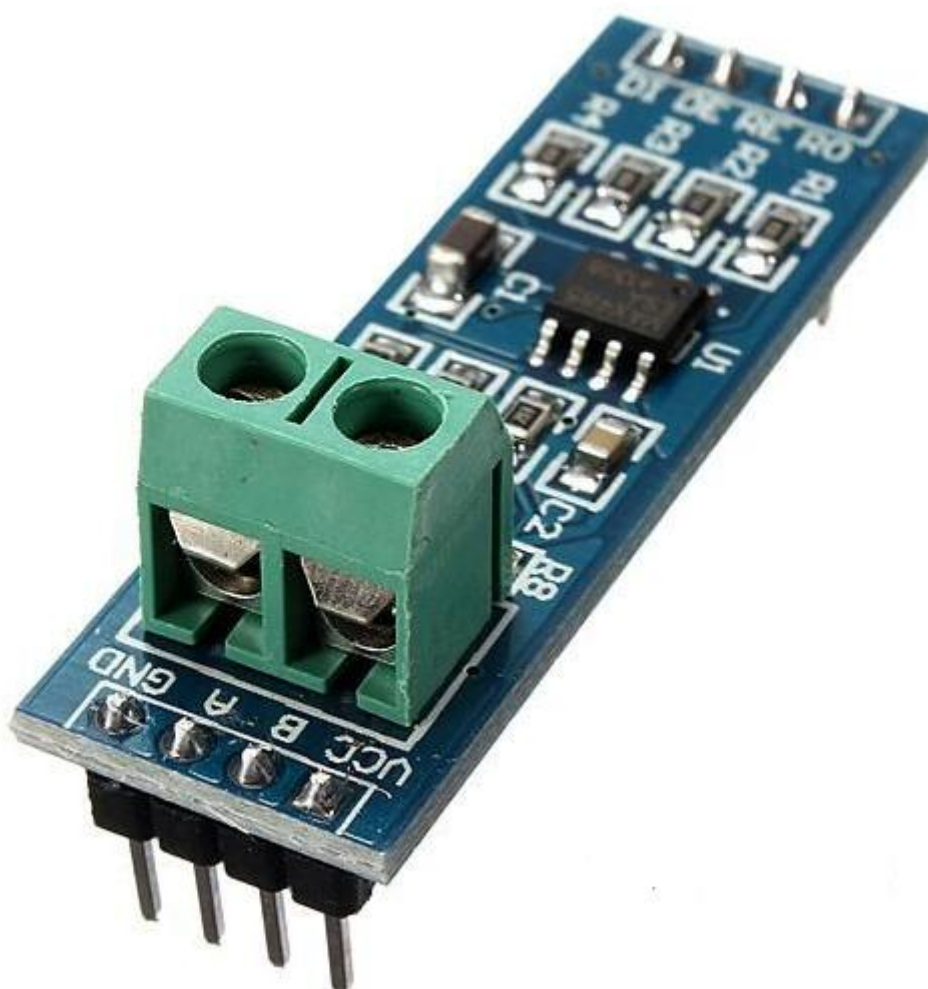


Рисунок 2.8- МАХ485[10]

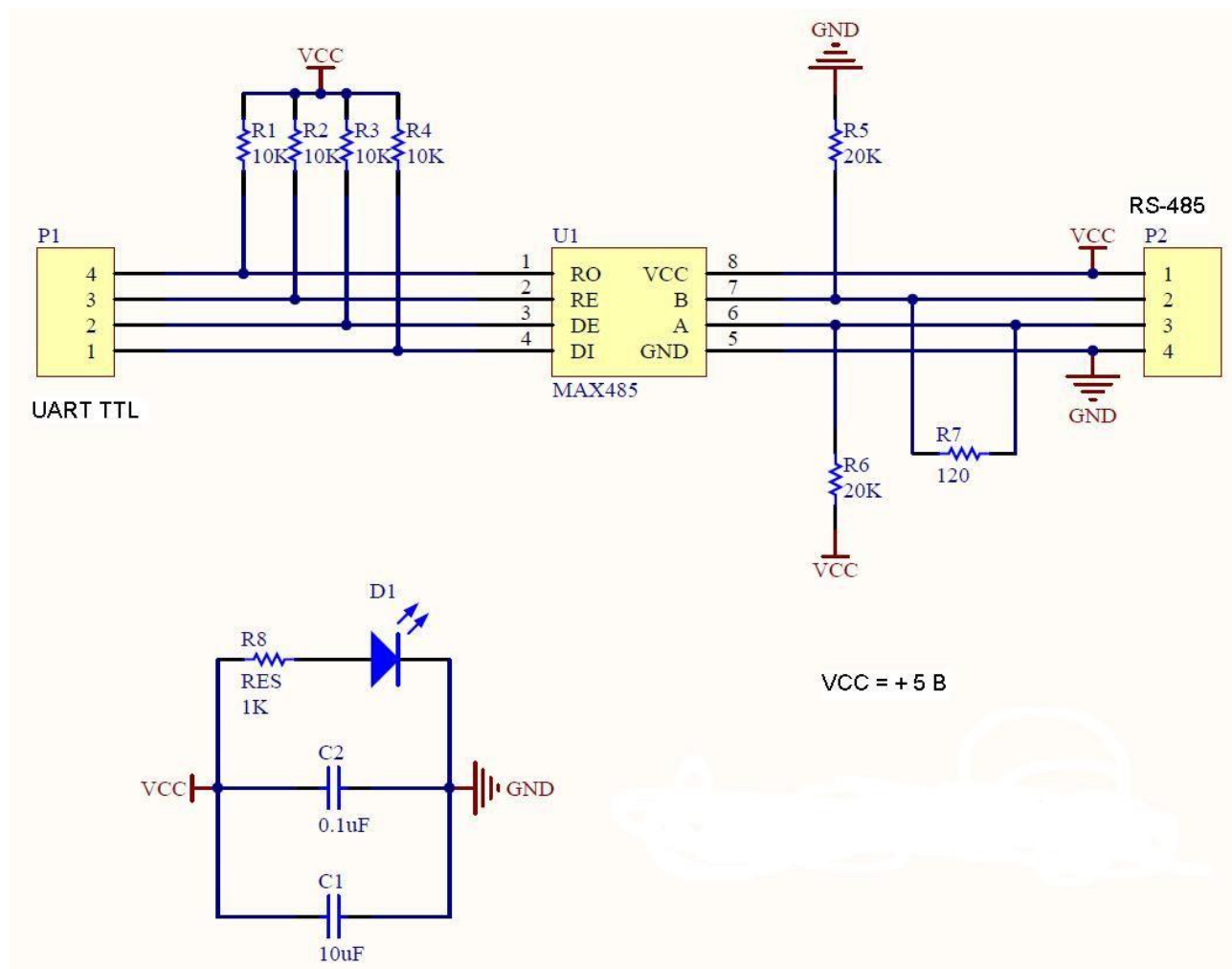


Рисунок 2.9 Схема підключення MAX 485 до UART та RS 485[11]

Роз'єм P1 - UART TTL:

- 1 - DI вхід передавача
- 2 - DE (driver enable) - дозвіл роботи передавача
- 3 - RE (receiver enable) - дозвіл роботи приймача
- 4 - RO вихід приймача

Роз'єм P2 - RS-485:

- 1 - «+» живлення
- 2 - B- інверсний диференціальний вхід / вихід лінії RS-485
- 3 - A + прямий диференційний вхід / вихід лінії RS-485
- 4 - GND - загальний

2.7 Вибір зовнішнього інтерфейсу зв'язку

Зважаючи на те, що контролер високого рівня може виконувати функції сервера, можна одразу відкинути інтерфейси та сервіси з використання зовнішніх серверів, що зробить систему незалежною від сторонніх ресурсів. Тому можна відкинути такі ресурси, як Blynk та MAGORDOMO.

Спираючись на можливості та потреби, доцільно використовувати MQTT сервер.

MQTT гранично примітивний: з коротким заголовком, без контролю цілісності, що не накладає ніяких обмежень на структуру, кодування або схему даних. Єдина вимога до даних в кожному пакеті - вони повинні супроводжуватися ідентифікатором інформаційного каналу. Цей ідентифікатор в специфікації називається Topic Name або простіше топик. Дані передаються пакетам поверх протоколу TCP. Кількість даних в пакеті може бути від одного байта до 268 435 455 байт. Функціонування MQTT полягає у тому, що клієнти записують або зчитують дані з топиків сервера. У даному випадку сервером буде служити контролер високого рівня плата Orange PI Zero, а клієнтами плати NODE MCU.

					ЕП.МР.18.05.2.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

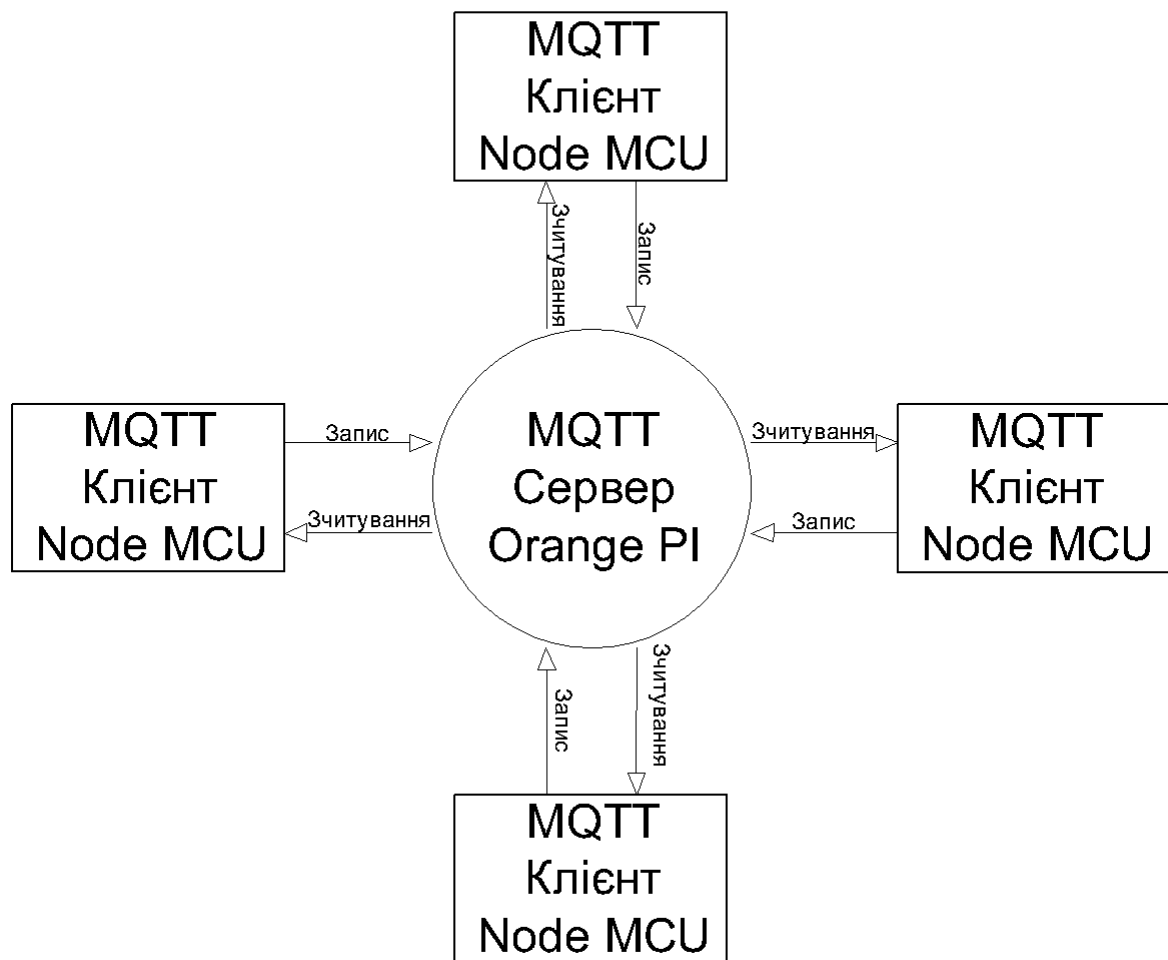


Рисунок 2.10 Схематичне зображення роботи MQTT сервера.

Однак для повноцінної системи розумний дід обов'язкова можливість керувати приміщення за допомогою мобільного девайсу або комп'ютеру. Для цього у вільному доступі можна знайти багато додатків, які зможуть працювати з нашим сервером з можливістю віддавати команди та зчитувати інформацію з системи. Найбільш оптимальним варіантом додатку є MQTT Dashboard, який можна безкоштовно завантажити з ресурсу Google Play Market.

Цей додаток конфігурується відповідно до топіків нашого MQTT сервера і дозволяє зчитувати або записувати значення до системи. Інтерфейс цієї програми складається з 2 сторінок одна сторінка зі значеннями, які зчитані

передачі даних до серверу тобто вмикання/ вимикання пристроїв або зміни їх станів. Приклади інтерфейсу додатку для мобільного пристрою наведено нижче(Рисунки 2.11.-12).

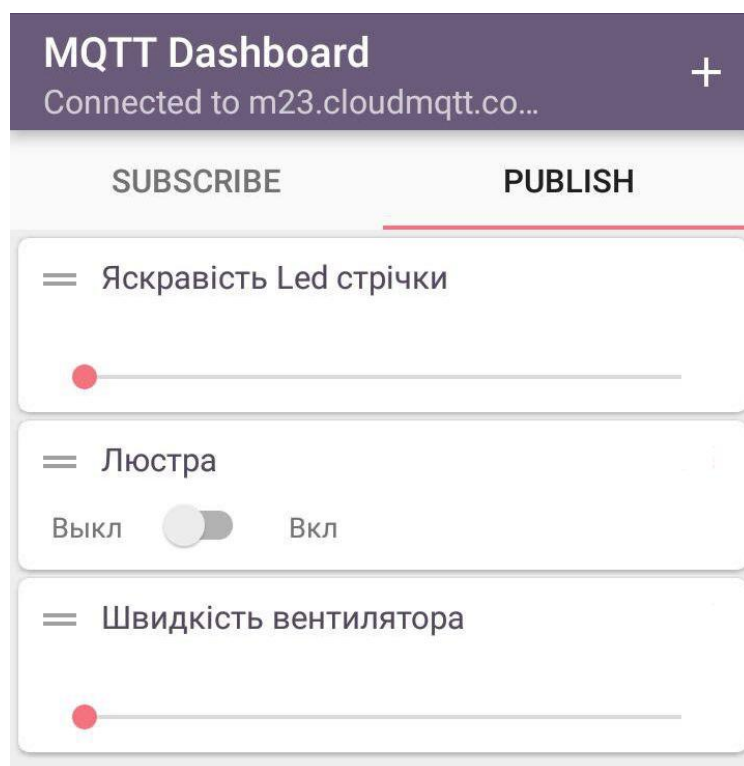


Рисунок 2.11 Сторінка передачі даних у MQTT Dashboard

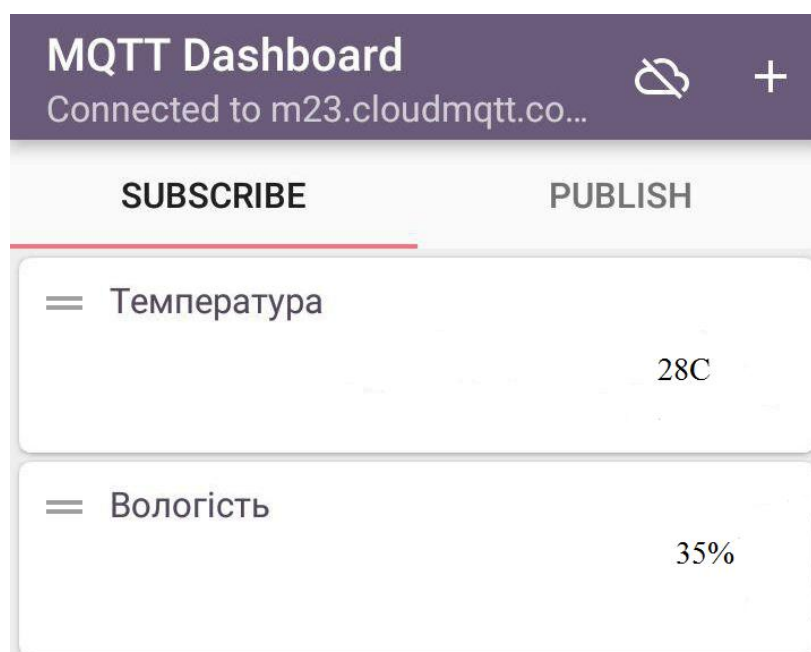


Рисунок 2.12 Сторінка переданих з переданими даними до MQTT Dashboard від сервера

					<i>ЕП.МР.18.05.2.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2.8 Висновок.

В даному розділі було приведено розроблену архітектуру системи "Розумний Будинок", особливістю якої є можливість під'єднати до системи перетворювач частоти або інший пристрій який має можливість передачі даних через протокол передачі даних RS-485.

					ЕП.МР.18.05.2.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розрахунок потужності асинхронного двигуна центробіжного вентилятора вентиляційної установки.

					<i>ЕП.МР.18.05.3.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дуганець Р.Л.</i>			<i>Розрахунок потужності асинхронного двигуна центробіжного вентилятора вентиляційної установки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Худолій С.С.</i>					<i>39</i>	<i>6</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НТУ ДП</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

3. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ЦЕНТРОБІЖНОГО ВЕТИЛЯТОРА ВЕНТЕЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

3.1 Опис робочої установки

Як було сказано раніше система "Розумний будинок" не обходиться без вентиляційної установки. У нашому разі буде використана вентиляційна установка у основі якої лежить асинхронний двигун на перетворювач частоти, однак нам потрібно визначитися з потужністю двигуна та перетворювача спираючися на необхідні данні для розрахунку.

Відцентровий або радіальний вентилятор складається з трьох основних частин:

- Колесо з лопатками
- спіральний кожух
- Станина з валом і підшипниками.

Для того щоб привести вентилятор в рух використовується електричний двигун. У свою чергу колесо вентилятора - його основний елемент, складається з лопаток, переднього і заднього дисків, а також маточини. Кількість лопаток і то, як вони загнуті - вперед або назад залежить від мети використання відцентрового вентилятора. Колеса з лопатками, загнутими назад, більш економічні, вони споживають на 20% менше електрики і добре справляються з перевантаженнями по витраті повітря. Але і у вентиляторів з лопатками, загнутими вперед, є свої переваги. Так, вони менше шумлять за рахунок більш низької частоти обертання, а також відрізняються меншим розміром колеса, а значить і корпусу.

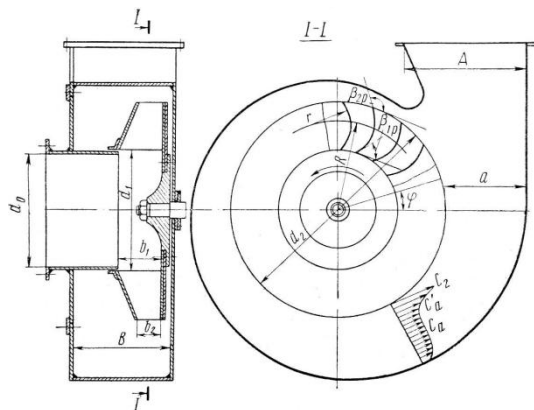


Рисунок.3.1 Центробіжний вентилятор[12].

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Колесо вентилятора може обертатися за годинниковою стрілкою або проти неї (якщо дивитися на пристрій з того боку, звідки всмоктується повітря), а радіальний вентилятор називається правого або лівого обертання відповідно.

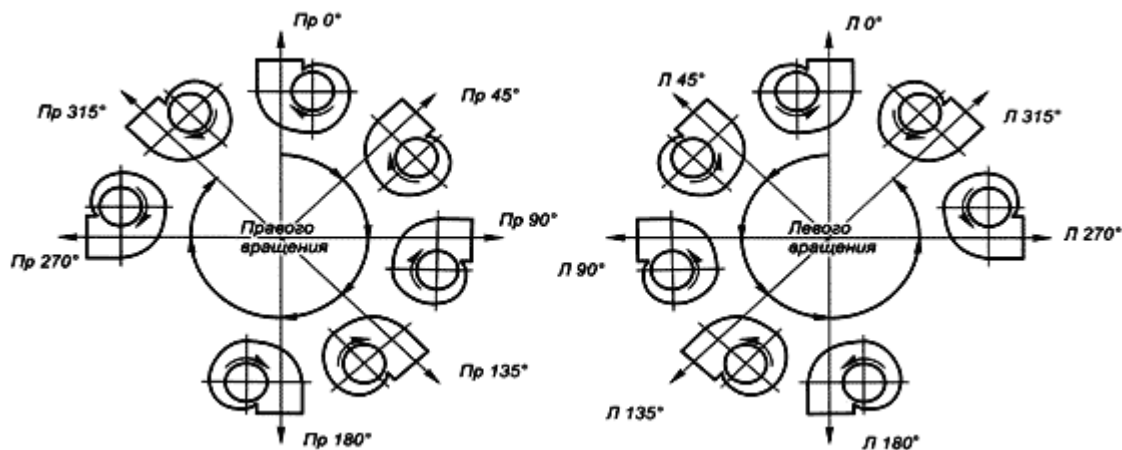


Рисунок 3.2 Види вентиляторів залежно від напрямку руху лопатей[13].

В першу чергу, вибираючи центробіжний вентилятор, слід враховувати з якою середовищем він буде взаємодіяти. Так, вентилятори звичайного виконання призначені для переміщення повітря температурою до 80 градусів, що не містить агресивних і липких речовин, з вмістом пилу і твердих домішок до 100 мг / м³.

3.2 Розрахунок потужності центробіжного вентилятора

Оскільки центробіжний вентилятор відноситься до турбомеханізмів то режим його роботи характеризується трьома основними параметрами:

- Подача Q [м³/с];
- Напор H [Па;Н/м²];
- Швидкість обертання w [1/с];

Ці величини визначають момент спротиву та потужність на валу механізму, за якими виконується вибір потужності приводного двигуна. Для центробіжного вентилятора потужність на валу визначається як величина енергії передаваної рухомому газу в одиницю часу.

									Арк.
									41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕП.МР.18.05.3.ПЗ				

Маса газу, переміщеного за секунду розраховується за (3.1):

$$m = F \cdot \rho \cdot v \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right] \quad (3.1)$$

Де

F-площа перерізу газопроводу;

v- швидкість руху газу;

ρ - густина газу;

Тоді вираз для енергії рухомого газу приймає вигляд (3.2):

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2} \cdot t = \frac{F \cdot v^3 \cdot \rho}{2} \cdot t \text{ [Дж]} \quad (3.2)$$

Звідки отримуємо формулу розрахунку потужності на валу вентилятора (3.3):

$$P = \frac{F \cdot v^3 \cdot \rho}{2 \cdot \eta_v} \text{ [Вт]} \quad (3.3)$$

де η_v коефіцієнт корисної дії вентилятора.

Враховуючи що площа перерізу вентиляюемого приміщення $F = 20\text{м}^2$, а швидкість руху повітря під час вентилявання не перевищує $= 3\text{м/с}$, густина повітря складає $\rho = 1.2\text{кг/м}^3$ при температурі 20С, ККД вентилятора $\eta_v = 75\%$. Підставивши дані у 3.3 розрахуємо потужність на валу вентилятора:

$$P = \frac{F \cdot v^3 \cdot \rho}{2 \cdot \eta_v} = \frac{20 \cdot 3^3 \cdot 1.2}{2 \cdot 0.75} = 432 \text{ [Вт]}$$

Враховуючи необхідність запасу потужності обираємо двигун потужністю 550Вт. Асинхронний двигун такої потужності присутні у серії 4А моделлю 4АМ63В2.

					<i>ЕП.МР.18.05.3.ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип двигуна	4AM63B2
Потужність двигуна P_H	550(Вт)
ККД η_H	73%
Номинальна напруга живлення U_H	380В
Синхронна кутова швидкість ω_0	314рад/с
Номинальна кутова швидкість	308 рад/с
Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	0.86
X_μ	2.5 в.о.
Відносний спротив статора за схемою заміщення R_1'	0.13 в.о.
Відносна індуктивний опір статора за схемою заміщення X_1'	0.049 в.о.
Відносний опір ротора за схемою заміщення R_2''	0.096 в.о.
Відносна індуктивний опір ротора за схемою заміщення X_2''	0. в.о.
Номинальне ковзання s_H	8.5%
Критичне ковзання s_K	54.5%
Момент інерції валу двигуна $J_{дв}$	0.0009(кг·м ²)
Кратність моменту критичного відносно моменту номінального	2.3
Кратність моменту пускового відносно моменту номінального	2.2

Таблиця 3.1 характеристики обраного двигуна.

3.3 Вибір перетворювача частоти.

Наступним кроком буде обрання перетворювача частоти, оскільки робочий механізм вентилятор, то рекуперативні режими відсутні і можна гальмувати вільним вибігом, що у свою чергу дозволяє не використовувати тормозний резистор або систему рекуперації.

Для обрання перетворювача частоти необхідно знати номінальний струм двигуна, і якщо виконується наступна умова перетворювач частоти є задовільним

$$I_{nc} \geq I_{дв} \cdot K_3 \quad (3.4)$$

Де:

I_{nc} номінальний струм перетворювача частоти;

					ЕП.МР.18.05.3.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{\partial\partial}$ номінальний струм двигуна ;

K_3 коефіцієнт запаса;

Розрахуємо струм двигуна за (3.5):

$$I_{\text{дв}} = \frac{P_n}{3 \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi \cdot U_n} = 1.4(\text{A}) \quad (3.5)$$

Далі врахуємо коефіцієнт запасу

$$I_{nc} \geq 1.4 \cdot 1.2 = 1.68(\text{A})$$

Обираємо перетворювач частоти Шнейдер Електрик серії Altivar 61 ATV 61HU15M3, номінальний струм якого $I_{nc} = 2.2(\text{A})$, який повністю задовольняє нашим вимогам за струмом та має інтерфейс передачі даних RS485.

3.4 Висновок

У даному розділі роботи було розраховано потужність центробіжного вентилятора, обрано двигун та перетворювач частоти, які повністю задовольняють наші вимоги.

					<i>ЕП.МР.18.05.3.ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Дослідження динаміки електропривода

					<i>ЕП.МР.18.05.ДД.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Дуганець Р.Л.</i>			<i>Дослідження динаміки електропривода</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Худолій С.С.</i>					45	13
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Казачковський</i>						
<i>Затверд.</i>								

4.1 Вибір математичної моделі електродвигуна

Оскільки в даному проекті не потрібно велика точність регулювання координат електропривода, то можна прийняти скалярний метод керування за законом пропорційної заміни напруги та частоти за формулою (4.1).

$$\frac{U}{F} = \text{const}, \quad (4.1)$$

Де U - живляча напруга двигуна, F - частота живлячої напруги.

Для дослідження двигуна при скалярному керуванні, зазвичай використовують дві моделі в координатах $\langle\alpha-\beta\rangle$ та $\langle x-y\rangle$. Модель в координатах $\langle\alpha-\beta\rangle$ є нерухомою $\omega_c = 0$ вісь α жорстко пов'язана з віссю фази А обмотки статора, а вісь β випереджає її на 90 градусів, така модель має велику кількість диференціальних та алгебраїчних рівнянь, а також значною кількістю перехресних зв'язків у структурі моделі, що робить цю модель не зручною для використання. Модель у координатах $\langle x-y\rangle$ є рухомою $\omega_c = \omega_0$ тобто система координат обертається з синхронною швидкістю обертання поля двигуна ω_0 . Така модель характеризується меншою кількістю диференціальних та алгебраїчних рівнянь, що спрощує розрахунок і використання моделі. Така модель є найбільш доцільною при частотному керуванні двигуном.

4.2 Розрахунок математичної моделі двигуна координатах $\langle x-y\rangle$

Данні двигуна беремо з таблиці (3.1), а також розрахунки значень опору та індуктивності статора та ротора і розрахунок струму, моменту, коефіцієнта Z_b з другої частини проекту.

Розрахуємо кількість пар полюсів двигуна N_p .

$$N_p = \frac{3000}{n_0} = \frac{3000}{3000} = 1 \quad (4.2)$$

Розрахуємо проміжні коефіцієнти $L1_s$ та $L2_s$:

$$L1_s = \frac{X_1}{\omega_0} = \frac{0.049}{314} = 1.56 \cdot 10^{-4} \quad (4.3)$$

					<i>ЕП.МР.18.05.ДД.ПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L2_s = \frac{X_2}{\omega_0} = \frac{0.11}{314} = 3.5 \cdot 10^{-4} \quad (4.4)$$

Розрахуємо індуктивність повітряного зазору L_m :

$$L_m = \frac{X_\mu}{\omega_0} = \frac{2.5}{314} = 0.008 \quad (4.5)$$

Розрахуємо індуктивності статора L_s та ротора L_r :

$$L_s = L_m + L1_s = 0.008 + 1.56 \cdot 10^{-4} = 0.00816 \quad (4.6)$$

$$L_r = L_m + L2_s = 0.008 + 3.5 \cdot 10^{-4} = 0.00835 \quad (4.7)$$

					<i>ЕП.МР.18.05.ДД.ПЗ</i>	Арк.
						47
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

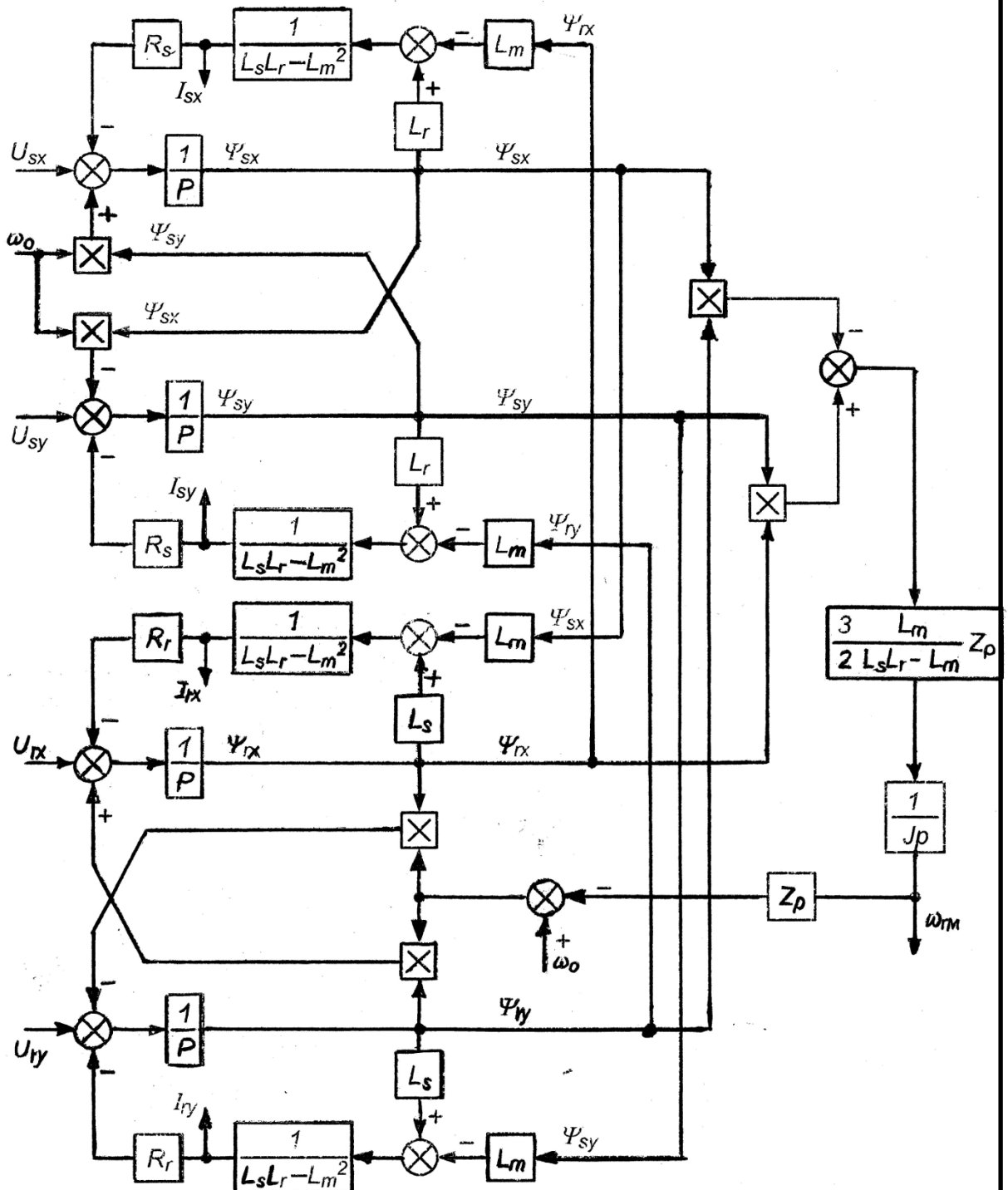


Рисунок 4.1 – Модель двигуна в координатах <x-y>

Для того, щоб упевнитися у працездатності моделі промодельюємо пуск двигуна в холосту від задачника інтенсивності.

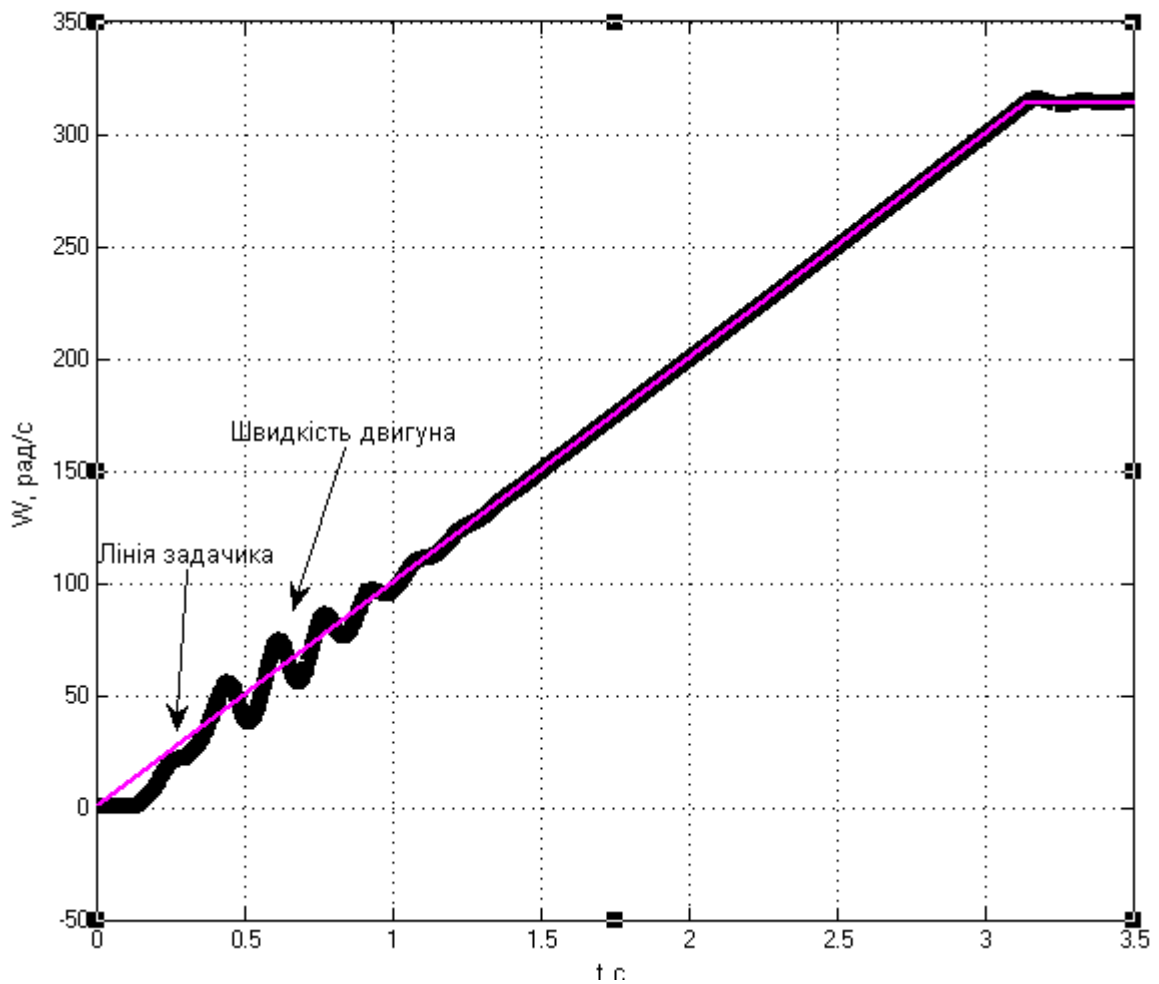


Рисунок 4.2 – Пуск двигуна від задатчика інтенсивності.

4.3 Розрахунок регулятора швидкості:

Оскільки обрано модель двигуна у координатах $\langle x-y \rangle$, яка є громіздкою, і дуже незручною для розробки контурів регулювання координат, відмовляємося від контуру струму і розраховуємо тільки регулятор швидкості. за спрощеною моделлю асинхронного двигуна.

Для спрощення розрахунку регулятора швидкості приймемо асинхронний двигун в лінеаризованному вигляді, він буде складатися з двох диференціальних ланок першого порядку.

					<i>ЕП.МР.18.05.ДД.ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

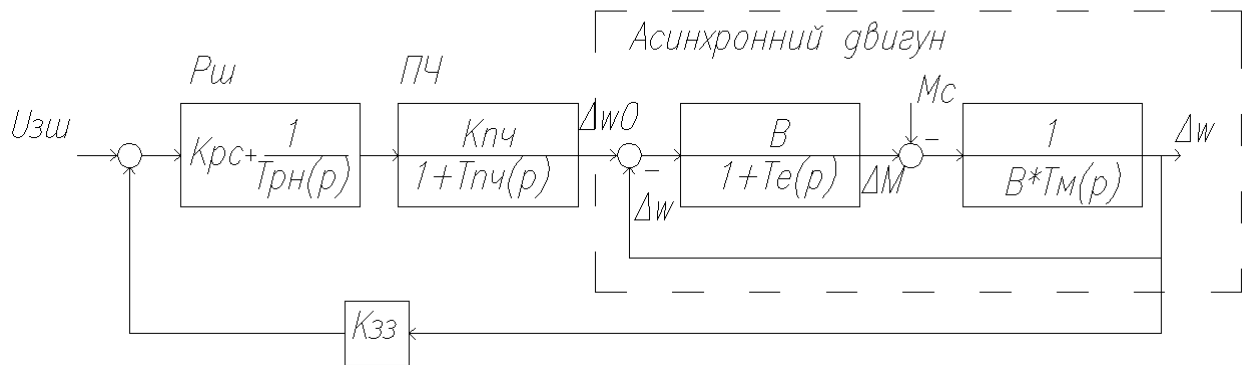


Рисунок 4.3 – Спрощена структурна схема системи ПЧ-АД зі зворотнім зв'язком за швидкістю.

В даній моделі β модуль жорсткості лінеаризованної механічної характеристики двигуна

$$\beta = \frac{2 \cdot M_k}{s_k \cdot \omega_0} = \frac{2 \cdot 2.3 \cdot 1.75}{314 \cdot 0.54} = 0.047 \quad (4.8)$$

T_e - еквівалентна електромагнітна стала часу статора та ротора асинхронного двигуна

$$T_e = \frac{1}{s_k \cdot \omega_0} = \frac{1}{314 \cdot 0.54} = 0,006 \text{ (с)} \quad (4.9)$$

$k_{пч}$ - коефіцієнт перетворення перетворювача частоти

$$k_{пч} = \frac{f_H}{U_H} = \frac{50}{380} = 0.13 \left(\frac{\Gamma_{ц}}{В} \right) \quad (4.10)$$

$T_{пч}$ -стала часу контуру перетворювача частоти , приймаємо її в розмірі $T_{пч} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ (с)}$

Передатна функція ПІ-регулятора швидкості:

$$W_{рш}(p) = k_{рш} \cdot \frac{1}{T_{рш}(p)} \quad (4.11)$$

Де p - оператор Лапласа

Передатна функція кола зворотного зв'язку за швидкістю двигуна:

					ЕП.МР.18.05.ДД.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{33}(p) = \frac{\Delta U_{33}}{\Delta \omega} = k_{33} \quad (4.12)$$

Де U_{33} значення сигналу зворотнього зв'язку .

При номінальному сигналі керування електроприводом, рівному $U_{к ном} = 10(V)$, та відповідаючій йому номінальній швидкості двигуна :

$$k_{33} = \frac{U_{к ном}}{\omega_H} = \frac{10}{308} = 0,0324 \left(\frac{В}{рад} \right) \quad (4.13)$$

Для розрахунку передатної функції двигуна потрібно розрахувати електромеханічну сталу двигуна T_M

$$T_M = \frac{J_{дв} \cdot \omega_0}{M_H} = \frac{0,0009 \cdot 314}{1,75} = 0,161(с) \quad (4.14)$$

Оскільки $T_M > 4T_e$, то у відповідності до спрощеної структурної схеми двигуна, його результуюча передатна функція по відношенню до зміни кутової швидкості матиме вигляд:

$$W_d(p) = \frac{1}{(T_{01}(p) + 1) \cdot (T_{02}(p) + 1)} \quad (4.15)$$

Де

$$\frac{1}{T_{01}} = \left(\frac{1}{2 \cdot T_e} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot T_e}{T_M}} \right) \right)^{-1} \quad (4.16)$$

$$T_{01} = \left(\frac{1}{2 \cdot 0,006} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,006}{0,161}} \right) \right)^{-1} = 0,0062 (с)$$

$$T_{02} = \left(\frac{1}{2 \cdot T_e} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot T_e}{T_M}} \right) \right)^{-1} \quad (4.17)$$

$$T_{02} = \left(\frac{1}{2 \cdot 0,006} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,006}{0,161}} \right) \right)^{-1} = 0,154 (с)$$

					<i>ЕП.МР.18.05.ДД.ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо віднести сталі T_{02} та $T_{пч}$ до малих некомпенсуємих сталих і в якості оцінки їх впливу прийняти :

$$T_{\mu} = T_{02} + T_{пч} = 0,154 + 5 \cdot 10^{-4} = 0,155 \text{ (с)} \quad (4.18)$$

то при налаштуванні електропривода на модульний оптимум стала інтегрування і коефіцієнт передачі пропорційної частини регулятора швидкості розраховуються

$$\begin{aligned} T_{рш} &= k_{зз} \cdot k_{пч} \cdot T_{\mu} \cdot a_{\mu} = \\ &= 0.113 \cdot 0.0324 \cdot 0.155 \cdot 2 = 0,0011 \end{aligned} \quad (4.19)$$

$$k_{рш} = \frac{T_{01}}{T_{рш}} = \frac{0,0062}{0,0011} = 5,65 \quad (4.20)$$

4.4 Моделювання:

Першим кроком буде отримання графіків перехідних процесів у регуляторі швидкості при спрощеній моделі двигуна зі зворотнім зв'язком по швидкості .

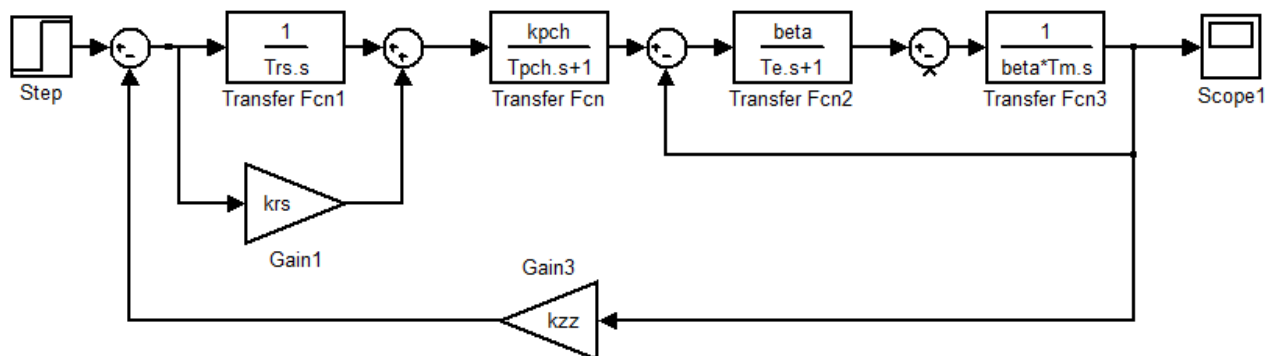


Рисунок 4.4 – Спрощена структурна схема системи ПЧ-АД зі зворотнім зв'язком за швидкістю в середі розробки Simulink.

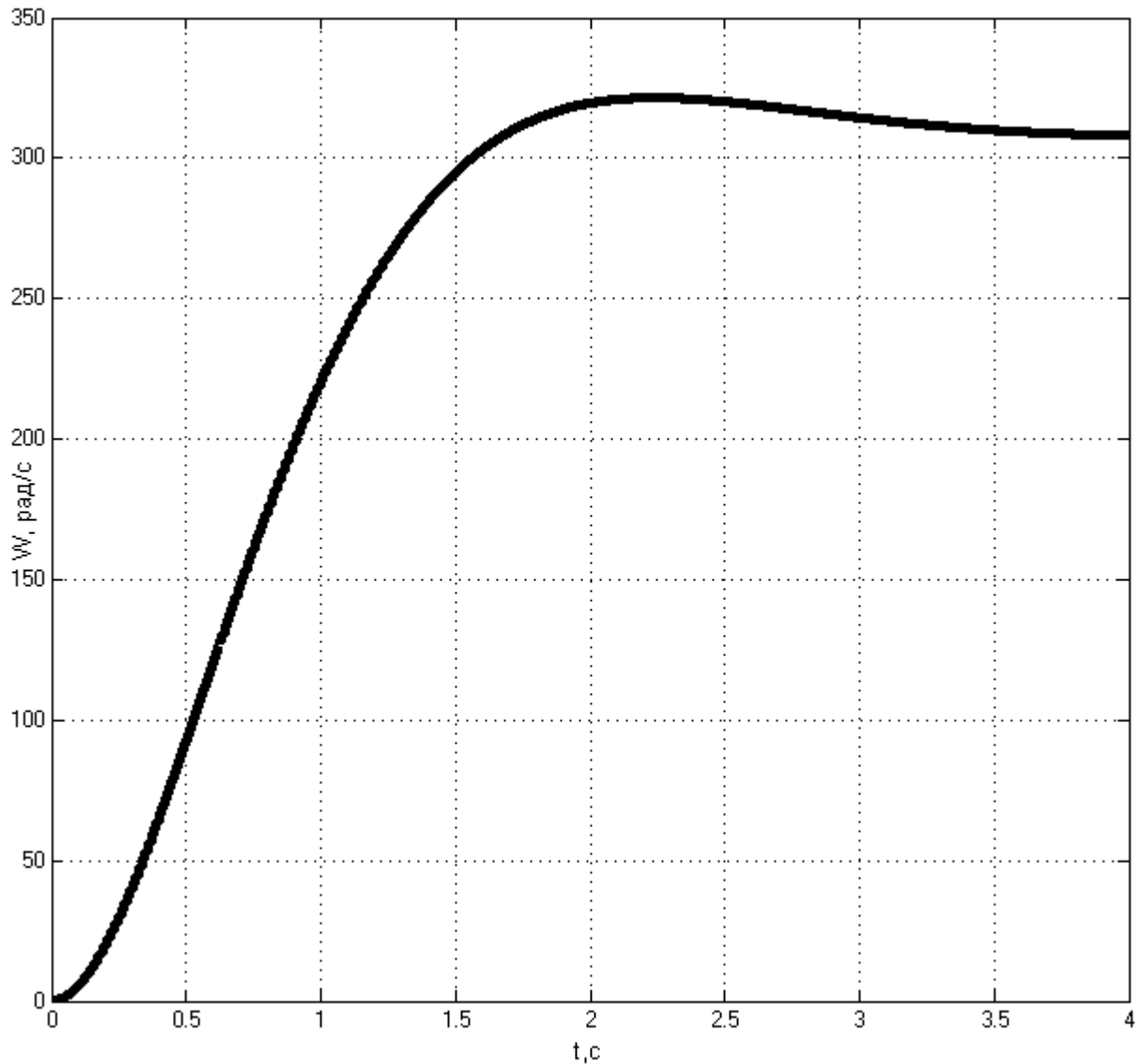


Рисунок 4.5 – Перехідний процес в спрощеній моделі системи ПЧ-АД зі зворотнім зв'язком за швидкістю при максимальному сигналі керування.

Отриманий перехідний процес має вигляд перехідного процесу з Пі-регулятором це означає що, коефіцієнти розраховано правильно. Тепер під'єднаємо модель двигуна в системі координат <x-y> до регулятора швидкості з задатчиком інтенсивності і проведемо пуск двигуна в холосту від отриманої моделі.

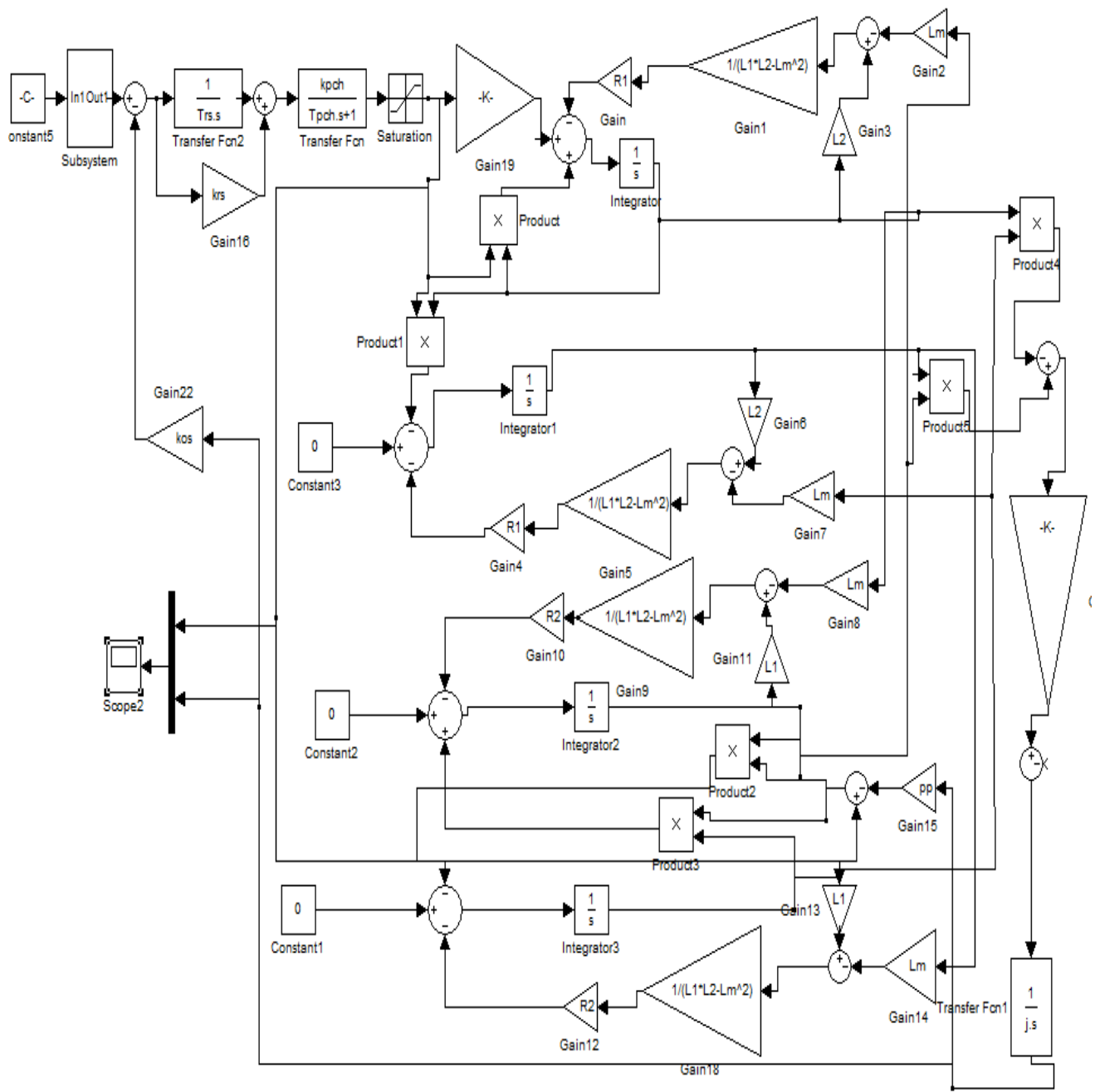


Рисунок 4.6 – Модель двигуна в координатах <x-u> з регулятором швидкості та зворотнім зв'язком .

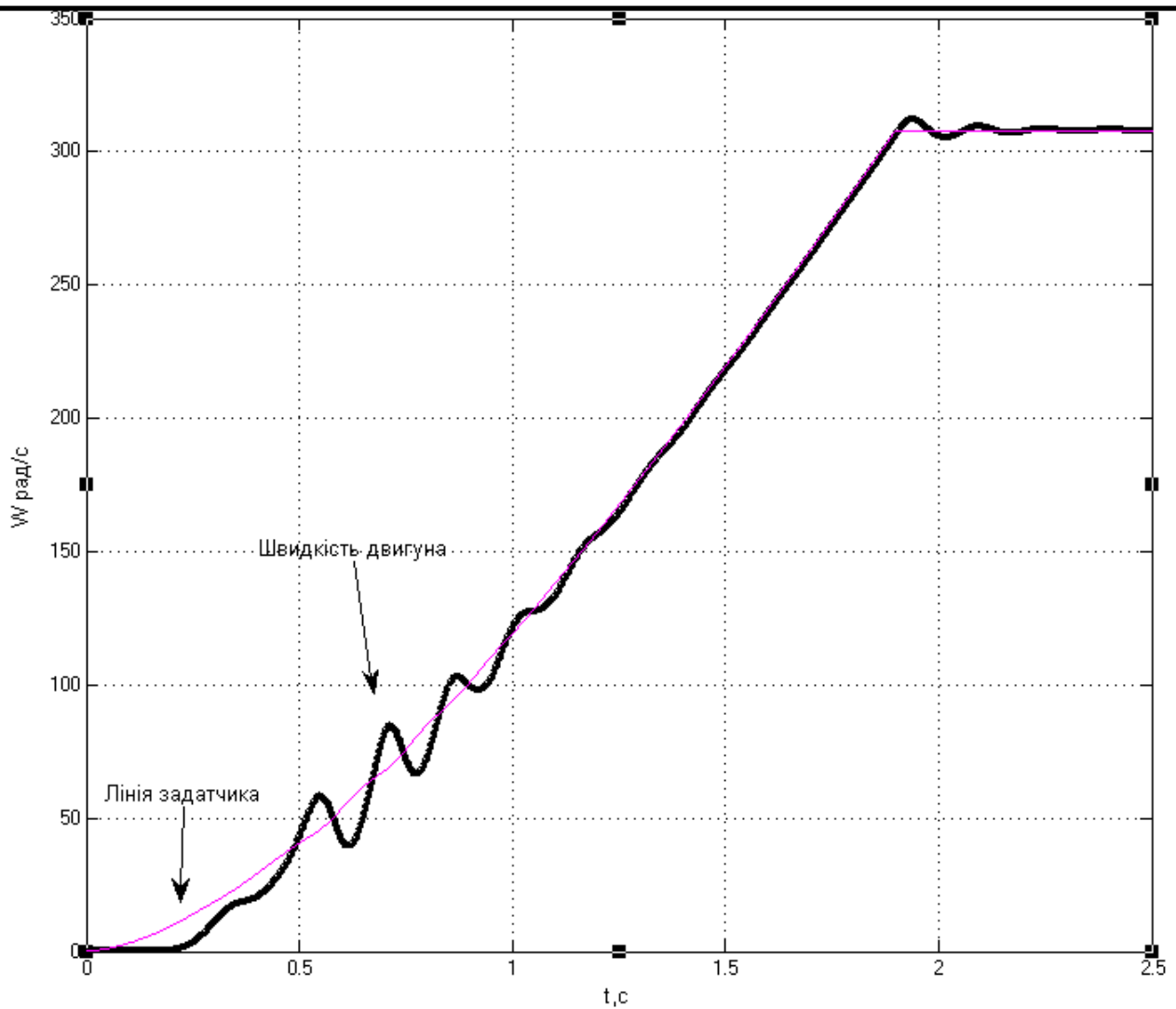


Рисунок 4.7 – Пуск двигуна від задатчика інтенсивності з регулятором швидкості .

На рис.4.7 видно не лінійність лінії задатчика це вказує на вплив регулятора швидкості. Далі проведемо пуск та гальмування.

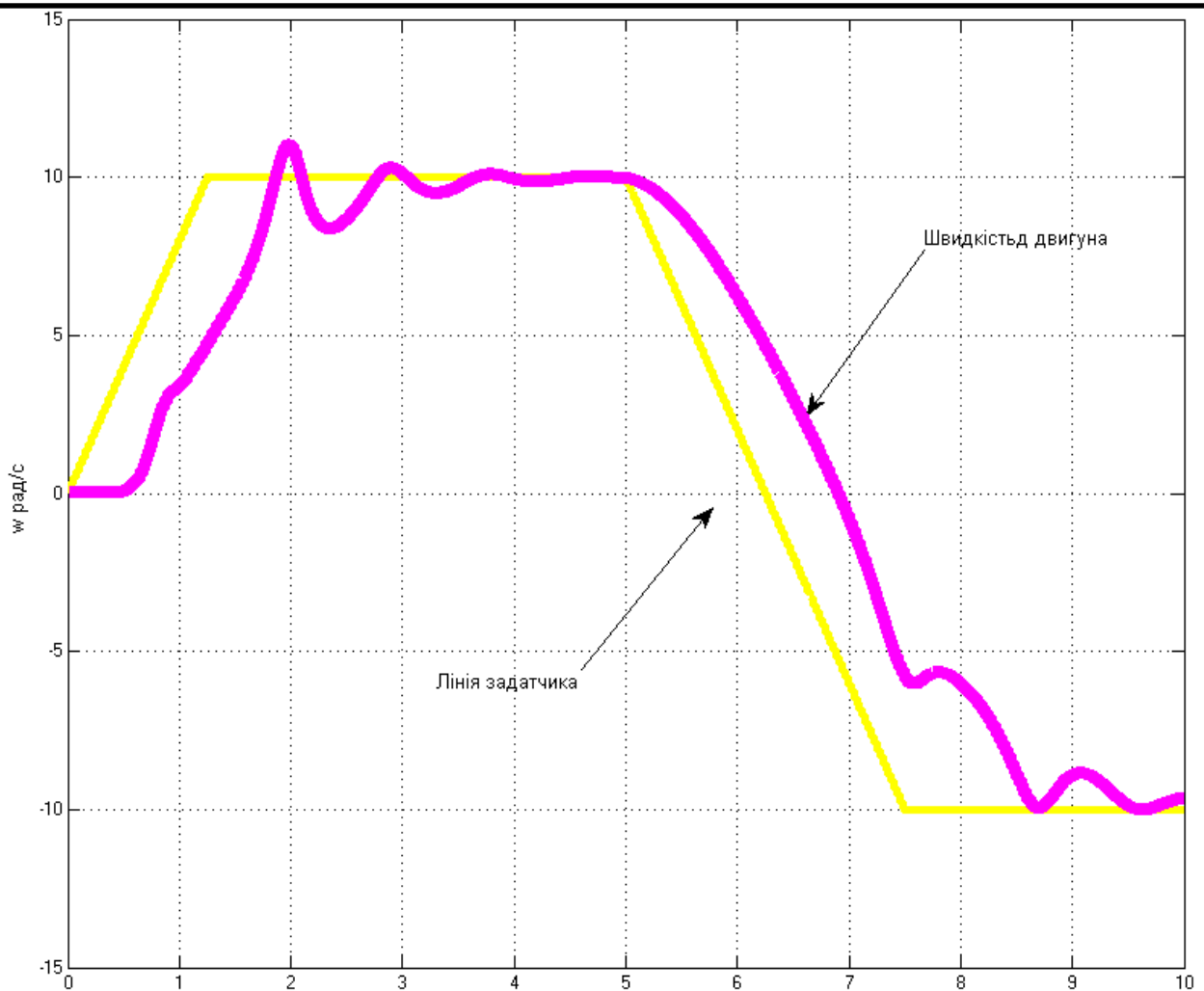


Рисунок 4.8 – Розгін та гальмування на невеликій швидкості .

Далі отримаємо діаграму реакції привода вентилятора на зміну рівня CO₂ , і підтримку заданого рівня.(Рис 3.9). Повітря у якому рівень концентрації CO₂ не перевищує 800ppm вважається дуже чистим і призводить до гарного самопочуття. Тому наша система підтримуватиме рівень концентрації CO₂ у повітрі на рівні 800ppm.

Діаграма реакції двигуна на зміну рівня CO2

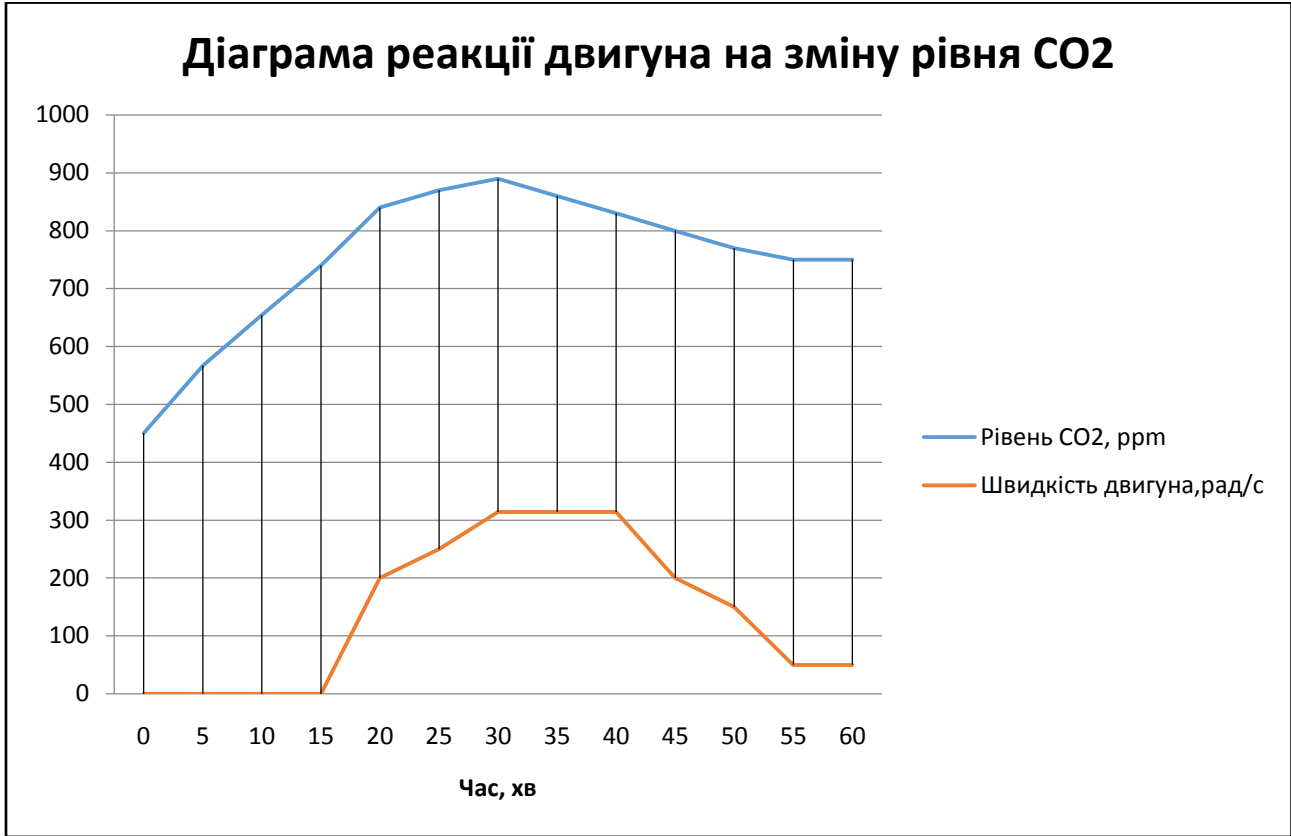


Рисунок 4.9 – Діаграма реакції двигуна вентилятора на зміну CO2 .

4.5 Висновок:

У даному розділі магістерської роботи було розраховано регулятор швидкості електропривода для чого було виконано лінеаризацію двигуна, виконано моделювання роботи приводного електропривода вентилятора вентиляційної установки, представленого у координатах $\langle x-y \rangle$ та було проведено дослідження реакції двигуна на рівень CO2 у повітрі.

5 Техніко-економічне обґрунтування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>		
Розроб.		Дуганець Р.Л.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Тимошенко Л.В.				58	13
Реценз.							
Н. Контр.		Казачковський					
Затверд.							

5 Техніко-економічне обґрунтування

5.1 Вступ

У сучасних реаліях життя все більше більше застосовується автоматизація, не тільки у промисловості, а й у повсякденному житті людини. Такі системи отримали назву "Розумний будинок", вони значно полегшують життя людини даруючи комфорт у приміщенні і дозволяють керувати усією будівлею з однієї точки, однак такі системи є доволі дорогими, та маю ряд своїх недоліків.

В даній роботі проектується нова система "Розумний Дім", яка є значно дешевшою за розповсюджені аналоги на ринку, також вона стане більш дешевшою у експлуатації та обслуговуванні.

5.2 Розрахунок капітальних витрат проекту

Капітальні вкладення - це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні витрати по реалізації проектного технічного рішення включають в себе :

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю і обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання та інші;

витрати, пов'язані з виконанням монтажних-налагоджувальних робіт, також відносяться до капітальних;

- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Розрахунок капітальних витрат оформлений у вигляді зведення капітальних витрат по розділах (таблиця 5.1).

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
						59
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$K_{пр} = B_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + B_{тзс} + B_M + B_H + B_{інш} \quad (5.1)$$

де $B_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$ сумарна вартість комплектуючих (табл. 5.1);

к - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$B_{тзс}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати;

B_M - витрати на монтажні роботи (табл. 5.2);

B_H - витрати на налагоджувальні роботи (табл. 5.3);

$B_{інш}$ - інші витрати;

Таблиця 5.1 - Зведення капітальних витрат, грн.

№	Найменування обладнання	Кількість	Валюта	Курс НБУ	Ціна за одиницю	Сума, грн	Постачальник
Проектний варіант							
1	Електродвигун 4AM63B2	1	грн	-	2100	2100	ООО "Компанія Провент" м.Київ, вул. Куринівська 18
2	Перетворювач частоти ATV 61HU15M3	1	грн	-	3200	3200	ТОВ "ПРОФДРАЙВ УКРАЇНА" м.Київ, вул. Попудренка 52
3	Мікрокомп'ютер Orange Pi Zero	1	грн	-	720	720	ФОП "Radio Store" м Дніпро просп. Слобожанський 112
	Мікроконтролер Node MCU	3	грн	-	250	750	ФОП "Radio Store" м Дніпро просп. Слобожанський 112
	Датчик Температури та вологості DHT22	8	грн	-	120	960	ФОП "RadioStore" м Дніпро просп. Слобожанський 112
	Блок реле 10 каналів	3	грн		300	900	ФОП "RadioStore" м Дніпро просп. Слобожанський 112

					ЕП.МР.18.05.5.ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				60

Барометр bmp310	1	грн		54	54	ФОП "RadioStore" м Дніпро просп. Слобожанський 112
Модуль перетворювача UART у RS485 MAX 485		грн		500	500	ФОП "RadioStore" м Дніпро просп. Слобожанський 112
Всього					9184	

Таблиця 5.2 - Витрати на монтажні роботи (V_M)

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників		Ч	2
2	Часова тарифна ставка монтажника четвертого розряду	грн/год	a	31,4
3	Час для виконання робіт	год	t	10
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_d	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		K_{cm}	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати		K_{np}	1,05

З 01.01.2017 р вступив в силу законопроект №5130 "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України", відповідно до якого мінімальна заробітна плата становить 3200 гривень. У нашому випадку для монтажника 4 розряду з урахуванням тарифного коефіцієнту 1,57 місячна тарифна заробітна плата=3200*1,57=5024грн. Звідси знайдемо годинну тарифну ставку :5024грн/160год=31,4грн/год

$$V_M = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{c3} \cdot K_{инш} \quad (5.2)$$

$$V_M = 2 \cdot 31,4 \cdot 10 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 1021 \text{ грн.}$$

де Ч - Кількість осіб необхідних для монтажу и налагодження устаткування;

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

a - годинна тарифна ставка інженера-наладчика, 4-го розряду, грн / рік;

t - час, необхідній для монтажу та наладки обладнання, рік;

K_d - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{сз}$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок;

$K_{інш}$ - коефіцієнт враховує інші витрати на здійснення робіт.

Таблиця 5.3 - Витрати на налагоджувальні роботи (B_H)

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників		Ч	1
2	Часова тарифна ставка монтажника п'ятого розряду	грн/год	a	40
3	Час для виконання робіт	Год	t	8
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K_d	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок		$K_{см}$	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати		$K_{пр}$	1,05

$$B_H = \sum(\text{Ч} \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{сз} \cdot K_{інш} \quad (5.3)$$

$$B_H = 1 \cdot 8 \cdot 40 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 520 \text{ грн.}$$

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно прейскуранта цін фірми «Нова Пошта» (<https://novaposhta.ua>) станом на 30.11.2018

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Електродвигун серії 4AM63B2 (4 кг),перетворювач частоти Altivar 61 ATV 61HU15M3(3кг), з м. Київ в м. Дніпро

Тариф:до 30кг з відділення до адреси

Загальна сума = 210грн

$$B_{mzc} = 210\text{грн} \quad (5.4)$$

$$K_{np} = 9184 + 1021 + 520 + 210 = \\ = 10935 \text{ грн}$$

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період, виражений у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного обладнання відносяться:

- Амортизаційні відрахування (C_a);
- Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);
- Витрати на технічне обслуговування и поточний ремонт устаткування
Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_T);
- Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (C_e);

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

$$C = C_a + C_T + C_e \quad (5.5)$$

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації)

об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших

факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Строк корисного використання об'єкта проектування належить до 4 групи ОЗ, складає 5 років. Розрахунок зведений в таблицю 5.5.

$$C_a = \Phi_n \frac{H_a}{100} \quad (5.6)$$

де H_a – норма амортизації для заміняемого обладнання

Для розрахунку норм амортизації використовуємо прямолінійний метод. Норма амортизації для проектного і базового варіантів складає:

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{мін}}} = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\% \quad (5.7)$$

Таблиця 5.4 - Розрахунок амортизаційних відрахувань

№ п/п	Найменування	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
1.	Проектний варіант	9814	20	1962
2	Базовий варіант	54300	20	10860

5.3.2 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства. Ці показники можуть змінюватися в залежності від зносу обладнання. Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати за формулою:

$$B_{т.р.} = \sum_{i=1}^n (R \cdot t \cdot m \cdot R_{\Sigma} + \frac{S \cdot \Pi}{T} \cdot T_{\Phi}) \quad (5.8)$$

де R - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t - трудомісткість одного ремонту (для середнього приймаємо 2 г / од.);

m - кількість ремонтів в рік;

R_{Σ} - сумарна категорія складності ремонту (приймаємо 10);

S - вартість однотипних замінних елементів, грн;

Π - кількість однотипних замінних елементів, грн;

T - середній термін служби деталей одного типу, ч;

T_{Φ} - число годин роботи обладнання в рік, годин.

У свою чергу ефективний фонд робочого часу для обладнання системи “Розумний Дім” складає 365 діб по 24 години.

Число годин роботи в рік становить $365 \cdot 24 = 8760$ год.

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт $T_{п.рем.} = 6 \cdot 2 = 12$ год.

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_p = 8760 - 12 = 8688 \text{ год.} \quad (5.9)$$

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6 - розрахунок витрат на ремонтні роботи

	Проектний	Базовий
R - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн	31,4	31,4
t - трудомісткість одного ремонту	2	3
m - кількість ремонтів в рік;	1	1
R _Σ - сумарна категорія складності ремонту	10	10
S - вартість однотипних замінних елементів, грн;	150	150
П- кількість однотипних замінних елементів, грн;	3	5
T- середній термін служби деталей одного типу, г	10000	7500
T _ф - число годин роботи обладнання в рік, годин.	8688	8688

Проектні витрати:

$$C_{т.р.} = 31,4 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10 + \frac{150 \cdot 3}{10000} \cdot 8688 = 1018 \text{ грн} \quad (5.10)$$

Базові витрати:

$$C_{т.р.} = 31,4 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 10 + \frac{150 \cdot 5}{7500} \cdot 8688 = 1810 \text{ грн}$$

5.3.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкта проектування по формулі:

$$C_e = W_p \cdot C_e \text{ грн} \quad (5.11)$$

де W_p - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт год;

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C_e - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт год.

Ціни на II клас тарифна ставка на електроенергію складає 1,92072 грн / кВт год без НДС (відповідно до Постанови НКРЕ від 01.04.18 №538Єдині роздрібні тарифи). ПДВ=20%.

$$W_p = N_y \cdot T_n \cdot K_{int}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (5.12)$$

де N_y – встановлена потужність обладнання;

T_n – номінальний час роботи обладнання за рік;

K_{int} – інтегральний коефіцієнт використання потужності.

Оскільки систему можна розподілити на 2 частини одна частина керуюча яка працює постійно і вживає 0,001кВт/год , а друга частина виконавча і вона працює приблизно четверть години на годину тобто вживає потужність рівну $0,55 \cdot 0,25 = 0,1375$ кВт/год

Кількість електроенергії, споживаної впроваджуються об'єктом за рік:

$$\begin{aligned} W_{p1} &= (0,1375 + 0,001) \cdot 8688 = \\ &= 1195,5 \text{кВт} \cdot \text{г} \end{aligned}$$

Витрати на електроенергію впровадженого об'єкта складуть:

$$C_{e1} = 1195,5 \cdot 1,92072 \cdot 1.3 = 2755 \text{(грн)} \quad (5.13)$$

Кількість електроенергії, споживаної базовим об'єктом за рік:

$$\begin{aligned} W_{p1} &= 0,5 \cdot 8688 = \\ &= 4344 \text{кВт} \cdot \text{г} \end{aligned}$$

Витрати на електроенергію базового об'єкта складуть:

$$C_{e1} = 4344 \cdot 1,92072 \cdot 1.3 = 10846 \text{(грн)}$$

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4.1 Річні експлуатаційні витрати

Таблиця 5.7 - Порівняння витрат на проекти

№	Найменування витрат	Сума витрат, грн.	
		Проектний	Базовий
1	Амортизаційні витрати	1962	10860
2	Витрати на обслуговування	1018	1810
3	Вартість вжитої електроенергії	2755	4000
	УСЬОГО	5735	16670

Таким чином, річні проектні експлуатаційні витрати становлять:

$$C = C_a + C_T + C_e = 1962 + 1018 + 2755 = 5735 \text{ грн.} \quad (5.14)$$

Таким чином, річні базові експлуатаційні витрати становлять:

$$C = C_a + C_T + C_e = 3000 + 1810 + 10846 = \text{грн.}$$

5.4.2. Визначення річної економії від впровадження проекту

Повна річна економія від впровадження проекту визначається з урахуванням зміни експлуатаційних витрат по даному виробу:

$$E = E_p \pm \Delta C \text{ грн}$$

де ΔC – економія на експлуатаційних витратах.

$$\Delta C = C_{\text{баз}} - C_{\text{пр}}$$

$$E = 16670 - 5375 = 10935 \text{ (грн)} \quad (5.15)$$

					ЕП.МР.18.05.5.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

5.5 Визначення економічних показників

Одним з показників економічної ефективності є коефіцієнт ефективності капітальних витрат E_p , який демонструє, який обсяг додаткового прибутку приносить одна одиниця капітальних витрат:

$$E_p = \frac{E}{K} \quad (5.16)$$

где: E – загальна річна економія від впровадження проекту, грн;

K – капітальні витрати, призвівши до економії, грн.

$$E_p = \frac{10935}{21330} = 0.51$$

Строк окупаємості капітальних витрат T_p демонструє, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження проекту

:

$$T_p = \frac{K}{E}, \text{ p} \quad (5.17)$$

$$T_p = \frac{21330}{10935} = 1,95, \text{ p}$$

Для фінансової оцінки необхідно порівняти розрахункове значення E_p з нормативним значенням E_n . Проект визнається економічно доцільним, якщо розрахунковий коефіцієнт ефективності більший за величину базової кредитної ставки:

$$E_p \geq E_n \quad (5.18)$$

$$E_n = \frac{N_{кр} + N_{инф}}{100} \quad (5.19)$$

$$E_n = \frac{26 + 10}{100} = 0,36$$

де: $N_{кр}$ - банківська кредитна ставка, %;

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$N_{\text{инф}}$ – годовий рівень інфляції (помірна інфляція), %.

Визначаємо нормативне значення коефіцієнта ефективності з задовільною для підприємства індивідуальної норми прибутку:

$$E_n = \frac{1}{T_{оч}} \quad (5.20)$$

$$E_n = \frac{1}{5} = 0,2$$

де $T_{оч}$ - очікуємий , прийнятний для підприємства строк окупності капітальних витрат, років. Вибираємо варіант з визначенням E_n з індивідуальної норми дохідності .

$$E_p = 0,51 > 0,36$$

$$E_p = 0,51 > 0,2$$

5.6 Висновок:

Впровадження проектного варіанту є доречним. Коефіцієнт економічної окупності складає 0,51 с трок окупності складає 1,95 року.

					<i>ЕП.МР.18.05.5.ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

У ході виконання роботи було проведено ознайомлення з найпоширенішою системою "Розумний Будинок" KNX, проаналізовано два види архітектури системи та представлено власну систему з можливістю комунікації з системами, що підтримують протокол передачі даних RS485 та було підібрано основні елементи системи та зовнішній інтерфейс зв'язку. Після чого було проведено розрахунки по обранню двигуна. На основі розрахунків було обрано асинхронний двигун серії 4А, а також обрано частотний перетворювач. Після того, як було обрано двигун та обладнання до нього, було обрано та розраховано модель двигуна у середі Simulink. До розрахованої моделі було синтезовано регулятор швидкості та проведено відпрацювання тахограми робочого циклу. Останнім етапом стало техніко економічне обґрунтування роботи.

					<i>ЕП.МР.18.05.В.ПЗ</i>	Арк.
						71
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Перелік посилань

1. <https://finance.yahoo.com/news/strategy-analytics-global-smart-home-165200411.html>;
2. <https://finance.yahoo.com/news/strategy-analytics-global-smart-home-165200411.html>;
3. <https://www.ixbt.com/home/knx-intro.shtml>;
4. <https://www.ixbt.com/home/knx-intro.shtml>;
5. <https://www.ixbt.com/home/knx-intro.shtml>;
6. <https://www.ixbt.com/home/knx-intro.shtml>;
7. <https://arduino.ua/prod1492-wi-fi-modyl-nodemcu-esp8266>;
8. <https://arduino.ua/prod1894-mini-komputer-orange-pi-zero-256mb>;
9. <https://xakep.ru/2018/06/21/onion-omega-2/>;
10. <http://umnyjdomik.ru/modul-preobrazovatelya-interfejsov-uart-ttl-rs-485-na-max485.html>;
11. <http://umnyjdomik.ru/modul-preobrazovatelya-interfejsov-uart-ttl-rs-485-na-max485.html>;
12. <http://www.topclimat.ru/publications/chto-takoe-centrobezhnyi-ventilyator.html>;
13. <http://www.topclimat.ru/publications/chto-takoe-centrobezhnyi-ventilyator.html>;

Список використаної літератури

1. Системы управления электроприводов : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Терехов, о. И. Осипов; под ред. В. М. Терехова. - 2-е Изд., стер. - М. : Издательский центр «Академия», 2006. - 304 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/А90 А.Э.Кравчик, М.М. Шлаф, В.И.Афонин, Е.А. Соболенская.-М.:Энергоиздат,1982-504с.,ил.
3. Практические работы по дисциплине Вентильный электропривод общепромышленных механизмов. асс Савченко С.Б. Днепропетровск 2008г
4. Каталог преобразователей частоты Altivar 61. 2010г.
5. Школа KNX . Белая Церковь.2018.
6. Методичні вказівки до виробничої ,преддипломної практик та виконання магістерської роботи за спеціальністю 8.05070204. "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод". 49027, м Дніпропетровськ-27, просп.К.Маркса.19.

					ЕП.МР.18.05.ПП.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		