

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»
 Навчально-науковий інститут електроенергетики
 (інститут)
 Електротехнічний факультет
 (факультет)
 Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

здобувача вищої освіти Погребняк Марта Родіонівна
 (П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесів управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ст. викл. Шевченко В.І.			
Провідний консультант	ст. викл. Шевченко В.І.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доц. Соснін К.В			
Визначення моделі об'єкта керування	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В..			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Погребняк М.Р. _____ академічної групи 151-17-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесів управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	31.03.2021
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	06.05.2021
Визначення моделі об'єкта керування	Розробка методики дослідження об'єкта керування. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	02.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	10.06.2021

Завдання видано

_____ (підпис п. конс.)

ст. викл. Шевченко В.І.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.03.2021

Дата подання до атестаційної комісії 10.06.2021

Прийнято до виконання

_____ (підпис здобувача)

Погребняк М.Р.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить __ стор., __ рис., __ табл., __ дод., __ арк. графічного матеріалу формату А4.

Об'єкт розробки: Система управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти.

Мета: Створення системи управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти типу ВЦД47 НН «Север».

В роботі проаналізована технологічний процес, структура об'єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та програмного забезпечення.

Відповідно до загальної тенденції в області автоматизації вибрана сучасна структура системи автоматичного управління і елементна база для автоматичного управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти типу ВЦД47 НН «Север».

За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій ПЛК та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта «за збільшення» вхідного сигналу та «за зменшення» відповідає перевірочним даними більше ніж на 90%. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об'єкта управління і системи управління.

ШАХТА, ПРОВІТРЮВАННЯ, ВЕНТИЛЯТОР, СИСТЕМА, ДАТЧИК,
ЕЛЕКТРОДВИГУН

ЗМІСТ

Зміст	4
Вступ.....	7
1 Стан питання та постановка завдання.....	10
1.1 Галузь промисловості	10
1.2 Технологічний процес.....	12
1.3 Об'єкт управління	15
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	15
1.3.2 Об'єкт автоматизації.....	22
1.4 Структура системи управління	25
1.4.1 Принципи, технічні способи та математичні методи керування	25
1.4.2 Аналіз процесу керування	26
1.4.3 Формулювання задачі керування	28
1.4.3.1 Способи зниження енергоспоживання вентиляторної установкою головного провітрювання.....	30
1.4.3 Система дослідження моделі об'єкта керування	34
1.5 Висновки по розділу	35
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	37
2.1 Розробка структурної схеми системи управління	37
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	38
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління	39
2.3.1 Вибір датчиків	40
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	42
2.5 Вибір пристрою керування.....	46
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	49
2.5 Розробка схеми електричної принципової	50

	5
2.6 Висновки по розділу	50
3 Визначення моделі об'єкта управління	52
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	52
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління	53
3.3 Виконання експерименту	56
3.4 Обробка результатів експерименту	61
3.4.1 Підготовка даних.....	61
3.4.2 Структурна ідентифікація	64
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	66
3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink	72
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність.....	75
3.5 Висновки за розділом.....	77
4 Економіка	79
4.1 Розрахунок капітальних витрат	79
4.1.1 Вартість комплектуючих системи	79
4.2 Експлуатаційні витрати	80
4.2.1 Амортизація обладнання	80
4.2.2 Вартість електроенергії	80
4.2.3 Розрахунок фонду заробітної плати.....	80
4.2.4 Відрахування на соціальні заходи	81
4.2.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування й ремонт	81
4.2.6 Визначення інших витрат.....	82
4.3 Висновки по розділу	82
5 Охорона праці	83

	6
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі машиніста очисного комбайна.....	83
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	83
5.2.1 Електробезпека.....	83
5.2.2 Захист від запиленості та загазованості повітря.....	84
6.2.3 Заходи щодо захисту від електромагнітного випромінювання.....	86
5.2.4 Підвищена вологість повітря.....	87
5.2 Висновки по розділу.....	88
Висновки.....	89
Перелік посилань.....	91
Додаток А.....	95
Додаток Б.....	96
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи.....	97
Відгук.....	99

ВСТУП

Провітрювання шахт і копальнь небезпечних щодо газу і пилу є одним з найбільш важливих об'єктів автоматизації, так як при постійно зростаючій мірі механізації, інтенсивністю введення гірських робіт, збільшенні потужності і глибини шахт, які супроводжуються значним збільшенням виділень в рудничній атмосфері шкідливих газів, пилу і тепла, то автоматизація провітрювання шахт і копальнь небезпечних щодо газу і пилу завжди залишатиметься актуальною.

Система провітрювання призначена для того, щоб подавати у шахту повітря у кількості, необхідній для забезпечення комфортних та безпечних умов праці гірників на робочих місцях і в транспортних виробках при існуючих параметрах рудникової атмосфери: газовиділення, пилоутворення, виділення тепла і вологості.

Від параметрів вентиляційної мережі залежить стійкість і економічність роботи ВУГП, а саме від загального аеродинамічного опору, кількості повітря необхідного подається в гірничі виробки, природною тяги мережі і інших параметрів. Ці параметри разом з технічними характеристиками вентилятора і визначають робочий режим вентилятора.

Для безпечних умов праці підземних робітників рудникова атмосфера повинна мати такий склад:

- кисень – не менше 20 %;
- вуглекислий газ у вихідних струменях ділянок – не більше 0,5 %, а у вихідних виробках шахт 0,75 %;
- метан, що обчислюється як середня концентрація в поперечному перерізі вентиляційного струменя, не повинний бути більше:
 - 1 % на вихідному струмені очисних і підготовчих виробок і ділянок;
 - 0,75 % на вихідному струмені крила або шахти в цілому;
 - 0,5 % на свіжому струмені, що надходить в очисні виробки;
 - не більше 2 % у скупченнях якої-небудь точки виробки.

В систему провітрювання сучасної шахти входять головні вентиляторні установки і вентилятори місцевого провітрювання, калориферні установки, вентиляційна мережа (гірничі виробки), пристрої розподілу повітряних потоків, засоби контролю параметрів рудникової атмосфери та засоби зв'язку.

Згідно з Правилами безпеки головні вентиляторні установки на вугільних шахтах не можуть бути вимкнені. Допускається тільки їх регулювання: поворотом лопаток спрямовального апарату для відцентрових вентиляторів і поворотом лопаток робочого колеса для осьових, а також зміною швидкості обертання двигуна з використанням частотних перетворювачів.

Керування процесом провітрювання шахти визначається декількома факторами:

- великим споживанням електроенергії (до 35 %) на видобуту тону вугілля;
- забезпеченням свіжим повітрям для нормальної життєдіяльності робітників;
- керуванням аерогазовим режимом шахти.

На шахтах України використовуються підсистеми та пристрої, які частково вирішують проблеми контролю стану параметрів шахтної атмосфери. Загальний контроль газової обстановки на шахті здійснює стаціонарна, централізована система газового захисту «Метан», контроль швидкості та напрямку руху повітря забезпечує система ІСНВ, для керування вентиляторами місцевого провітрювання (ВМП) використовують апаратуру АПТВ спільно із системою телемеханіки і сигналізації «Вітер».

Останнім часом розроблені та продовжують удосконалюватися локальні системи автоматичного керування окремими підсистемами системи провітрювання шахти, причому ступінь їх розробки дуже різний. Однак проблеми при керуванні провітрюванням у масштабах усієї шахти так і не вирішені. Побудова системи автоматичного керування провітрюванням (САУ П) шахти – завдання складне й обумовлене безперервними випадковими нестационарними змінами параметрів рудникової атмосфери і вентиляційної мережі. Необхідно збирати та аналізувати великі потоки інформації про

оперативний стан параметрів шахтної атмосфери і своєчасно приймати рішення щодо нормалізації провітрювання гірничих виробок.

У даний час це завдання намагаються вирішити шляхом контролю концентрації метану в усіх гірничих виробках. І якщо є перевищення – проводиться вимикання електроенергії на цій ділянці. Після розгазування виробки електропостачання відновлюється. В цьому випадку неминучі простої видобувних ділянок. Відомо й інший, більш перспективний, підхід, який полягає у здійсненні контролю як концентрації метану, так і швидкості повітря в усіх гірничих виробках. І на підставі аналізу отриманої інформації виробляються керуючі впливи, які приведуть до зниження концентрації метану на даній ділянці. Реалізація цього способу, в першу чергу, вимагає створення надійної і швидкодіючої системи збору інформації та великих обчислювальних можливостей пристрою керування.

Саме тому вдосконалення і дослідження автоматизованої системи управління вентилятором головного провітрювання має велике економічне значення.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Рудничну вентиляцію, або провітрювання шахт, застосовують для створення у підземних виробках нормальних атмосферних умов. Вона має виключити шкідливу дію на людину отруйних газів, що містяться у рудничному повітрі, високих та низьких температур, а також попередити значні скупчення шкідливих газів.

При проходженні підземними гірничими виробками склад атмосферного повітря змінюється, оскільки вміст кисню зменшується, а вуглекислого газу та азоту – збільшується. Крім того, до нього домішуються різні гази (шкідливі домішки), що виділяються у виробці з гірничих порід (метан, водень, радон тощо) або з'являються внаслідок проведення вибухів, роботи дизельних машин, гниття дерев'яного кріплення тощо.

Температура та вологість повітря також змінюються, збільшується запиленість. Усі ці домішки можуть зробити повітря непридатним для дихання. Деякі гази (метан, водень) утворюють із повітрям суміші, в яких найменша іскра може стати причиною пожежі або навіть вибуху.

Тому Правила безпеки висувають жорсткі вимоги до складу рудничного повітря та контролю за ним. Дуже жорсткими є вимоги Правил безпеки до гранично допустимих концентрацій (далі – ГДК) у рудничному повітрі шкідливих для здоров'я газів: метану, радону тощо. Так, наприклад, концентрації газів метану та водню обмежуються кількістю вибухонебезпечної їх суміші із повітрям. Із цих міркувань максимально припустимий вміст метану у повітрі складає 0,5...2 %, водню – 0,5 %. Велику шкоду здоров'ю також завдає мінеральний пил, що міститься в рудничному повітрі у місцях ведення гірничих робіт (буріння, підривання, завантаження, розвантаження, транспортування, подрібнення тощо).

Для отримання інформації про склад і стан рудничної атмосфери на шахтах та рудниках здійснюють систематичний аналіз газового складу повітря, його запиленості та температури.

Основний захід боротьби з домішками шкідливих газів у рудничному повітрі – розрідження їх свіжим повітрям до гранично допустимих концентрацій, тобто подача до забоїв додаткової кількості свіжого повітря. Саме цю функцію виконують системи рудничної (шахтної) вентиляції.

Сучасний стан розвитку гірничодобувної промисловості характеризується широким упровадженням інформаційних систем і технологій. Одним із напрямів застосування інформаційних систем для підземних рудників і шахт є автоматизація визначення режимів функціонування вентиляційних систем. Моделювання вентиляційних систем проводиться шляхом побудови складної гетерономної мережі з внутрішніми та зовнішніми джерелами додавання та розподілу повітряних потоків з урахуванням факторів, що постійно змінюються у часі. Завдання, що вирішуються подібними системами належать до класу вентиляційних і можуть бути використані як, наприклад, для вугільних шахт із природним виділенням горючих і вибухонебезпечних газів, так і для рудників, де у більшості випадків, природне виділення газів відсутнє, або присутнє у невеликих об'ємах.

Комплекси виробок на рудниках і шахтах, особливо з великою продуктивністю, мають сильно розгалужену мережу гірничих виробок, загальна довжина яких може сягати сотень кілометрів. До вентиляційної мережі входять також зони обрушення руди і гірських порід, які можуть створювати аеродинамічні контакти атмосфери підземних виробок з денною поверхнею. У мережі виробок працює велика кількість вентиляторів, гирла низки виробок розташовані на різних висотах і по-різному орієнтовані у просторі. При цьому, часто райони розташування рудників і шахт мають складну орографію.

Таким чином використання стандартних способів розрахунку таких мереж для забезпечення безперервної подачі свіжого повітря у виробки та вибору оптимального функціонування вентиляційного обладнання є досить складним і трудомістким інженерно-технічним завданням.

1.2 Технологічний процес

До вентиляторних установок головного провітрювання (ВУГП) належать вентиляційні установки, що обслуговують усю шахту або її частину (крило, блок, панель).

ВУГП шахт це турбомашини – лопатеві машини, в яких приріст питомої енергії транспортуемого повітря відбувається в результаті силової взаємодії лопаток обертового робочого колеса з оточуючий їх потіком. Обладнані, як правило, двома вентиляторами – робочим і резервним. Вентиляційна установка оснащується комплектом електрообладнання і різними допоміжними механізмами: лебідками перемикання ляд, спрямляючими і направляючими апаратами, електромагнітним гальмом вентилятора, маслонасосом для змащення підшипників (на великих вентиляторах) і т.п.

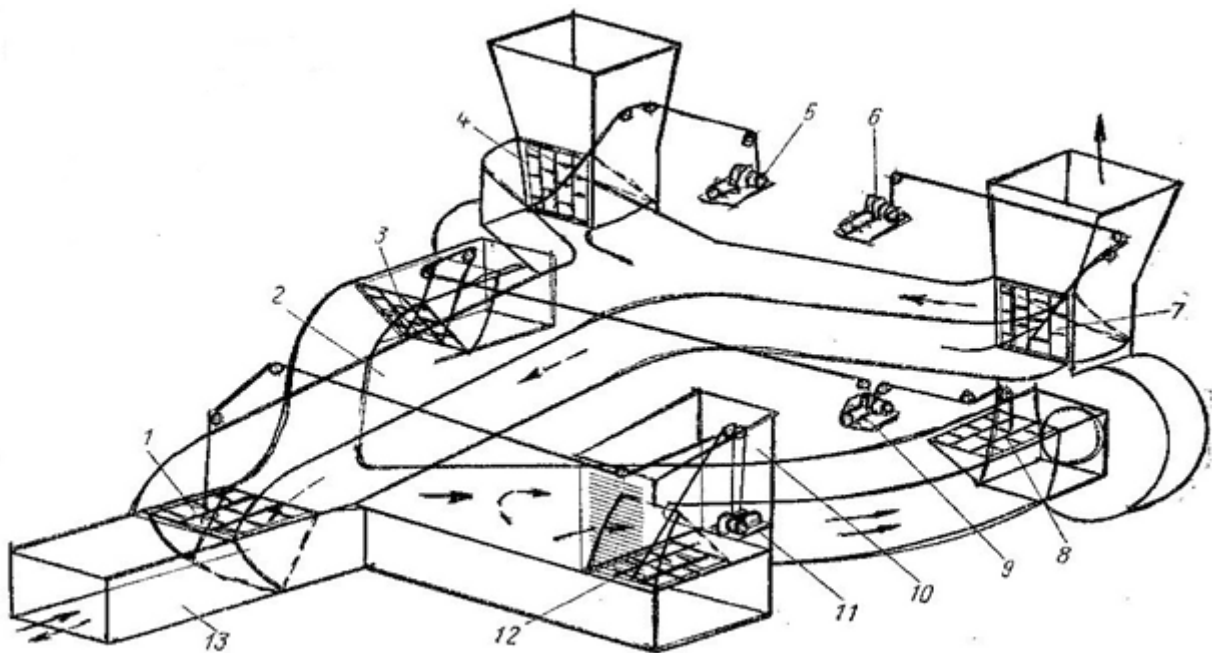


Рисунок 1.1 – Технологічна схема вентиляційної установки головного провітрювання з відцентровим вентилятором

- | | |
|-----------------------------------------|---------------------------|
| 1 – перекриваюча ляд; | 2 – обвідний канал; |
| 3, 8 – переключачі ляд; | 4, 7 – ляди дифузора; |
| 5, 6, 9, 11 – лебідки перестановки ляд; | 10 – усмоктувальна будка; |
| 12 – атмосферна ляд; | 13 – головний канал. |

Для проектуючихся та будуєчихся вентиляційних установок застосовуються різні схеми реверсивних пристроїв. На рис. 1.2 представлена робота вентилятора на нагнітання, при такій схемі верхня лядя всмоктуючої будки і лядя дифузора підняті, а нижня лядя будки опущена. Повітря з атмосфери через всмоктувальну будку надходить до вентилятора і нагнітається через дифузор і обвідний канал в шахту.

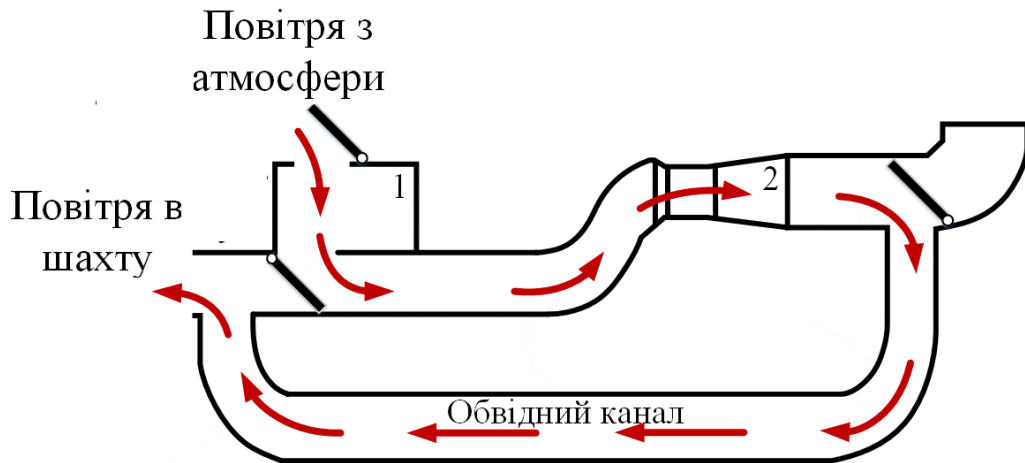


Рисунок 1.2 – Схеми реверсування вентиляційних установок

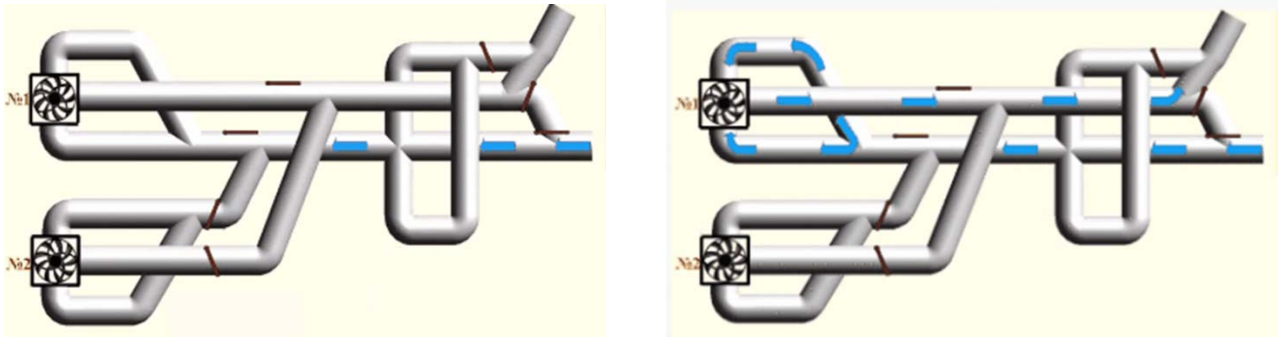
1 – усмоктувальна будка, 2 – дифузор

Незалежно від призначення всі шахтні вентилятори являють собою турбомашини - лопатеві машини, в яких приріст питомої енергії, що транспортується повітря відбувається в результаті силового взаємодії лопаток обертового робочого колеса з обтікає їх потоком.

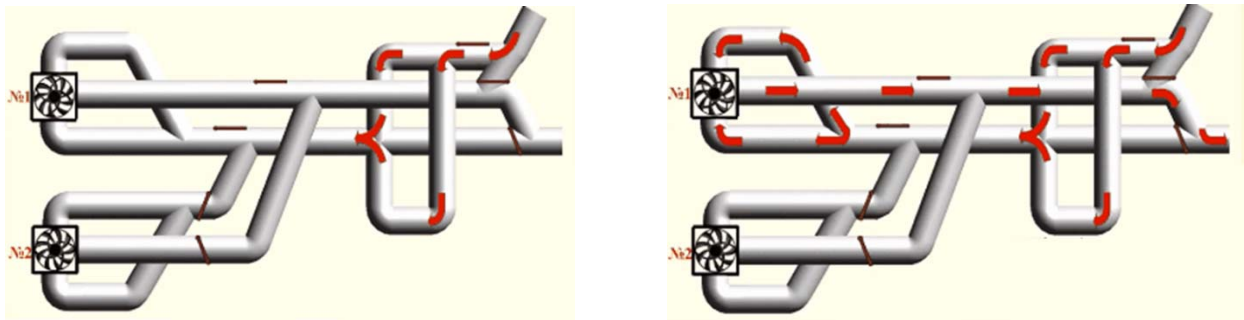
Залежно від конструкції робочого колеса і характеру руху через нього повітря шахтні вентилятори поділяються на відцентрові і осьові. І осьові і відцентрові вентилятори мають свої переваги і недоліки.

На рис. 1.3 наведено такі умовні позначення: 1 – головний вентилятор, 2 – резервний вентилятор, /– ляди.

Ляди необхідні для здійснення реверсу повітряного струменя, для зміни продуктивності, депресії служать направляючі апарати, які повертають свої лопатки в залежності від отримання необхідних параметрів.



Нормальний режим роботи



Реверсивний режим роботи

Рисунок 1.3 – Технологічна схема ВУГП

Вимоги до системи автоматизації технологічного процесу провітрювання шахти наступні:

- місцеве, дистанційне і автоматизоване управління вентиляторами установками відповідно до алгоритму роботи установки в шахтних умовах;
- автоматичне регулювання подачі вентиляторів ВГП;
- реверсування вентиляційного струменя вентилятора ВГП;
- автоматичний контроль і реєстрацію основних параметрів роботи вентиляційних установок;
- автоматичне захисне відключення вентиляційних установок при порушенні режимів їх роботи, при порушенні роботи апаратури автоматизації, при аваріях в системі електропостачання установки і в інших випадках, специфічних для умов роботи конкретної установки в шахтних умовах;
- автоматичну світлову і звукову сигналізацію при виникненні аварійних ситуацій. формування попереджувальних повідомлень про аварійну ситуацію провітрювання та відмови в системі автоматизації;

- здійснювати передачу всіх контрольованих параметрів на персональний комп'ютер диспетчера, формування бази даних;
- здійснювати візуалізацію стану процесу провітрювання і роботи системи автоматизації головною вентиляційної установки

Одним із найголовніших завдань при провітрюванні шахт і рудників є підтримання необхідних і достатніх витрат повітря на кожний момент часу в усіх або деяких виробках. Вирішувати такі завдання можна тільки шляхом управління розподілом повітря за допомогою активних або пасивних регулюючих пристроїв, а також регулювання режимів роботи вентиляторних пристроїв.

Існують безліч способів регулювання витрати повітря у вентиляційній мережі, ось основні з них:

- додатний, коли регулювання виконується за допомогою вентиляторів (активні регулятори);
- від'ємний, коли регулювання виконується за рахунок вентиляційних перемичок (пасивні регулятори);
- комбінований, коли регулювання виконується за допомогою активних і пасивних регуляторів.

У розгалужених комплексах шахт і рудників визначення місць розташування регуляторів, їх кількості та виду є складним завданням. Актуальність його визначається значними капітальними витратами на закупівлю та монтаж регуляторів, а також високими експлуатаційними витратами.

Оптимальний вибір варіанта регулювання вентиляційної системи дозволяє не тільки підвищити рівень безпеки повітряного середовища у виробках, але й максимально точно визначити вартість системи.

1.3 Об'єкт управління

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Всі вентилятори, що випускаються для гірничої галузі, відносяться по конструкції до так званих лопатних нагнітачів. У вентиляторах цього типу

енергія обертового ротора перетворюється в потенційну і кінетичну, в свою чергу повідомляються перемішуваного повітря.

Лопатеві вентилятори відповідно до характеру руху повітря в них і форми ротора (робочого колеса) поділяються на осьові і радіальні, останні більш відомі як відцентрові. Основу вентилятора (рис. 1.4) становить робоче колесо 1, між переднім і заднім дисками якого закріплені профільні крилоподібні лопатки таким чином, що їх вхідні кромка розташовується на колі меншого радіуса, ніж вихідна хвостова частина.

Відцентрові вентилятори мають робоче колесо, яке може бути з лопатками, загнутими вперед по ходу колеса, радіальними і загнутими назад, призначення робочого колеса - передавати енергію приводу вентилятора перемішуваному повітря. Робоче колесо обертається в спіральному кожусі 2, виконаному з листової сталі. Спіральний кожух призначений для подачі повітря в певному напрямку і часткового перетворення динамічного тиску в потоці повітря в статичний тиск. Повітря засмоктується в вентилятор через вхідний колектор 3, в якому встановлені лопатки, що не обертаються, а тільки повертаються кожна що до своєї осі 4 направляючого апарату. Направляючий апарат призначений для подачі повітря до робочого колеса з певною швидкістю і під певним кутом, це дозволяє регулювати робочі режими вентилятора.

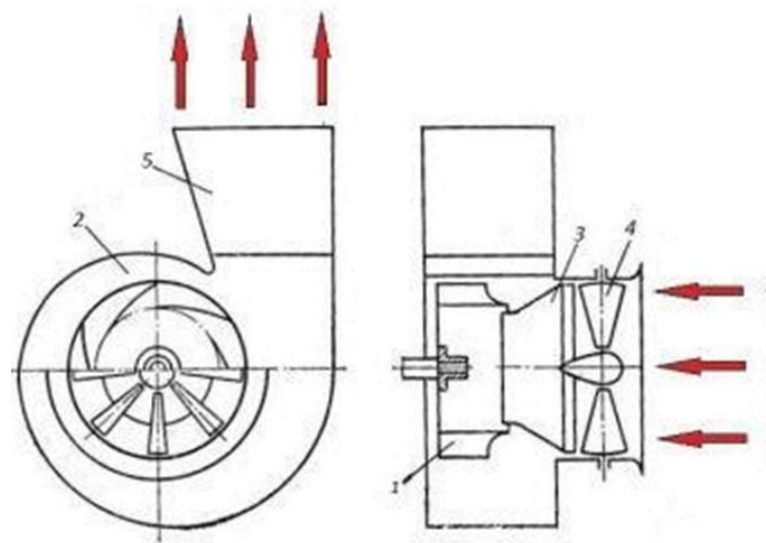


Рисунок 1.4 - Схема відцентрового вентилятора

- | | | |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 - робоче колесо; | 2 - спіральний кожух; | 3 - вхідний колектор; |
| 4 - лопатки направляючого апарату; | 5 - дифузор | |

В робоче колесо повітря входить паралельно осі валу вентилятора, потім під дією тяги, що розвивається лопатками, і відцентрової сили повертає на 90°, проходить між лопатками, викидається в периферійну частину кожуха і виходить через дифузор 5 в атмосферу (при роботі вентилятора на всмоктування). Дифузор є додатковим перетворювачем динамічного тиску в потоці на виході з кожуха в тиск статичне.

Відцентрові вентилятори можуть виконуватися з одностороннім або двостороннім всмоктуванням. В останньому випадку на валу вентилятора встановлюється парне робоче колесо, поєднане втулками більшого діаметра. Повітря надходить на робоче колесо з двох сторін, з двох напрямних апаратів. Двостороння всмоктування дозволяє розвантажити підшипники валу від осьового тиску і зменшити опір повітрю, який рухається у всмоктувальній частині. Остання обставина дозволяє збільшити продуктивність відцентрового вентилятора.

Переваги відцентрових вентиляторів:

- висока механічна надійність і більший термін служби, параметри які пов'язані із застосуванням більш низьких швидкостей обертання робочого колеса;
- висока стійкість і надійність робочих режимів, пов'язаних з видом характеристик цих вентиляторів;
- менша гучність при роботі;
- відносно висока депресія;
- велика глибина регулювання;
- менша чутливість до забрудненого повітря.

Вентилятори, що випускаються для гірничої галузі можуть однаково ефективно працювати як на всмоктування, так і на нагнітання.

Вентилятори, що випускаються для роботи в системах провітрювання шахт, розрізняються не тільки за конструкцією і призначенням, а й своїми параметрами, що зумовлюють їх використання в тих чи інших умовах.

Основними параметрами вентиляторів є їх продуктивність, тиск, що розвивається, діаметр робочого колеса, споживана потужність, коефіцієнт

корисної дії, окружна швидкість робочого колеса, кут повороту лопаток робочого колеса і (або) направляючого апарату.

Саме ці параметри визначають можливість і доцільність застосування конкретного вентилятора для роботи в конкретній вентиляційній мережі.

У гірничій практиці для характеристики параметрів вентиляторів замість терміну тиск частіше використовується поняття депресія.

Умовно з цієї групи можна виділити параметри експлуатаційні - продуктивність і депресію, як основні. Ці два параметри об'єднуються в одне загальне поняття - режим роботи вентилятора. Три інші параметри - діаметр робочого колеса, окружна швидкість обертання робочого колеса і кут повороту лопаток робочого колеса і направляючого апарату називаються регульовальними. Зміна величини будь-якого з них призводить до зміни експлуатаційних параметрів. Потужність на валу вентилятора і його коефіцієнт корисної дії можна віднести до похідних параметрам, залежним від сукупності інших параметрів вентилятора.

Машинобудівні заводи України виробляють відцентрові та осьові вентилятори з номінальними витратами 10, 18, 32, 63, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630 м³/с і з номінальним статичним тиском установки 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 710 кПа при роботі на повітрі нормальної густини, рівної 1,2 кг/м³.

В залежності від величини нормальних витрат та тиску діаметр ротора вентилятора може складати 1 100, 1 600, 1 800, 2 100, 2 500, 2 800, 3 000, 3 150, 4 000, 4 500 і 5 000 мм.

Аеродинамічні характеристики вентиляторної установки (вентилятора) – це залежності статичного тиску, спожитої нею потужності та статичного ККД від витрати повітря при сталій частоті обертання та фіксованих кутах установлення лопатей робочих коліс, напрямного апарата або закрилків.

Аеродинамічну характеристику вентиляторної установки одержують при її випробуваннях в шахтних умовах або її подібної моделі на спеціальному стенді з подальшим перерахунком результатів, використовуючи закони пропорційності (або закони Германа - Рато).

Будь-яка зміна опору зовнішньої мережі, що викликана зміною схеми вентиляції, перетину і довжини шахтної виробки і т. ін., призведе до зміни режиму роботи вентиляторної установки, що, в свою чергу, призведе до зміни витрати повітря в шахті в цілому. Тому шахтна вентиляційна установка повинна мати такі пристрої, які дозволили б змінити аеродинамічну характеристику, щоб забезпечити необхідну витрату повітря без істотного зменшення ККД. Іншими словами, вентиляторна установка повинна мати широкий та економічний діапазон регулювання.

Регулювання режимів роботи вентиляторів головного провітрювання проводиться:

- відцентрових – шляхом повороту рухомих лопатей напрямного апарата або поворотом закрилків (якщо вони є);
- осьових – зміною кута установки лопатей робочих коліс та поворотом лопатей напрямного апарата;
- при необхідності – заміняють привідний електродвигун, що дозволяє змінити також частоту обертання ротора вентилятора.

Відповідно до Правил безпеки шахтні вентиляторні установки головного провітрювання повинні бути обладнані приладами для зміни напрямку руху вентиляційного струменя (тобто реверсування). Ці прилади, як правило, містять систему спеціальних каналів, ляд або вертикальних дверей з приводом від лебідок.

Відцентрові вентилятори головного провітрювання виготовляються в двох виконаннях: односторонні і двосторонні з діаметром ротора від 1100 до 5000 мм. Вказані особливості машин знаходять відображення в позначенні (аббревіатурі) вентиляторів.

Розглянемо перший приклад вентилятора ВЦ 11 М: В – вентилятор, Ц – відцентровий одностороннього всмоктування, 11 – діаметр ротора в дециметрах.

Розглянемо перший приклад вентилятора ВЦД 47 У та ВЦД47 М „Север”: В – вентилятор, Ц – відцентровий, Д – двостороннього всмоктування, 47 – діаметр ротора в дециметрах. Букви або слова, які ідуть одразу за діаметром ротора вентилятора, відображають специфіку конструкції або її призначення. В

наведеному прикладі: М – модернізований, У – з вузькою лопаттю робочого колеса, „Север” – в північному виконанні.

Аеродинамічна характеристика відцентрового вентилятора головного провітрювання - це графічна залежність статичного тиску від витрати повітря при фіксованій частоті обертання і фіксованому куті встановлення лопатей напрямного апарата.

Вентиляторні установки головного провітрювання з відцентровими вентиляторами використовують в тих випадках, коли потрібно одержати великі витрати повітря при значному статичному тиску (до 700 кПа). При порівняно високих аеродинамічних характеристиках ці вентилятори не тільки економічні, але й малошумні, що пояснюється особливістю їхньої аеродинамічної схеми, низькими гідравлічними витратами, а також конструкцією та способом встановлення.

Осьові вентилятори головного провітрювання виготовляються, як правило, двоступеневими і мають чотири лопатевих вінця: це робочі колеса першого і другого ступеня, напрямний та спрямний апарати. Аббревіатура осьового вентилятора (як приклад) ВОД 11 П розшифровується таким чином: В – вентилятор, О – осьовий, Д – двоступеневий, 11 – діаметр робочого колеса в дециметрах, П – ця літера вказує на те, що вентилятор оснащена лопатями робочих коліс, які виготовлені з пресованого полімерного матеріалу.

Аеродинамічна характеристика осьового вентилятора головного провітрювання – це графічна залежність статичного тиску від витрати повітря при фіксованій частоті обертання робочого колеса і фіксованому куті установки лопатей, значення якого вказано біля кожної кривої.

Вентиляторні установки головного провітрювання з осьовими вентиляторами використовуються в тих випадках, коли потрібно мати незначні витрати повітря при невеликому статичному тиску (до 250 кПа).

Потужність привідних електродвигунів змінюється від 380 до 4 200 кВт.

В залежності від характеристики приводу (що регулюється або не регулюється) використовують високовольтні синхронні (серії СД, СДВ, СДСЗ) або асинхронні (серії АК, АКН, АКС) двигуни.

Для автоматизації вентиляційних установок головного провітрювання застосовується апаратура АДШВ, УАШВ і УКАВ–М. Апаратура АДШВ призначена для дистанційного централізованого управління шахтними вентиляторами з асинхронними електродвигунами низької і високої напруги.

Функції апаратури АДШВ:

- 1) виборче централізоване управління 12 вентиляторами;
- 2) дистанційне реверсування повітряного струменя вентиляторів;
- 3) дистанційне відкриття і закриття вентиляційного каналу;
- 4) місцеве управління вентиляторами;
- 5) місцеве управління лядами і шиберами;
- 6) захист електродвигуна від роботи в однофазному режимі;
- 7) нульовий захист;
- 8) контроль за режимом роботи вентиляційної установки,
- 9) виборчий контроль за депресією, що розвивається вентилятором;
- 10) контроль правильності вибору того чи іншого вентилятора;
- 11) автоматичну безперервну аварійну (світлову і звукову) сигналізацію при несправності будь-якого вентилятора, короткому замиканні повітряного струменя, вихід з ладу електроприводу, перегрівих підшипників двигуна вентилятора, місцевому відключенні вентилятора, зникнення напруги, несправності виборної і керуючої частин апаратури;
- 12) постійну реєстрацію продуктивності і депресії;
- 13) телефонний зв'язок між вентиляторами установками і диспетчерським пунктом;
- 14) відключенням енергії на ділянці без зупинки шурфового вентилятора.

Апаратура УАВШ призначена для автоматизації вентиляційних установок головного провітрювання і забезпечує управління і контроль роботи реверсивних і неревверсивних вентиляторів з високовольтним і низьковольтним електроприводом.

Функції апаратури УАВШ:

- 1) телемеханічне і місцеве управління двома вентиляторами;

- 2) телемеханічне і місцеве реверсування повітряного струменя;
- 3) нульовий захист;
- 4) захист електродвигунів від роботи в однофазному режимі;
- 5) автоматична світлова та звукова сигналізація контрольованих параметрів.

Апаратура типу УКАВ–М призначена для автоматизації головної вентиляційної установки відповідно до вимог до системи автоматизації технологічного процесу провітрювання шахти. Комплект УКАВ–М складається з шаф закритого виконання і пульт дистанційного керування. Комплект УКАВ–М випускається на один вентиляторний агрегат в декількох типовиконаннях, що розрізняються в залежності від типу приводу вентиляторного агрегату (синхронний, асинхронний або двома двигунами синхронний і сінхро-асінхронний), кількості ляд і допоміжних приводів.

При аналізі застосовуваних апаратури автоматизації вентиляторної установки головного провітрювання можна зробити висновок, що ні одна з перерахованих вище апаратури повністю не задовольняє завданням покладених на неї.

1.3.2 Об'єкт автоматизації

В якості об'єкту управління виступає вентилятор типу ВЦД47 НН «Север».

Відцентровий вентилятор двостороннього всмоктування, призначений для головного провітрювання рудників металургійної та хімічної промисловості та вугільних шахт.

Вентилятори ВЦД47 НН «Север» з системою регульованого електроприводу призначені для головного провітрювання рудників металургійної та хімічної промисловості та вугільних шахт. За вентиляційним параметрами є найбільшими вентиляторами, розрахованими на подачу в підземні виробки до 690 м³/с повітря в межах робочої області, що розвивається вентилятором тиск може змінюватися від 1 000 до 8 800 Па.

Може комплектуватися системами автоматичного управління.

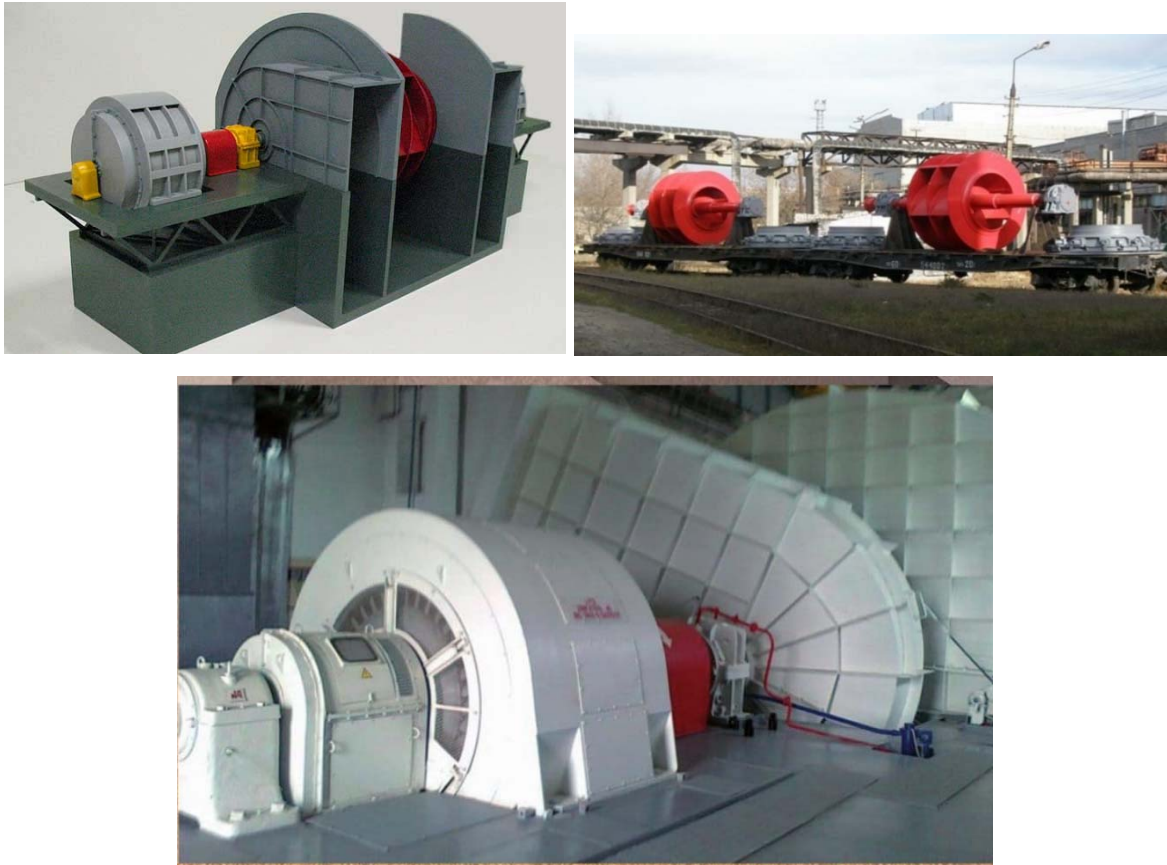


Рисунок 1.5 – Вентилятора ВЦД-47НН «Север»

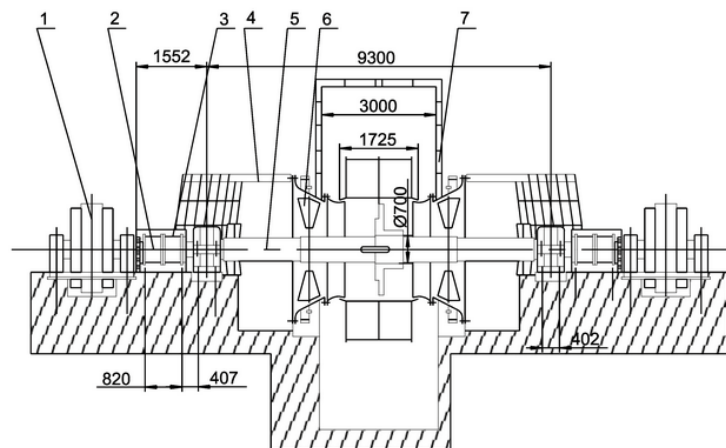


Рисунок 1.6 - Габаритні і приєднувальні розміри вентиляторів ВЦД-47НН «Север»

1 – електродвигун; 2 – зубчаста муфта; 3 – огорожа муфти;
4 – всмоктувача коробка; 5 – ротор; 6 – направляючий апарат; 7 – корпус.

ВЦД47НН - це відцентровий вентилятор двостороннього всмоктування. Він складається з ротора з робочим колесом, кожуха і пристрої для скидання потужності. Велика частина корпусу вентиляторів виконана «в бетоні».

Так само є система вимірювання управління двигунами вентилятора, система вимірювання тиску. При необхідності можна включити вентилятор ручному режимі згідно ГОСТ 11004.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики вентилятора ВЦД-47НН «Север»

Найменування	Значення
Діаметр робочого колеса, мм	4 700
Потужність двигуна вентилятора, кВт	4 800
Частота обертів двигуна вентилятора, об./хв	3 150
Нормована частота обертів, об./хв	125-490
Окружна швидкість	120,5
Продуктивність у робочій зоні при статичному КПД більше 0.6 м ³ /с	90-680
Статичний тиск у робочій зоні при статичному КПД більше 0.6, Па	1000-8800
Максимальний статичний КПД	0,865
Рівень шуму на відстані 200 м від дифузора, дБ	45 по шкалі С
Спосіб регулювання продуктивності	зміна швидкості обертів привідного двигуна
Глибина регулювання по тиску	0,75
Маховий момент ротора, тм ²	206
Потужність двигуна кута повороту лопаток, кВт	22
Частота обертів двигуна кута повороту лопаток, об./хв	3 000
Регулювання кута повороту лопаток, гр.	20...68
Маса вентилятора, кг	91 500

Робоче колесо з виконано з двох півкілець лівого і правого, кожен з яких складається з корінного та покривного дисків, між дисками уварені профільні лопатки. Лопатки робочих коліс заповнені пінополіуретаном. Напівколеса закріплені на ступці, насадженої на головний Вал посередині між опорами. На вихідних кінцях валу розташовані зубчасті муфти для під'єднання до головного і розгінному двигунів.

Корпус - це єдина група, в якій об'єднані спіральний дифузор, вхідні конуса і усмоктувальні коробки.

Корпус не має вертикальних роз'ємів, він складається з двох жорстких боковин і секцій спіральної обичайки, що закривають середню частину корпусу по периферії. Для зручності транспортування боковини мають знімні верхні щити, які після закінчення монтажу вваряться до боковин по фланців роз'єму.

Горизонтальний роз'єм відокремлює верхню частину корпусу від жорсткого рамного поясу, що встановлюється безпосередньо на бетон і складається з бічних балок, поперечки і мови.

Всі вузли корпусу - це металоконструкції.

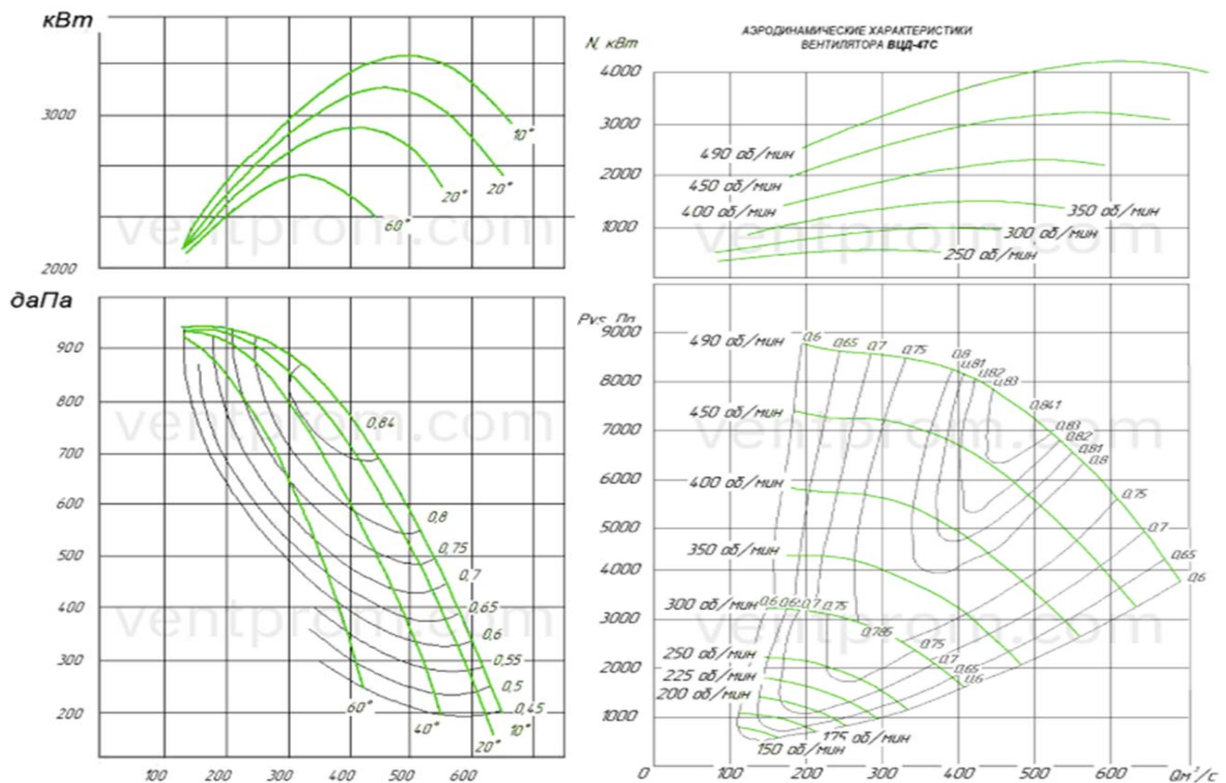


Рисунок 1.7 - Аеродинамічні характеристики ВЦД-47УМ, ВЦД-47УС ($n=150\dots 490$ об./хв)

1.4 Структура системи управління

1.4.1 Принципи, технічні способи та математичні методи керування

Апаратура управління, автоматизації та контролю шахтної вентиляційної установки – це комплекс складних, спільно працюючих систем, доповнений допоміжними пристроями і механізмами. Системи працюють в постійно мінливих комбінаціях з певною заданою послідовністю.

Тому треба розробити систему управління вентилятором головного провітрювання шати, яка забезпечить можливість оперативна - у реальному часі автоматично управляти шахтним вентилятором головного провітрювання при дотриманні всіх нормативів безпеки.

Бажано система автоматичного управління шахтними вентиляторами головного провітрювання була здатна працювати з різними типами вентиляторних агрегатів і їх електроприводів, забезпечувати всі основні види управління і режими роботи, а також забезпечувати контроль, захист і сигналізацію стану вентиляційних установок, мала можливість працювати з різними типами приводу (синхронний, асинхронний, з двома двигунами асинхронний, синхро–асинхронний), наявності або відсутності допоміжних приводів, різною кількістю ляд.

Але основною задачею системи управління повинна бути можливість оперативного управління продуктивністю вентиляторної установки з метою зниження енерговитрат.

1.4.2 Аналіз процесу керування

У загальному виді структурну схему системи автоматизації вентиляторної установки технологічного процесу провітрювання шахти, виглядає так, як показано на рис. 1.8.

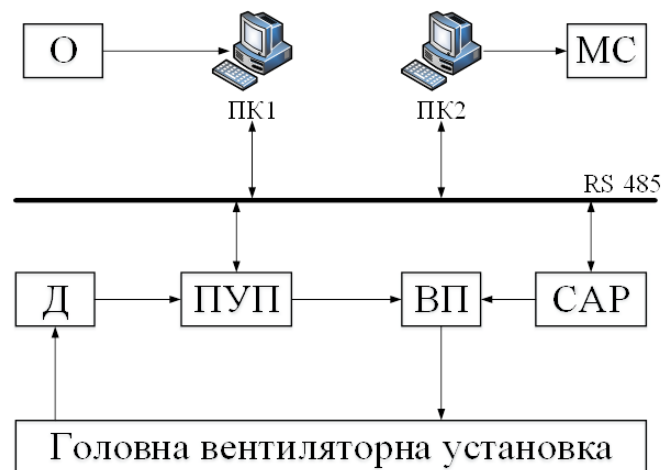


Рисунок 1.8 – Структурна схема системи автоматизації вентиляторної установки головного провітрювання

Д – датчики; ПУП – пристрій управління продуктивністю ВУГП;
 ВП – виконавчий пристрій; САР – система автоматичного регулювання;
 О – оператор (машиніст) шахти; ПК1 – пром. комп'ютер оператора шахти;
 ПК2 – пром. комп'ютер АСУ ТП; МС – мнемосхема диспетчера шахти.

Як правило автоматизована система управління технологічним процесом представляє собою ієрархічну структуру, що включає в себе рівень операторського управління, рівень автоматичного управління та польовий рівень.

На польовому рівні знаходяться пристрої, що встановлюються безпосередньо на технологічних об'єктах та поблизу від них: датчики, виконавчі пристрої, спеціалізовані контролери, сервоперетворювачі, системи віддаленого вводу-виводу, частотні перетворювачі. Основними завданнями, які розв'язуються на даному рівні, є: вимірювання технологічних параметрів процесу та вироблення керуючих впливів.

На рівні автоматичного управління знаходяться пристрої управління та сигналізації, які розміщуються в шафах управління: програмовані логічні контролери, системи віддаленого вводу-виводу, пульти управління. Пульти управління можуть бути реалізовані за допомогою кнопок, перемикачів та світлосигнальної арматури; панелей операторів; комп'ютерів або терміналів зі спеціалізованим програмним забезпеченням, що реалізує людино-машинний інтерфейс. Основними завданнями, які розв'язуються на даному рівні, є: обробка даних, що надходять з польового рівня, формування значень керуючих впливів та передача їх на польовий рівень, сигналізація про вихід значень параметрів технологічного процесу за задані межі, блокування помилкових дій персоналу та управляючих пристроїв, реалізація протиаварійного захисту при виникненні нештатних ситуацій.

На рівні операторського управління знаходяться пристрої збору та зберігання інформації та пристрої візуалізації технологічних процесів: сервера SCADA систем, сервера баз даних, автоматизовані робочі місця. Основними завданнями, які розв'язуються на даному рівні, є: збір інформації, що надходить з рівня автоматичного управління, її обробка, зберігання та архівування, формування звітів, передача інформації EMS системі, обчислення параметрів які не можуть бути вимірювані, діагностика та захист від збоїв, налаштування управляючих пристроїв.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System – Диспетчерське управління та збір даних) система являє собою програмне забезпечення призначене для забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт контролю або процеси управління. Сервера SCADA системи вирішують завдання збору, резервування, архівування та надання інформації, а автоматизовані робочі місця операторів вирішують завдання візуалізації технологічного процесу за допомогою НМІ (Human Machine Interface - Людино-машинного інтерфейсу), формування сигналів тривоги, запису інформації про нештатні ситуації, формування звітів, організації управління за технологічними картами.

Таким чином сучасна система управління базується на використанні у якості пристроїв управління програмованих логічних контролерів. Які отримують інформацію від датчиків формують за заданим алгоритмам сигнали управління які за допомогою виконавчих пристроїв формують керуючі впливи. Зміна параметрів системи управління та візуалізація процесу виконується за допомогою SCADA систем які встановлюються на серверах та автоматизованих робочих місцях операторів. SCADA системи виконують збір, обробку візуалізацію та зберігання інформації отриманої від програмованих логічних контролерів та операторських пультів.

1.4.3 Формулювання задачі керування

Регулювання відцентрових вентиляторів здійснюється за рахунок аеродинамічного регулювання (кут повороту лопаток) або шляхом регулювання швидкості обертання валу вентилятора. В основному в системах автоматизації провітрювання регулювання продуктивності ВУГП здійснюється шляхом зміни кута установки лопаток направляючого апарату. Цей спосіб заснований на використанні явища закручування потоку повітря перед робочим колесом, є найбільш простим, і не вимагає додаткових витрат. Незважаючи на те що, як правило, цей спосіб використовують при невеликих діапазонах зміни продуктивності, він є оптимальним і застосовується в даній роботі.

Найменш поширеним в системах автоматизації провітрювання регулювання продуктивності ВУГП здійснюється шляхом регулювання швидкості обертання валу вентилятора. Цей спосіб використовують при великих діапазонах зміни продуктивності. Цей спосіб є самим оптимальним і застосовується як основний в даній роботі.

У загальному виді структурну схему системи автоматичного управління продуктивністю ВГП можна представити, як на рис. 1.9.

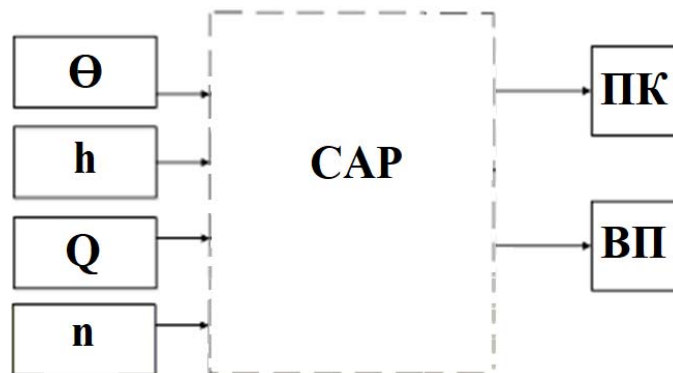


Рисунок 1.9 – Структурна схема пристрою управління продуктивністю ВУГП

Θ – датчик кута установки лопаток;

h - датчик депресії;

САР – система автоматичного регулювання;

ПК – промислові комп'ютери.

Q - датчики продуктивності;

n – датчик обертів електродвигуна;

ВП – виконавчі пристрої;

Схема працює в такий спосіб. У САР сигнал з датчиків депресії, продуктивності і кута установки лопаток поступає на вхід САР для формування сигналів управління зовнішнім пристроєм забезпечуючим поворот лопаток. У САР відбувається обробка отриманих даних з технологічних датчиків відповідно до забезпечуючи алгоритму роботи ВУГП, яка подає також подає сигнали регулювання на пристрій регулювання швидкості електродвигуна ВУГП, частота обертів якого контролюється датчиком обертів електродвигуна. В якості виконавчих пристроїв застосовуються реверсивні контакти пускача направляючого апарату, та частотний перетворювач для регулювання швидкості електродвигуна ВУГП.

1.4.3.1 Способи зниження енергоспоживання вентиляторної установкою головного провітрювання

Всі основні параметри вентилятора пов'язані між собою через аеродинамічну схему цього вентилятора. Зміна продуктивності вентилятора призводить до зміни інших параметрів - депресії, споживаної потужності і коефіцієнта корисної дії. Для успішного використання вентилятора в системі провітрювання шахти необхідно чітко уявляти цей зв'язок параметрів. З цією метою в теорію і практику застосування вентиляторів введено поняття характеристика вентилятора.

Оскільки отримати коректні аналітичні залежності для нерозрахованих режимів роботи вентилятора до теперішнього часу практично не вдалося, мова може йти тільки про графічні вираженні цих залежностей.

Графіки характеристик виконуються у відповідних осях - $H-Q$, $N-Q$ і $\eta-Q$.

Названі вище характеристики зручно звести в один графік, який представляє собою єдину повну аеродинамічну характеристику вентилятора для якогось постійного числа обертів робочого колеса. Цей графік інколи, називають повною характеристикою вентилятора. Вид такої характеристики представлений на рис. 1. 10.

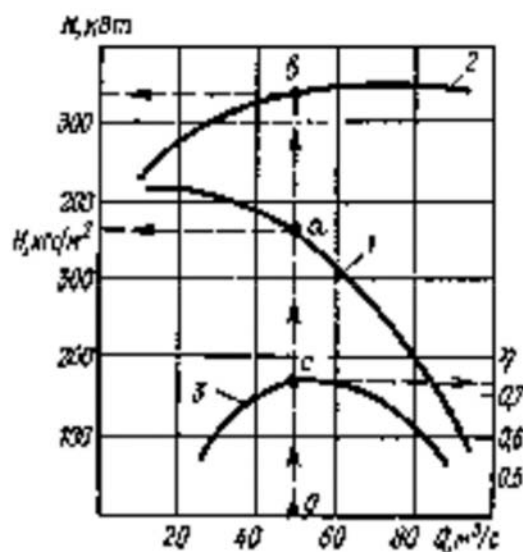


Рисунок 1.10 - Основні аеродинамічні характеристики вентилятора

1 - $H-Q$;

2 - $N-Q$;

3 - $\eta-Q$.

Визначальними параметрами при виборі вентилятора для роботи в системі вентиляції шахти є його продуктивність і депресія, це параметри, які повинні забезпечувати потреби шахти в повітрі з урахуванням аеродинамічного опору мережі. Наведене обставина зумовлює необхідність вибору вентилятора за його напірної характеристики ($H-Q$). Інші залежності ($N-Q$ і $\eta-Q$) тільки відображають витрати енергії на провітрювання мережі.

Більшість вентиляційних установок складається з двох вентиляторів, однак є установки з одним вентилятором і запасним електродвигуном. Більшість відцентрових вентиляторів можуть бути віднесені до категорії сучасних. Однак це не означає, що всі ці вентилятори працюють економічно. Є значна кількість вентиляторів головного провітрювання, які працюють поза робочої області з низьким ККД або в робочій області, але зі значним перевищенням потужності, необхідної для подачі в шахту встановленої кількості повітря.

Таке становище викликане наступним рядом причин:

- змінилися з часом характеристики вентиляційних мереж;
- незадовільний стан каналів, елементів герметизації будівель;
- в окремих випадках неправильний вибір типу вентилятора на конкретні умови;
- відсутність засобів автоматизації стеження за змінними параметрами вентиляційної мережі і налаштування вентилятора на режим роботи з максимальним ККД установки.

Аналіз роботи ВУГП з відцентровими вентиляторами показує, що значне перевищення споживаної потужності. Найбільш вагомими енергоспоживачами є великі вентилятори з діаметром робочого колеса 3,15 м і вище. На їх частку припадає 91 % енерговитрат. В середньому одна установка має перевищення потужності 370 кВт. Через розбіжності фактичних характеристик вентиляторів і вентиляційних мереж шахт річна перевитрата електроенергії відцентровими вентиляторами головного провітрювання становить понад 170 млн. кВт/год. При цьому зниження енергоспоживання може бути здійснено за наступними напрямками:

- впровадженням комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на підтримку нормального стану елементів установки і пов'язаних з нею будівельних споруд;
- проведенням модернізації вентиляційних установок і застосуванням ефективних способів їх адаптації до параметрів вентиляційних мереж.

Розглянемо більш докладно другий напрямок, воно може бути реалізовано за рахунок наступних дій:

- a) зміни сімейства характеристик вентилятора:
 - зміною швидкості обертання робочих коліс вентилятора шляхом заміни приводного електродвигуна з іншою частотою обертання;
 - заміною робочих коліс вентилятора;
 - ізоляцією частини робочого колеса;
 - зміною числа лопаток робочого колеса для осьових вентиляторів;
- b) регулярної налаштуванням вентилятора на змінюються в часі параметри мережі з метою роботи установки з максимальним ККД. І забезпеченням подачі необхідної кількості повітря за рахунок частотного або аеродинамічного регулювання.

Найкращий результат досягається при спільному застосуванні ступеневого і плавного регулювання. Потреба зміни сімейства характеристик вентилятора може виникати не частіше ніж один раз на кілька років, при цьому повинні бути проведені відповідні дослідження і подальша модернізація установки. Регулярна настройка вентилятора на параметри мережі повинна здійснюватися з інтервалом від кількох годин до кількох діб. Таке управління потребує або постійного контролю з боку обслуговуючого персоналу, або у впровадженні автоматизованої системи стеження і стабілізації продуктивності вентилятора. Для визначення критеріїв управління вентиляторної установкою розглянемо режим роботи вентилятора на мережу. На рис. 1.11 наведено ідеальний режим роботи.

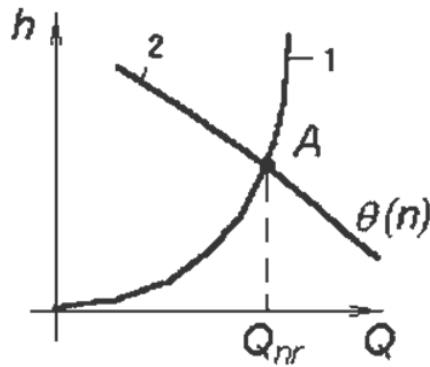


Рисунок 1.11 - Ідеальний режим роботи вентилятора на мережу

h - депресія; Q - продуктивність; Q_{nr} - необхідна продуктивність;
 A - робоча точка; Q_{nr} - нормована кількість повітря.

Так як розрахунок значення Q_{nr} проводиться дільницею ВТБ (вентиляції і техніки безпеки) щоквартально, то припустимо, що протягом трьох місяців значення Q_{nr} залишається незмінним. При цьому опір шахтної мережі не залишається незмінним. Тоді при точної (разової) налаштування вентилятора на мережу в довільний момент часу реальний режим роботи вентилятора набере вигляду, показаного на рис. 1.12.

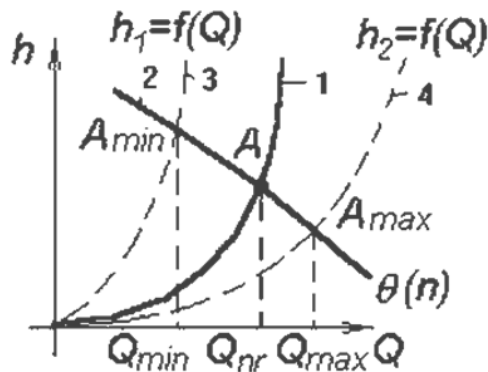


Рисунок 1.12 — Реальний режим роботи вентилятора на мережу.

Криві 3 і 4 — характеристики вентиляційної мережі, які можуть бути отримані, відповідно, при максимальному і мінімальному аеродинамічному опорі мережі за період в три місяці. Таким чином за відсутності режиму стабілізації продуктивності робоча точка A в процесі роботи довільно переміщається по кривій 2 (аеродинамічній характеристиці вентилятора) від пункту A_{min} , до пункту A_{max} , при цьому продуктивність вентилятора

змінюється від значення Q_{min} до Q_{max} , причому Q_{min} методу Q_{nr} , що суперечить Правилам безпеки. Щоб уникнути порушення вимог ПБ в умовах шахти приймається режим, наведений на рис. 1.13.

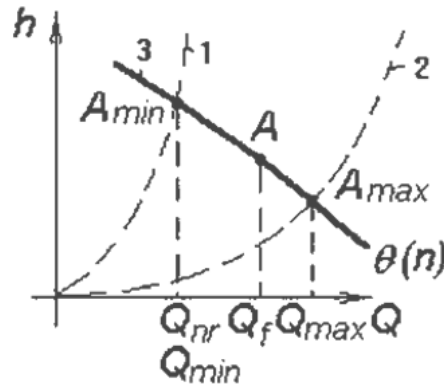


Рисунок 1.13 — Режим роботи вентилятора на мережу з урахуванням ПБ

Криві 1 і 2 - межі зміни аеродинамічних характеристик мережі, а крива 3 - аеродинамічна характеристика вентилятора, обрана з урахуванням виконання розглянутих умов.

1.4.3 Система дослідження моделі об'єкта керування

Проектована система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми до контуру управління швидкістю електродвигуна ВУГП, в якості котрого виступає електромеханічна частина ВУГП, датчик швидкості електродвигуна ВУГП, пристрій управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер та електропривід ВУГП.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою.

1.5 Висновки по розділу

Кваліфікаційна робота присвячена актуальній задачі удосконалення автоматизованої системи управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти за рахунок впровадження системи управління побудованої на основі сучасних контролерів, які показали свою актуальність в управлінні складними технологічними об'єктами.

Для підвищення ефективності за рахунок зниження економічних витрат процесу провітрювання шахти необхідно розробити систему автоматизованого управління вентиляторної установкою головного провітрювання шахти, яка буде контролювати всі основні параметри вентиляції і при відхиленні їх поточних значень від нормованих здійснюватиме управління елементами системами провітрювання.

Розробляється система автоматизованого управління, яка повинна забезпечити контроль і управління процесом провітрювання в нормальному режимі роботи. Реверсивний і аварійний режими роботи не розглядаються у рамках кваліфікаційної роботи.

У нормальному режимі система автоматичного регулювання провітрювання повинна забезпечити подачу такої кількості повітря, яке необхідне відповідно до правил безпеки у вугільних шахтах (ПБ), що потрібно для забезпечення комфортних та безпечних умов праці гірників, забезпечення заданої продуктивності вибоїв при існуючих параметрах рудничної атмосфери: газовиділенні, пилоутворення, виділення тепла і вологості, при оптимальних режимах роботи вентиляційних установок.

Взаємодія з пристроєм управління виконується через SCADA систему яка збирає інформацію та дозволяє змінювати параметри роботи системи. Отримана інформація обробляється та передається до бази даних для зберігання. SCADA система також може отримувати данні з бази даних.

Отримана інформація та дані відображаються SCADA системою за допомогою автоматизованих робочих місць для відповідних операторів процесу. Оператор процесу може змінювати еталони системи управління, що в свою чергу призводить до зміни параметрів роботи системи.

Для проведення дослідження об'єкта управління потрібні вихідні дані параметрів системи. Необхідно сформулювати вимоги до системи, скласти математичний опис окремих елементів системи, розробити математичну модель системи і досліджувати її різними методами для отримання найкращих параметрів, розробити апаратну частину і програмне забезпечення.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи управління

В якості об'єкту управління виступає шахтний відцентровий вентилятор ВЦД47 НН «Север» двостороннього всмоктування, призначений для головного провітрювання рудників металургійної та хімічної промисловості та вугільних шахт.

Таблиця 2.1 – Основні параметри вентилятори ВЦД47 НН «Север»

Найменування	Значення
Потужність двигуна вентилятора, кВт	4 800
Частота обертів двигуна вентилятора, об./хв	3 150
Нормована частота обертів, об./хв	125-490
Продуктивність у робочій зоні при статичному КПД більше 0.6 м ³ /с	90-680
Статичний тиск у робочій зоні при статичному КПД більше 0.6, Па	1000-8800
Основний спосіб регулювання продуктивності	зміна швидкості обертів
Глибина регулювання по тиску	0,75
Додатковий спосіб регулювання продуктивності	Регулювання кута повороту лопаток
Потужність двигуна кута повороту лопаток, кВт	22
Частота обертів двигуна кута повороту лопаток, об./хв	3 000
Регулювання кута повороту лопаток, гр.	20...68

Відповідно до вимог, система управління взаємодіє з контрольним об'єктом, тому повинна забезпечувати підсистему для управління технологічним обладнанням (рис. 2.1).

До підсистеми управління входять пристрої збору інформації (датчиків депресії, продуктивності, кута установки лопаток, датчика швидкості обертів вентилятора) система управління, та виконавчі прилади (пристрій регулювання швидкості електродвигуна вентилятора).

Для підсистеми управління вентилятором необхідна наявність наступних основних вхідних і вихідних сигналів системи управління:

- управління швидкістю обертання електродвигуна головного вентилятора;
- управління електродвигуном кута повороту лопаток;

- датчик тиску повітря;
- датчик витрати повітря;
- датчик визначення швидкості вентилятора;
- датчики кута повороту лопаток.

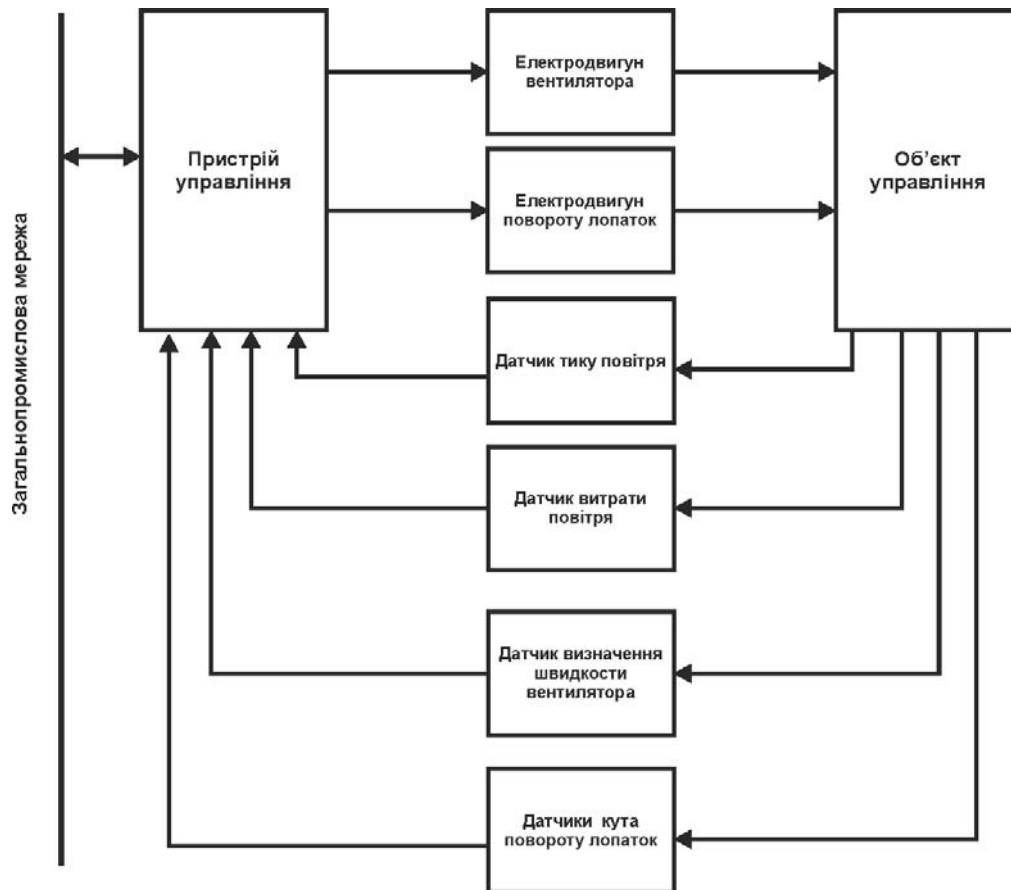


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми управління вентилятором

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Крім того, система повинна забезпечувати візуалізацію і контроль роботи верстата, тому вона повинна включати підсистему інформаційної підтримки роботи оператора. Ця підсистема включає в себе процес реєстрації, людино-машинного інтерфейсу і сигналізації для досягнення параметрів управління встановлених значень. Дані система також повинні бути архівовані, тому треба повинна мати підсистему для зберігання архівів параметрів і подій, у тому числі бази даних і резервного зберігання. Беручи до уваги ці вимоги, функціональна структура системи має вигляд, наданий рис. 2.2.

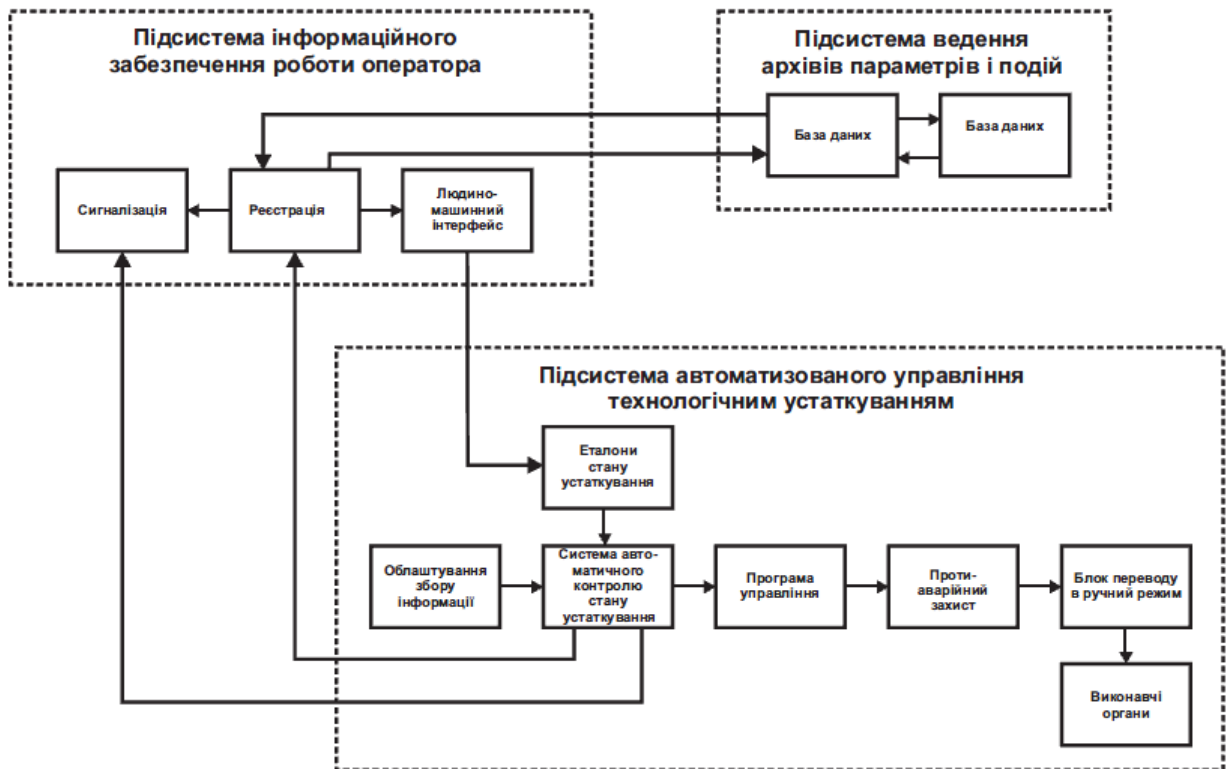


Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Ця система структура гарантує, що інформація управляється, збирається, записується, візуалізується, зберігається у базі даних і забезпечується резервне копіювання. Крім того, обладнання контролюється і сигналізується при досягненні параметрів контролю за вказаними значеннями.

2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління

Відповідно до вимог, система управління взаємодіє з об'єктом керування, тому повинна мати підсистему управління технологічним обладнанням. Ця підсистема включає в себе наступні компоненти:

- інформаційні пристрої (датчики);
- технологічні карти роботи і умови експлуатації обладнання (технологічні режими);
- апаратуру контролю стану обладнання;
- програму управління;
- аварійний захист;
- ручний блок управління;
- виконавчі органи (електроприводи).

2.3.1 Вибір датчиків

Згідно з умовами треба вимірювати відносний тиск до 6 000 Па.

Датчик диференціального тиску DMD-831 призначений для вимірювання значення диференціального (різниці / перепаду) тиску повітря, природних і нейтральних газів, води в діапазоні 0...70 бар, перетворення вимірюваного значення в вихідний уніфікований струмовий сигнал 4...20 мА, індикації поточного значення вимірюваного параметра на цифровому чотирирозрядному світлодіодному дисплеї та управління зовнішніми електричними ланцюгами від вбудованого комутатора (електронного ключа) типу «відкритий колектор» (один або два незалежних комутаційних виходу).

Перетворювач різниці / перепаду тиску - датчик тиску DMD-831 призначений для експлуатації в наступних умовах:

- закриті вибухобезпечні приміщення без агресивних парів і газів;
- температура навколишнього середовища (повітря) від -25 до +85 °С з відносною вологістю від 5 до 95% (без конденсації вологи);
- температура вимірюваного середовища від -40 до +125 °С;
- атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа.

Функціональні можливості датчика диференціального тиску DMD-831:

- пропорційне лінійне перетворення вимірюваних тисків на входах (P1, P2 або їх різниці) в трипровідній вихідній уніфікований струмовий сигнал 4...20 мА;
- індикація поточного значення вимірюваного тиску (різниці / перепаду тиску) або вихідного струму на цифровому індикаторі;
- порівняння поточного значення параметра з установленими межами і видача до двох дискретних (релейних) сигналів при виході контрольованого параметра за кордону;
- режим роботи – цілодобовий;
- середнє напрацювання на відмову – 100 000 г;
- середній термін служби - 12 років.



Рисунок 2.3 - Датчик диференціального тиску DMD-831

Таблиця 2.2-Датчик диференціального тиску DMD-831 D8

№	Найменування параметру	Значення
1	Діапазон відносного тиску, мм	0...10 бар
2	Повторюваність спрацьовувань, мм	0,025
3	Напруга живлення, В	24 В
4	Похибка вимірювання, %	0,075
4	Струм, мА	60

Згідно з умовами треба вимірювати витрати повітря 600 м³/с.

Згідно з умовами треба вимірювати швидкість обертів вентилятора, та положення куту повороту лопаток, які рухаються завдяки відповідним електродвигунам. Для цього підходять промислові витратоміри на великі витрати IN-FLOW High-Flow.



Рисунок 2.4 - Датчик витрат IN-FLOW High-Flow F-206BI

Таблиця 2.3-Датчик витрат IN-FLOW High-Flow F-206BI

№	Найменування параметру	Значення
1	Максимальний тиск, бар	10
2	Діапазон вимірювання, м ³ /с	20...800
2	Похибка вимірювання, %	0,1
3	Напруга живлення, В	24
4	Потужність, споживання%	8
5	Канал: RS232, Profibus-DP®, DeviceNet™, Modbus-RTU, FLOW-BUS, EtherCAT	

Швидкість обертів вентилятора та положення куту повороту лопаток будемо вимірювати енкодером E40H 012 2000 2 N 24 з 2 000 імпульсами на обороті і напругою живлення 24 В (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Енкодер E40H-012-2000-2-N-24

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики E40H-012-2000-2-N-24

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип з'єднання	Прохідний отвір
2	Діаметр отвору, мм	12
3	Дозвіл, імп / об	2000
4	вихідні фази	A, B
5	Тип виходу	NPN
6	Напруга живлення, В	12 ÷ 24

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Електродвигунами вентилятора можна управляти частотним перетворювачем АВВ ACS5000.

Високовольтний привід ACS5000 забезпечує зручне управління пристроями великої потужності, такими як компресори, насоси і вентилятори. Він може застосовуватися в безлічі областей, а завдяки надійній конструкції особливо добре підходить для хімічної, нафтогазової та енергетичної

промисловості. Привід має різноманітні спеціалізовані функції, що дозволяють його легко інтегрувати у існуючі системи управління. Конструкція ACS5000 стійка до дугового розряду, що забезпечує найвищий рівень безпеки щоденних операцій як для працівників, так і для обладнання.

Має переваги:

- найвищий рівень безпеки персоналу, завдяки функції раннього виявлення дуги і конструкції стійкою до дуговим розрядами;
- висока надійність, перевірена конструкція, мала кількість частин і компонентів;
- висока сумісність зі стандартними двигунами, завдяки багаторівневій топології;
- конструкція без запобіжників;
- постійний коефіцієнт потужності мережі в усьому діапазоні швидкості;
- пряме керування моментом (DTC);
- спеціалізовані функції для різних промислових застосувань
- діапазон потужностей 3,0 - 36,0 МВт, напруга до 13,8 кВ.



Рисунок 2.6 – Серія високовольтних приводів ACS5000

Проста інтеграція в систему ACS 5000 забезпечує гармонійну і просту інтеграцію в систему і виробниче середовище. Відкрита система управління АББ пропонує стратегію відкритих комунікацій, що забезпечує можливість підключення приводу до технологічних контролерів верхнього рівня. ACS 5000

може комплектуватися модулями зв'язку всіх основних промислових мереж (FieldBus) для оптимальної інтеграції, контролю і управління різними технологічними процесами відповідно до вимог замовника.

Таблиця 2.5 - Технічні дані ACS 5000 повітряного охолодження з вбудованим трансформатором

Данные двигателя			Тип преобразователя	Данные преобразователя			
Напряжение	Мощность двигателя *		Тип	Полн. мощ-ть	Ток	Длина	Вес **
кВ	кВт	л.с.					
6 000 В							
6,0	1460	1960	ACS 5060-A1A-M5	1700	160	5700	7700
6,0	1800	2410	ACS 5060-A1B-M5	2100	200	5700	7700
6,0	2150	2880	ACS 5060-A1C-M5	2500	240	5700	7700
6,0	2570	3440	ACS 5060-A1D-M5	3000	290	6000	9200
6,0	3090	4140	ACS 5060-A2A-M5	3600	350	6400	10200
6,0	3690	4940	ACS 5060-A2B-M5	4300	410	6700	11200
6,0	4120	5520	ACS 5060-A2C-M5	4800	460	6700	11200
6,0	4460	5980	ACS 5060-A2D-M5	5200	500	6700	15500
6,0	5150	6900	ACS 5060-A2E-M5	6000	585	6700	15500

Переваги:

- стандартний інтерфейс;
- віддалене підключення через локальну мережу (LAN);
- доступ до: управління приводом сигналам і параметрам журналам реєстрації даних і відмов;
- DriveOPC дані це пакет програмного забезпечення, що дозволяє здійснювати зв'язок між приводами АББ і додатками на основі Windows.
- технічне обслуговування;
- модульна конструкція ACS 5000, що обумовлює мінімальний обсяг регламентних робіт.



Рисунок 2.7 – Високовольтний привод ASC 5060-A2E-M2

У ПЧ передбачений зв'язок з комп'ютером (або контролером верхнього рівня) по послідовному каналу зв'язку RS-485 з протоколом Modbus RTU для передачі інформації про стан електроприводу.

Відповідно до вимог система, що розробляється, повинна управляти кутом повороту лопаток вентилятора, для управління вибраній частотний перетворювач компанії Lenze 8200 E82EV223K4B201, потужністю 22 кВт, що живиться від трифазної мережі ~ 380 В (рис. 2.8).

Технічні характеристики частотного перетворювача Lenze 8200 E82EV223K4B201 приведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.8 - Частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV223K4B201

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики Lenze 8200 E82EV223K4B201

№	Найменування параметра	Значення
1	Робоча напруга живлення, В	3 фазне ~320 ÷ 550
2	Потужність, кВт	22,0
3	Діапазон вихідних частот, Гц	-650 ÷ +650
4	Частота комутації, кГц	2 ÷ 16
5	Перевантажувальний момент, % Mn	180 ÷ 210
6	Гальмівний момент, % Mn	50
7	Міра захисту	IP20
8	Частотне управління U/f	Є
9	Векторне управління	Є
10	Частотне регулювання	Є
11	Регулятор моменту	Є
12	ПД-регулятор	Є
13	Аналогові входи	1
14	Дискретні входи	5
15	Дискретні виходи	1
16	Релейний вихід	1
17	Підтримувані інтерфейси	Є
18	CAN - Bus	Є
19	PROFIBUS - DP	Є
20	INTERBUS	Є
21	AS - Interface	Є
22	Device Net	Є

На підставі вибраного устаткування розроблений перелік вхідних і вихідних сигналів системи управління приведений в табл. 2.7.

2.5 Вибір пристрою керування

Відповідно вимогам до системи управління в якості пристрою управління повинен використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 10 мс, для забезпечення реакції на змінення температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 Кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління. Контролер повинен мати модульну структуру та інтерфейс PROFIBUS-DP.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 314-2AG12:

- робоча пам'ять 512 кБайт;
- інтерфейси Ethernet PROFIBUS-DP;
- напруга живлення 24 В;

- споживана потужність 14 Вт;
- ступінь захисту IP20.



Рисунок 2.9 – ПЛК VIPA 314-2AG12

Технічні характеристики ПЛК наведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - Технічні характеристики ПЛК VIPA 314 2AG12

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	CPU 314SB/DPM
2	Пам'ять, кБайт	512
3	Робоча пам'ять, кБайт	256
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,01
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,01
7	Час виконання команди над словом, мкс	0,01
8	Час виконання команди над подвійним словом, мкс	0,06
9	LAN інтерфейс	так
10	PROFIBUS-DP інтерфейс, майстер	так
11	Напруга живлення, В	24
12	Споживана потужність, Вт	6

Відповідно до переліку вхідних і вихідних сигналів контролер повинен володіти 14 входами з часом опитування не більше 10 мкс і 6 виходу-ми з часом комутації не більше 10 мс. Даним вимогам задовольнив модуль дискретного вводу компанії VIPA 321-1BH70, який має 16 входів і модуль дискретного виводу компанії VIPA 322-1BF01 має 8 виходів. Модуль введення забезпечує час опитування входів 2,56 мкс, модуль виведення забезпечує час комутації вихідних ланцюгів 1 мс.

Для живлення модулів введення / виведення контролера, дискретних датчиків і виконавчих механізмів обраний блок живлення SPD 2460 з вихідною напругою 24 В і максимальною здатністю навантаження 2,5 А.

Відповідно до вимог до системи відображення процесів що протікають при виробництві деталей повинно здійснюватися в реальному часі за допомогою людино-машинного інтерфейсу, а доступ до даних контролер по інтерфейсу Ethernet. Пристрій відображення ЧМІ повинно мати фізичний дозвіл екрану не менше 10 дюймів, і дозвіл зображення не менше 640 x 480 пікселів. Висунутим вимогам задовольняє панель ЧМІ від компанії VIPA Touch Panel TP 612C (рис. 2.10) має фізичний дозвіл екрану 12,1 дюймів. В якості джерела живлення для панелі обраний блок живлення SPD 2430 з вихідним напруги третьому 24 В і максимальною здатністю навантаження 1,25 А.



Рисунок 2.10 – VIPA Touch Panel TP 612C

Технічні характеристики людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ) панелі наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики VIPA Touch Panel TP 612C

№	Найменування параметру	Значення
1	екран	TFT, 12,1"
2	Дозвіл екрану, піксель	800 x 600
3	процесор	XScale, 800 Mhz
4	Робоча пам'ять, МБайт	128
5	Пам'ять користувача, МБайт	2048
6	MPI	Так
7	PROFIBUS-DP	Так
8	RS-232	Так
9	RS-422/485	Так
10	USB-A	Так
11	USB-B	Так
12	Ethernet RJ45	Так
13	Операційна система	Windows Embedded CE 6.0 Professional
14	Напруга живлення, В	24
15	Струм, мА	800

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Відповідно до завдання розроблено функціональну схему автоматизації комп'ютерної системи, яка наведена на рис. 2.11.

Система включає один пристрій керування (UY) до якого підключаються датчики та виконавчі пристрої. Пристрій керування також зв'язаний з пультом оператора (UYR) у якості котрого виступає панель оператора з SCADA системою zenon.

До складу системи входять датчики: швидкості вентилятора (GE 1-1), кута повороту лопаток (GE 2-1), датчик диску повітря (GE 3-1), датчик витрати повітря (GE 4-1).

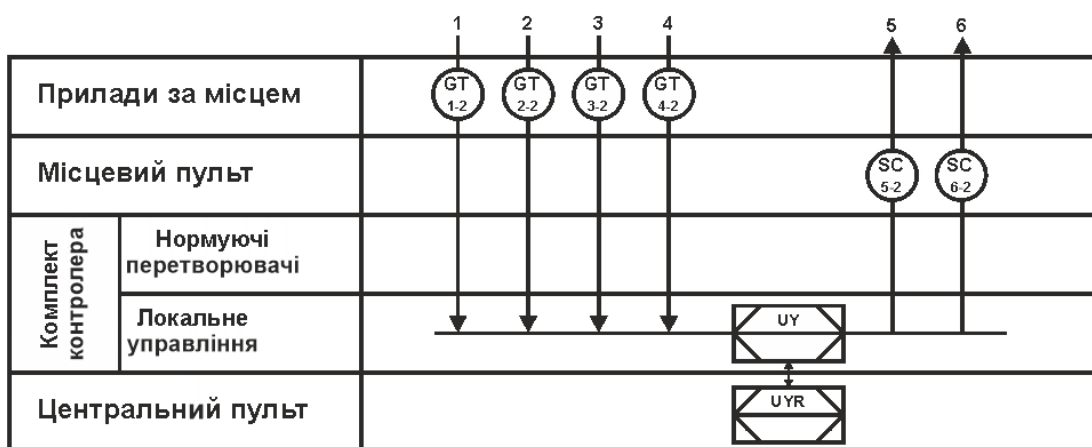
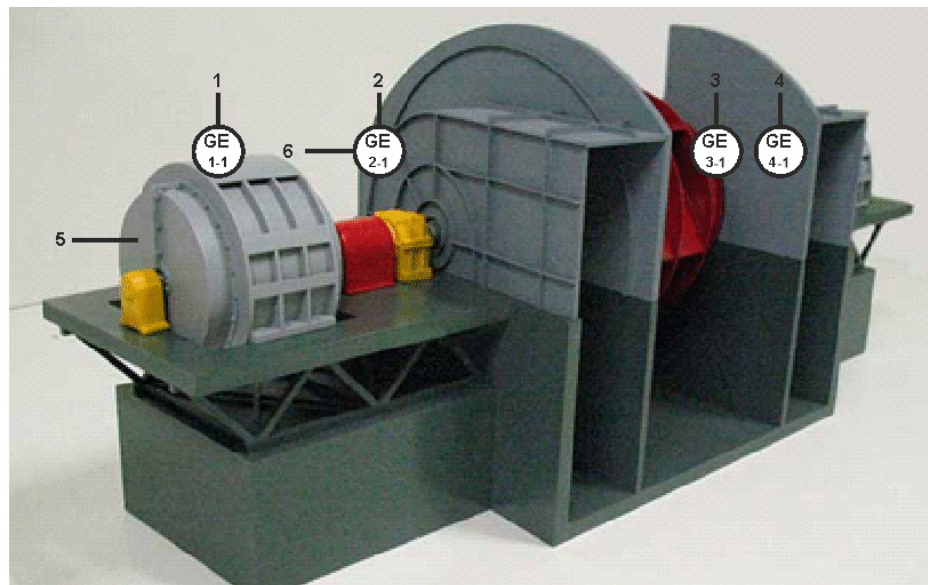


Рисунок 2.11 – Функціональна схема автоматизації

Виконавчі пристрої системи: перетворювач частоти для електродвигуна вентилятора SC 5-2 та перетворювач частоти для електродвигуна положення лопаток SC 6-2.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На підставі обраної елементної бази та переліку вхідних та вихідних сигналів розроблена схема електрична принципова, яка наведена на рис. 2.12.

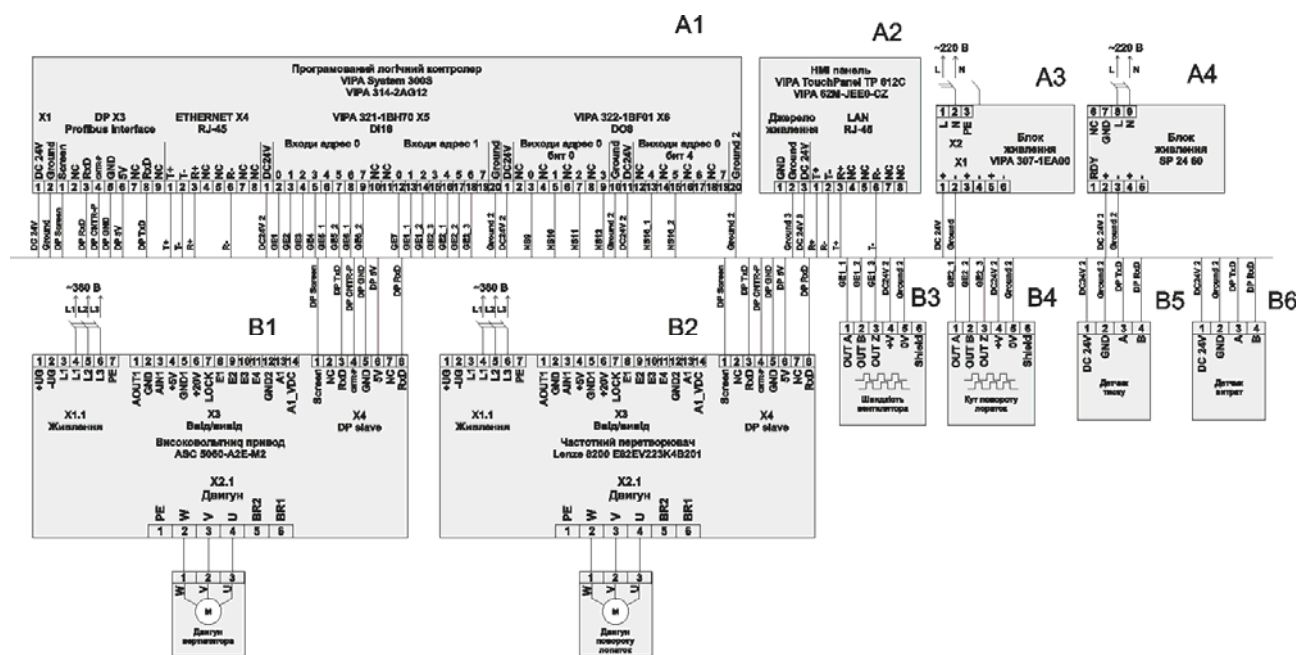


Рисунок 2.12 – Схема електрична принципова

2.6 Висновки по розділу

1. На підставі технологічного процесу, структури об'єкта керування, функціонування об'єкта керування та вимог до системи керування розроблено структурну схему системи керування.

2. Враховуючи вимоги до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів 0/24 В, 4÷20 мА та стандартне живлення 24 В, ~220 В.

3. На підставі вимог до технологічного процесу та функціонування системи керування в якості пристрою керування обрано програмований логічний

контролер VIPA 314 2AG12. Враховуючи датчики, виконавчі пристрої та тип контролера обрано його модулі які забезпечують підключення усіх елементів.

4. Згідно з вимогами до розміщення автоматизованого робочого місця оператора та людино-машинного інтерфейсу в якості панелі оператора обрано промисловий комп'ютер VIPA 314 2AG12 з операційною системою "Microsoft Windows Embedded 7" та SCADA системою "zenon Supervisor".

5. Згідно з обраним датчиками, виконавчими пристроями, пристроєм керуванням та панеллю оператора розраховані споживані потужності та обрані блоки живлення.

6. На підставі структурної схеми системи керування та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації системи керування з урахуванням якої розроблена схема електрична принципова системи керування.

7. Результати розробки апаратного забезпечення системи керування будуть використанні при створенні програмного забезпечення системи керування.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

В якості об'єкту управління виступає шахтний відцентровий вентилятор ВЦД47 НН «Север» двостороннього всмоктування, призначений для головного провітрювання рудників металургійної та хімічної промисловості та вугільних шахт.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням для підсистеми управління до контуру управління швидкістю вентилятора, в якості якого виступає електромеханічна частина його приводу, входить датчик швидкості вентилятора, пристрій управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер та високовольтний електропривід вентилятора.

Основна технічна інформація про об'єкт управління представлена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні параметри вентилятори ВЦД47 НН «Север»

Найменування	Значення
Електрообладнання	
Потужність двигуна вентилятора, кВт	4 800
Напруга живлення, кВ	6
Номінальна частота обертів двигуна вентилятора, об./хв	3 150
Частотний перетворювач	ASC 5060-A2E-M2
Вентиляторна установка	
Нормована частота обертів, об./хв	125-490
Основний спосіб регулювання продуктивності	швидкості обертів
Продуктивність у робочій зоні при статичному КПД більше 0.6 м ³ /с	90-680
Статичний тиск у робочій зоні при статичному КПД більше 0.6, Па	1000-8800

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з програмним комплексом SCADA-система zenon. Така система дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкту для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи яка наведена на рис. 3.1.

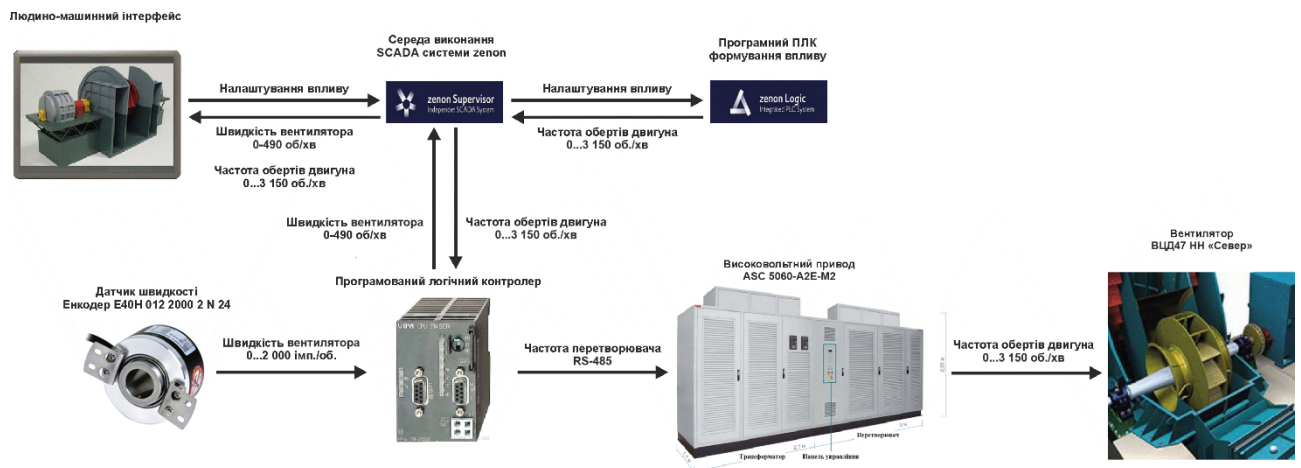


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно з структурною схемою система дослідження може формувати керуючий вплив, у якості котрого виступає швидкість вентилятора у діапазоні 0...490 об./хв, яка пропорційна обертам електроприводу відповідно у діапазоні 0-3 150 об./хв. Система може контролювати швидкість вентилятора, за допомогою датчика швидкості, відповідно у діапазоні 0...2 000 імп./об.. За розгін та підтримку заданого швидкісного режиму відповідає VIPA 214-2BS33.

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером з програмним комплексом SCADA-система zenon реалізується за допомогою інтерфейсу Ethernet.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів та поданнях їх на виконавчий пристрій. При цьому об'єкт управління накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт управління може бути досліджено за допомогою метода активного експерименту.

Для виконання ідентифікації об'єкта управління необхідно отримати його динамічну, статичну характеристику та перевіірочні данні.

З метою виконання ідентифікації об'єкта управління використовуючи метод активного експерименту необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі та перевіірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.

2. Отримання даних при П-образному впливі.

2.1 Привести об'єкт управління до початкових умов – задати частоту обертів вентилятора об./хв, відповідні витрати повітря становитимуть $0 \text{ м}^3/\text{с}$.

2.2 Запустити процес реєстрування.

2.3 Задати частоту обертів вентилятора 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму витрат повітря.

2.4 Задати частоту обертів вентилятора 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму витрат повітря (дивись п. 2.1).

2.5 Зупинити процес реєстрації.

2.7 Проаналізувати отриману характеристику. Якщо П-характеристика не симетрична, то проводити наступні дії для всіх варіантів дослідження моделювання для двох випадків характеристик - «на збільшення» та «на зменшення». Отримання характеристик «на збільшення» та «на зменшення» відрізняються лише напрямком зміни керуючого впливу, та його початковим значенням. Замість перевіірочних даних слід застосовувати статичну характеристику.

3. Отримати динамічну характеристику.

3.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Подати у якості керуючого впливу завдання частоту вентилятора 100 % дочекатися досягнення усталеного режиму витрат повітря.

3.4. Зупинити швидкість вентилятора, дочекатися досягнення усталеного режиму витрат повітря.

3.5. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання перевірочних даних.

4.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).

4.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу, а амплітуда завдання змінювалася в дискретно в діапазоні 0...100 %.

4.3. Запустити процес реєстрування.

4.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

4.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш за десяти перехідних процесів.

4.6. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

5.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Запустити процес реєстрування.

5.3. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти вентилятора 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму витрат повітря.

5.4. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів вентилятора 40 %, дочекатися усталеного режиму.

5.5. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів вентилятора 60 %, дочекатися усталеного режиму витрат повітря.

5.6. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів вентилятора 80 %, дочекатися усталеного режиму витрат повітря.

5.7. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів вентилятора 100 %, дочекатися усталеного режиму витрат повітря.

5.8. Зупинити процес реєстрації.

Формування керуючих впливів та реєстрування даних буде виконуватися програмованим логічним контролером з подальшою передачею результатів до програмного комплексу zenon.

3.3 Виконання експерименту

Для імітаційної моделі електромеханічної частини вентилятора за каналом керування «частота обертів вентилятору – витрати повітря, вихідними даними для проведення ідентифікації об'єкта керування є експериментальні криві розгону, при цьому вхідною величиною є частота обертів вентилятору, а вихідною – витрати повітря. Витрати повітря - це інформація з датчика масового об'єму витрат, який розташовано у стволі шахти на глибині 125 м (до першого можливого розгалуження повітряного потоку), максимальна швидкість повітря для стволів по яким здійснюються спуск и підйом людей та вантажів 8 м/с.

Початкові дані по входу і виходу об'єкта керування дорівнюють 0.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив (частота обертів вентилятора) може знаходитися дискретно в діапазоні 0...100 % (0...490 об./хв), а значення продуктивність вентилятора 0...680 м³/с.

На третьому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.2) (за відсутністю можливості доступу до реальних даних, та для спрощення моделювання, на початковому етапі, було припущено, що об'єкт управління симетричний).

Для цього встановлено завдання частоти обертів вентилятора 0 %. Після досягнення усталеного режиму усталеного режиму витрат повітря, завдали частоту обертів вентилятора 100 %, дочекалися досягнення усталеного режиму усталеного режиму витрат повітря, а потім завдали частоту обертів вентилятора 0 %, дочекалися досягнення усталеного режиму усталеного режиму витрат повітря. На цьому експеримент закінчився.

Проаналізувавши отриманий результат сміливо можна стверджувати, що об'єкт управління є не симетричним, тобто треба мати модель на «збільшення сигналу» та модель «на зменшення сигналу» управління, тому треба досліджувати його характеристики враховуючі цю особливість.

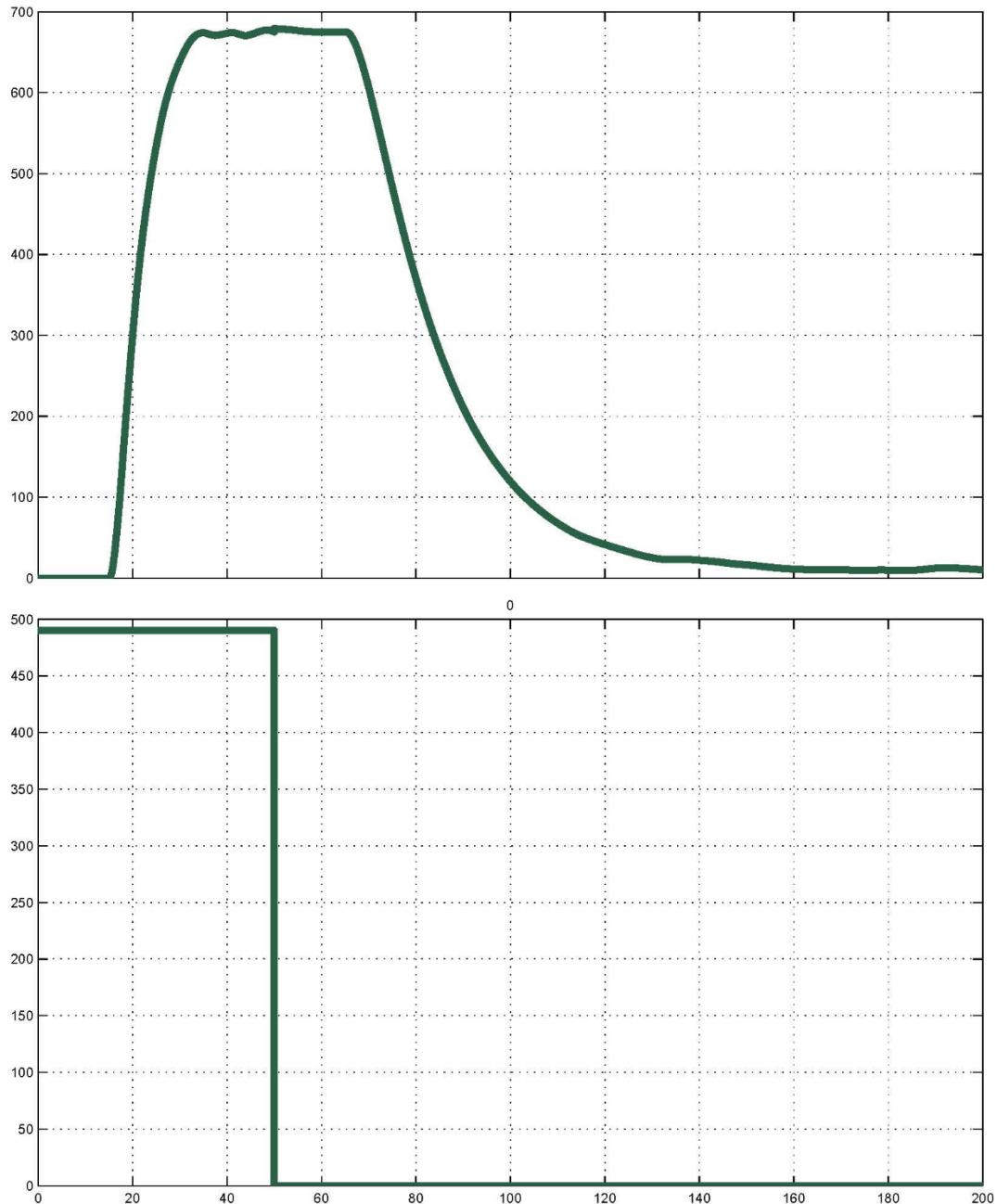


Рисунок 3.2 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На третьому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта управління.

Для цього було встановлено завдання на вході об'єкту керування 0 %. Після досягнення усталеного режиму на виході об'єкта керування було встановлено завдання на вході об'єкту керування 100 %. Після досягнення усталеного режиму на виході об'єкта керування експеримент було закінчено. Отримали динамічну характеристику «на збільшення» вхідного сигналу (рис. 3.3).

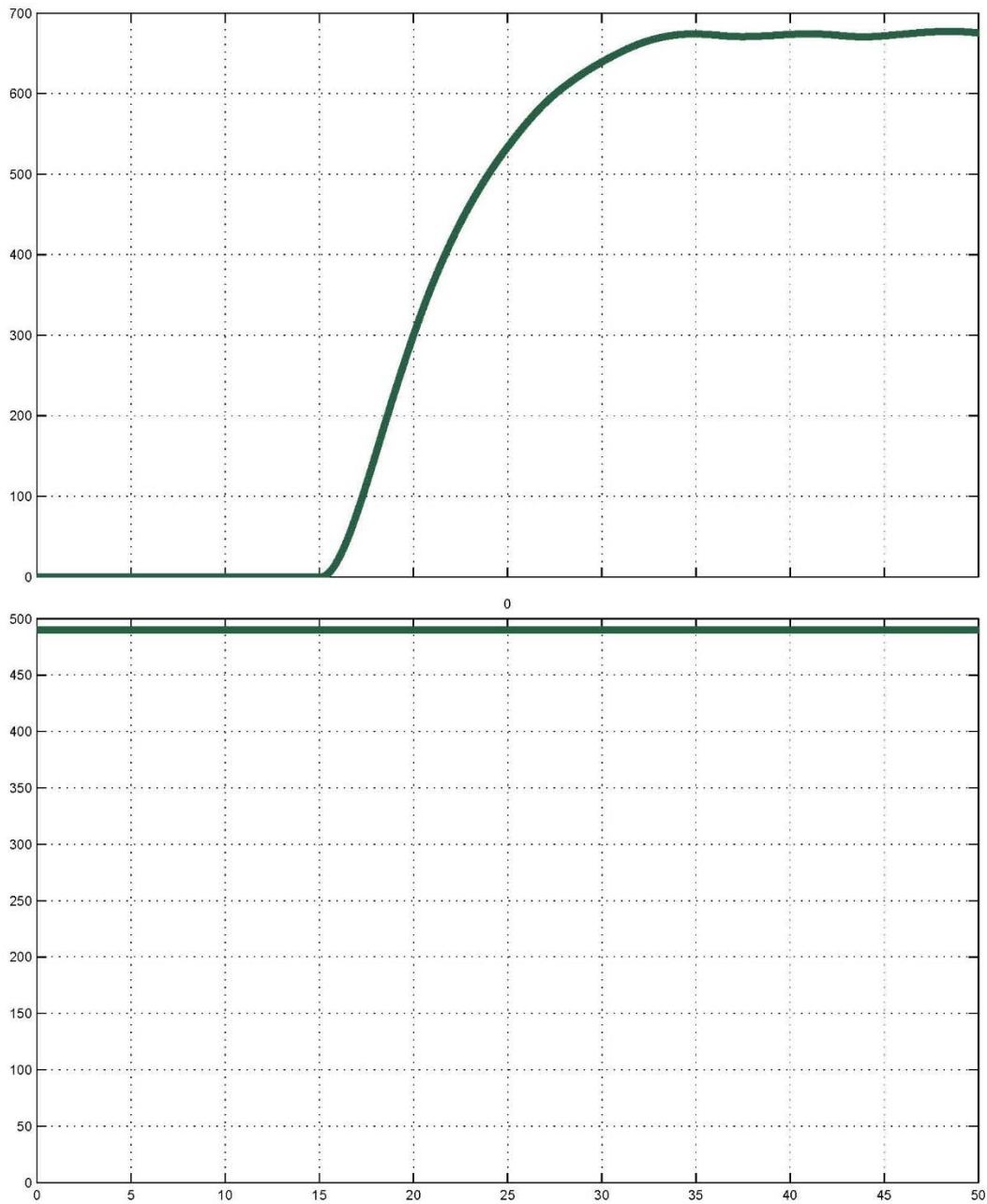


Рисунок 3.3 – Отримання динамічної характеристики «на збільшення»

Також отримали динамічну характеристику «на зменшення» (рис. 3.4)

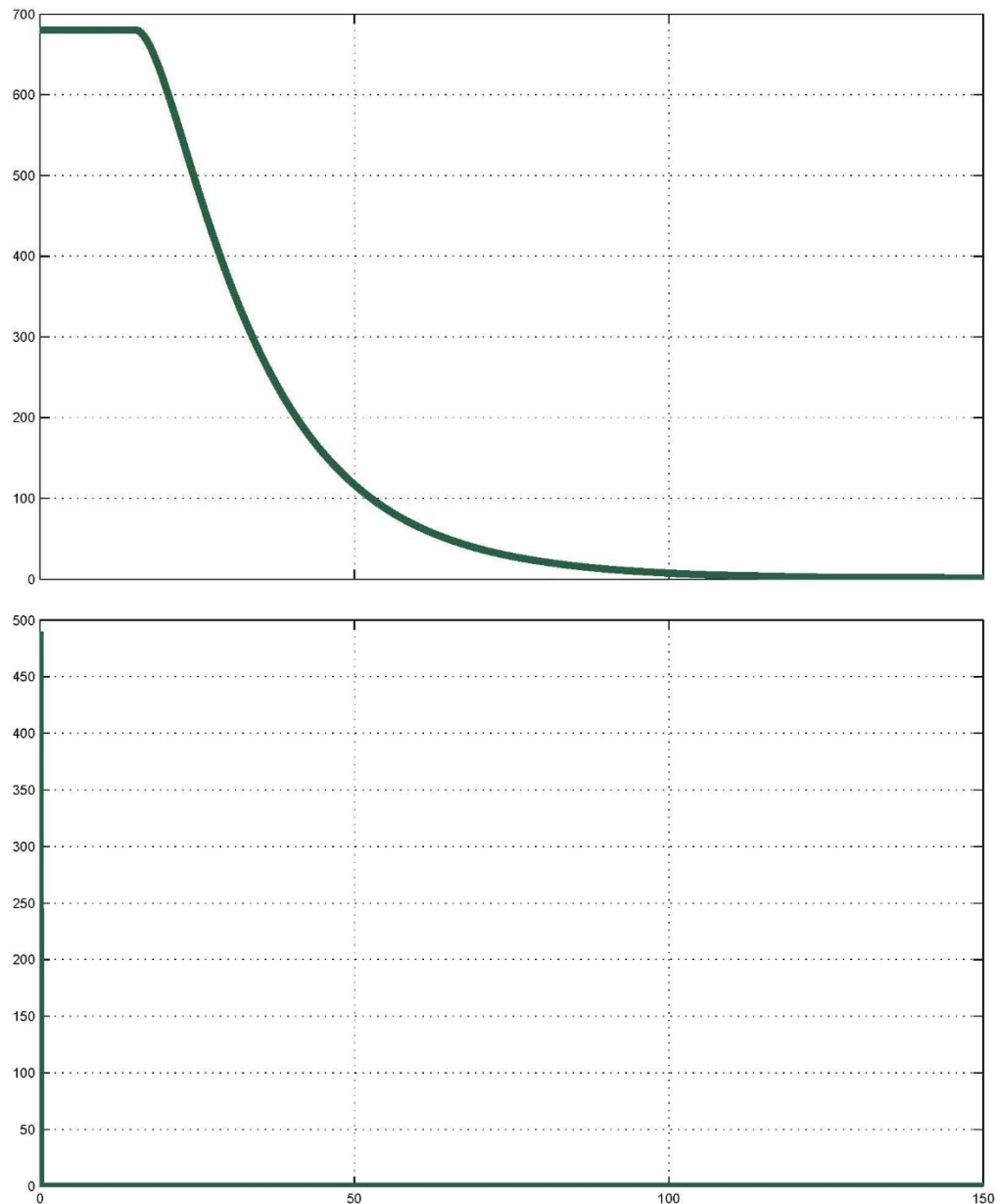


Рисунок 3.4 – Отримання динамічної характеристики «на зменшення»

На четвертому етапі було виконано отримання даних для побудови статичних характеристик. Алгоритм отримання даних «на збільшення» наступний (рис. 3.5):

- привести об'єкт управління до початкових умов;
- запустити процес реєстрування;
- подати 20 % керуючого впливу, дочекатися досягнення усталеного режиму на виході об'єкту;
- подати 40 % керуючого впливу, дочекатися досягнення усталеного режиму на виході об'єкту;

- подати 60 % керуючого впливу, дочекатися досягнення усталеного режиму на виході об'єкту;
- подати 80 % керуючого впливу, дочекатися досягнення усталеного режиму на виході об'єкту;
- подати 100 % керуючого впливу, дочекатися досягнення усталеного режиму на виході об'єкту;
- зупинити процес реєстрації.

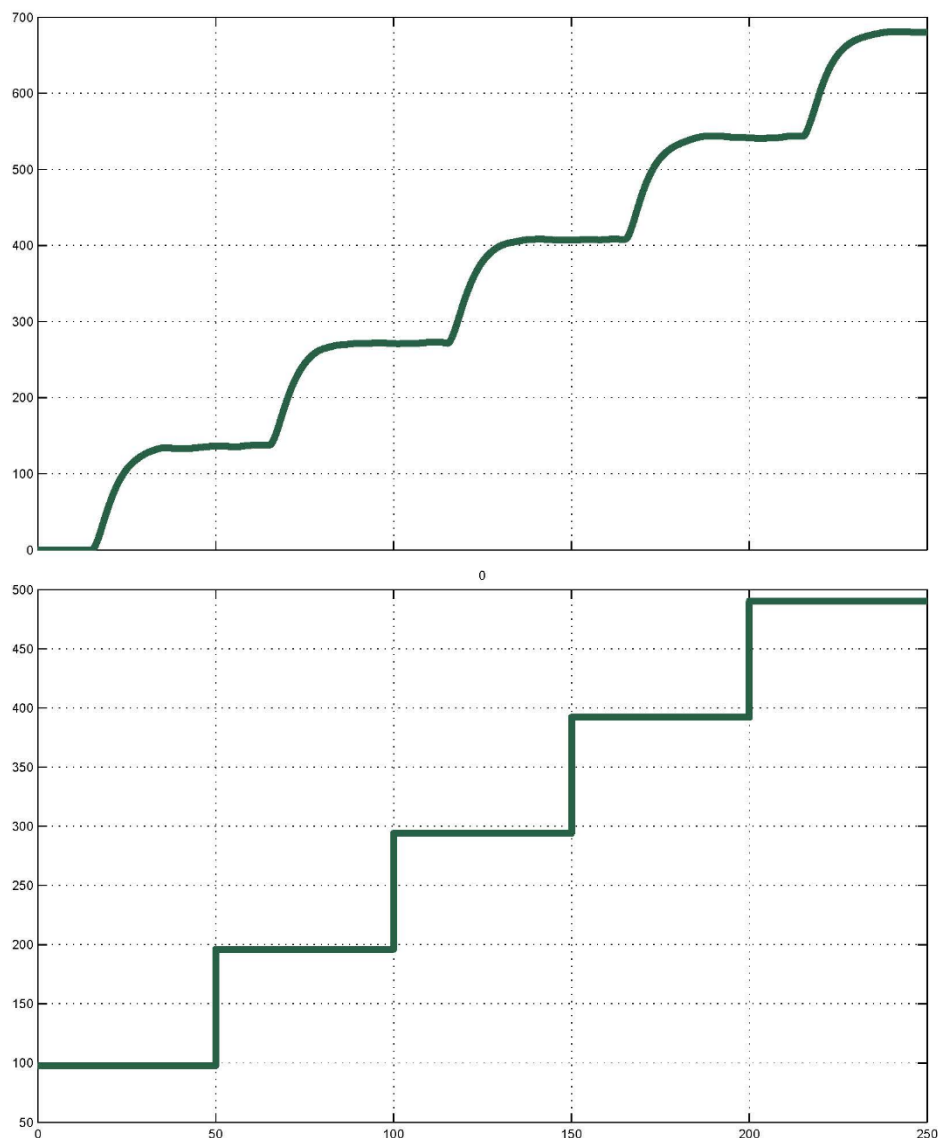


Рисунок 3.5 – Отримання даних для побудови статичної характеристики «на збільшення»

Алгоритм отримання даних «на зменшення» протилежний за послідовністю подачі сигналів управління (рис. 3.6).

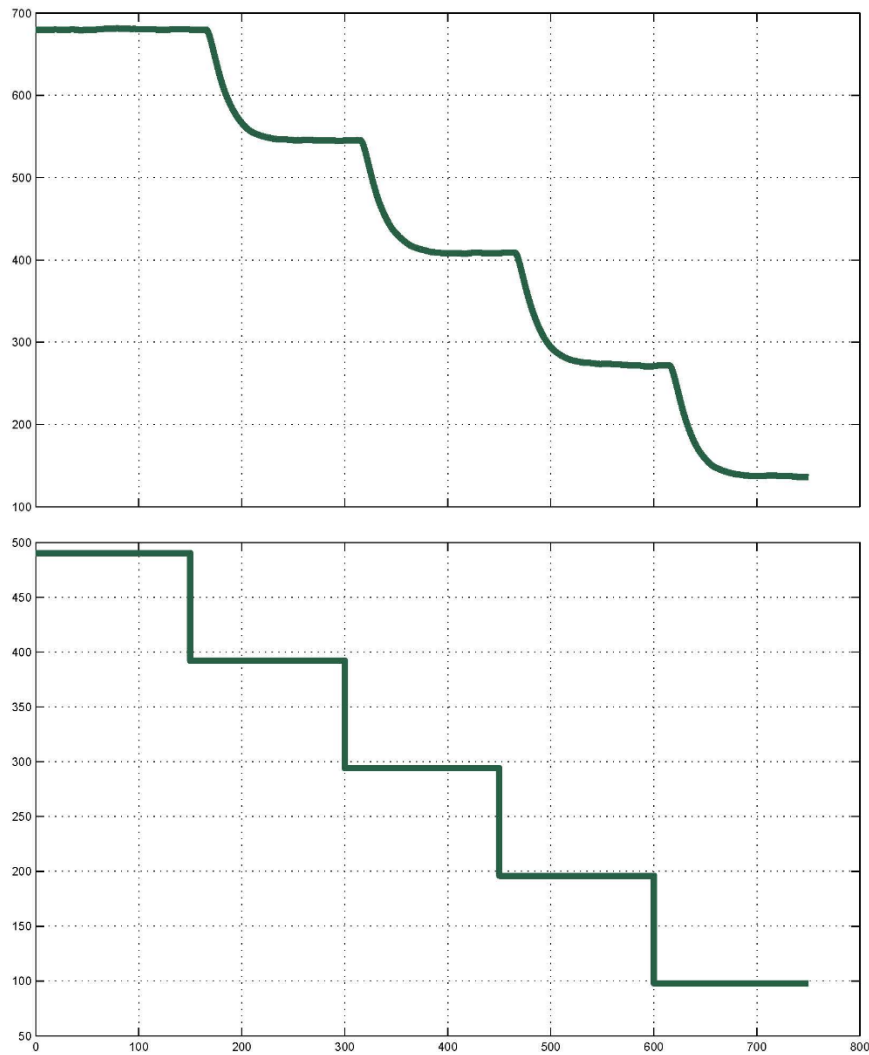


Рисунок 3.6 – Отримання даних для побудови статичної характеристики «на зменшення»

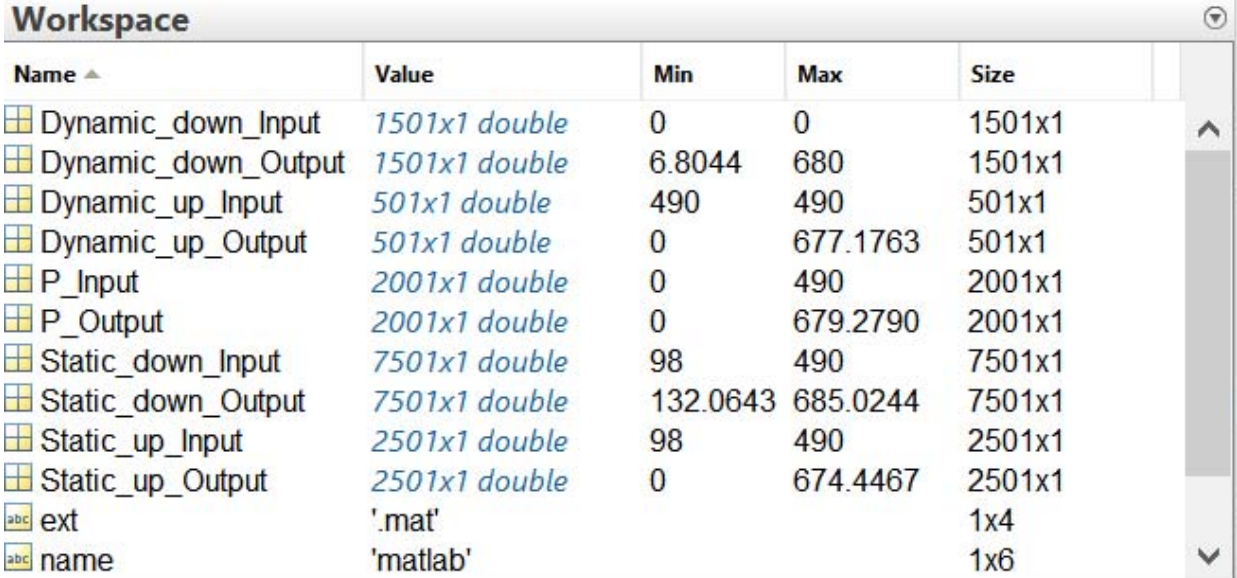
У результаті виконання плану експерименту проведено дослідження об'єкта управління та отримані дані при П-образному керуючому впливі, динамічна характеристика та дані статичної характеристики.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані з програмного пакету SCADA-система zenon у вигляді текстових файлів було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.7). Змінні задані даним динамічної характеристики “Dynamic_up_Input”, “Dynamic_up_Output”, “Dynamic_down_Input”, “Dynamic_down_Output” даним для побудови статичної характеристики

“Static_up_Input”, “Static_up_Output”, “Static_down_Input”, “Static_down_Output”. Суфікс “_Input” позначає керуючі впливи, а суфікс “_Output” дійсні значення, суфікс “_up” – характеристики «на збільшення», “_down” характеристики «на зменшення».



The screenshot shows the MATLAB Workspace window with the following variables and their properties:

Name	Value	Min	Max	Size
Dynamic_down_Input	1501x1 double	0	0	1501x1
Dynamic_down_Output	1501x1 double	6.8044	680	1501x1
Dynamic_up_Input	501x1 double	490	490	501x1
Dynamic_up_Output	501x1 double	0	677.1763	501x1
P_Input	2001x1 double	0	490	2001x1
P_Output	2001x1 double	0	679.2790	2001x1
Static_down_Input	7501x1 double	98	490	7501x1
Static_down_Output	7501x1 double	132.0643	685.0244	7501x1
Static_up_Input	2501x1 double	98	490	2501x1
Static_up_Output	2501x1 double	0	674.4467	2501x1
ext	'mat'			1x4
name	'matlab'			1x6

Рисунок 3.7 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об’єктів типу “iddata”:

```
>> P_Raw=iddata(P_Output, P_Input, 0.1);
>> plot(P_Raw)

>> Dynamic_up_Raw=iddata(Dynamic_up_Output, Dynamic_up_Input, 0.1);
>> plot(Dynamic_up_Raw)

>> Dynamic_down_Raw=iddata(Dynamic_down_Output, Dynamic_down_Input, 0.1);
>> plot(Dynamic_down_Raw)

>> Static_up_Raw=iddata(Static_up_Output, Static_up_Input, 0.1);
>> plot(Static_up_Raw)

>> Static_down_Raw=iddata(Static_down_Output, Static_down_Input, 0.1);
>> plot(Static_down_Raw)
```

З отримані данні не містять статичної складової, тому на цьому підготовка даних завершена.

Проаналізуємо об'єкт управління на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику «на збільшення» (рис. 3.8):

```
>> Static_Input_Vector_up = [98    196    294    392    490];
>> Static_Output_Vector_up = [135    270    405    543    678];
>> plot(Static_Input_Vector_up, Static_Output_Vector_up, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

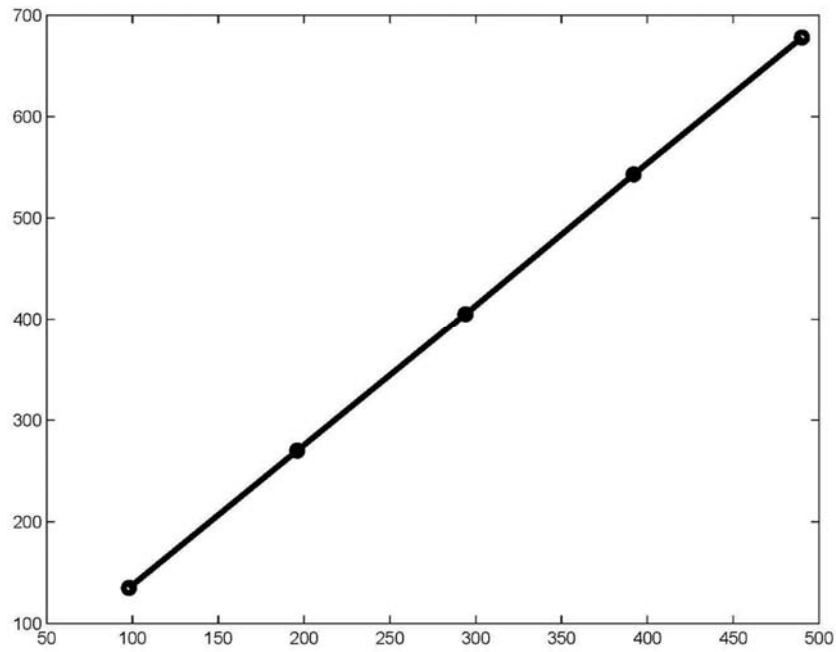


Рисунок 3.8 – Статична характеристика «на збільшення»

Статична характеристика об'єкта управління «на збільшення» лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у діапазоні 0÷100 % продуктивності вентилятора.

Проаналізуємо об'єкт управління на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику «на збільшення» (рис. 3.9):

```
Static_Input_Vector_down = [1425  1140  855  570  285  0];
Static_Output_Vector_down = [2.27  1.824  1.368  0.919  0.447  0];
plot(Static_Input_Vector_down, Static_Output_Vector_down, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

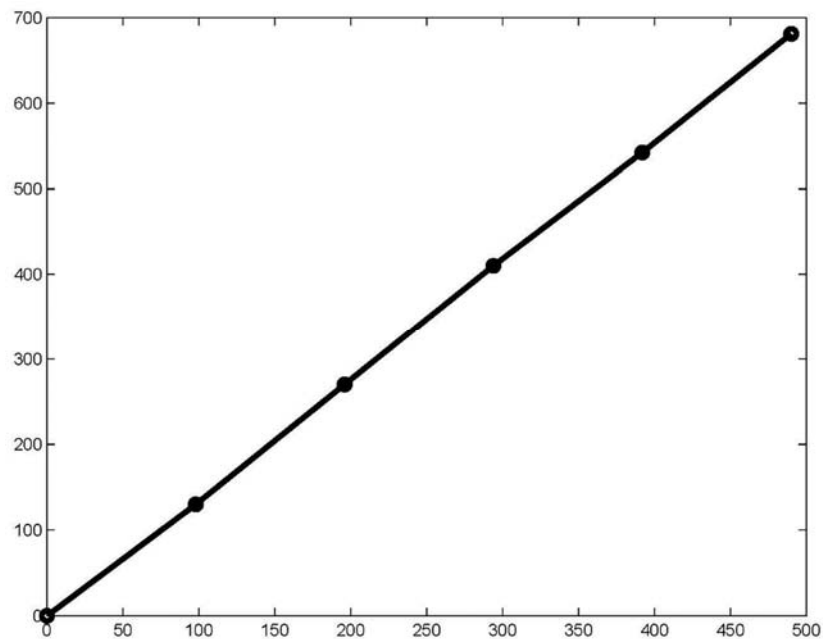


Рисунок 3.9 – Статична характеристика «на зменшення»

Статична характеристика об'єкта управління «на зменшення» лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у діапазоні $100 \div 0$ % продуктивності вентилятора.

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкту управління проаналізуємо динамічну характеристику «на збільшення» об'єкту управління (рис. 3.10).

Після подачі керуючого впливу, вихідна характеристика не зразу починає збільшуватися, тому об'єкт управління має запізнення. Крім того на характеристиці також відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість явних перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку.

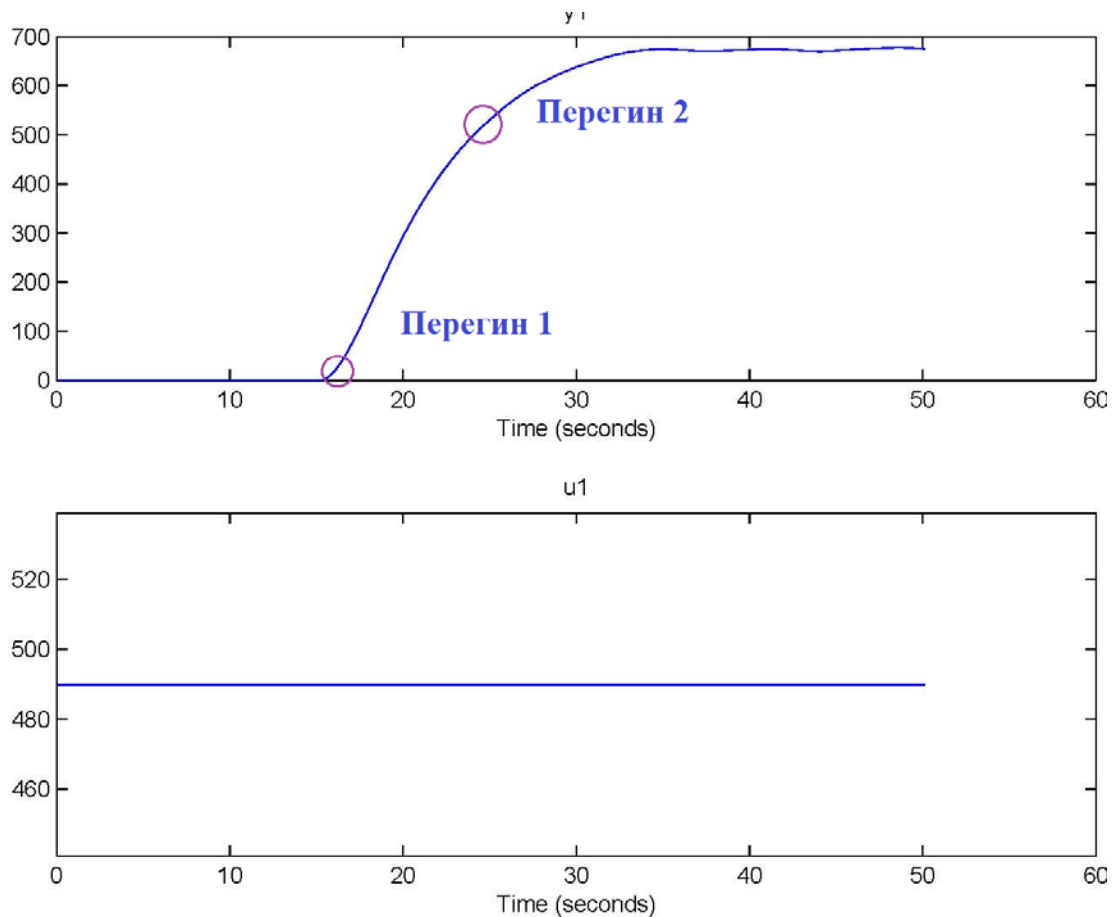


Рисунок 3.10 – Аналіз динамічної характеристики «на збільшення»

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об'єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення.

$$W(s) = k / ((T1s + 1) * (T2s + 1)) e^{-\tau s} \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція;

k – коефіцієнт підсилення;

$T1$ – перша постійна часу (с);

$T2$ – друга постійна часу (с);

τ – час запізнення (с).

З метою оцінки структури моделі об'єкту управління проаналізуємо динамічну характеристику «на збільшення» об'єкту управління (рис. 3.11).

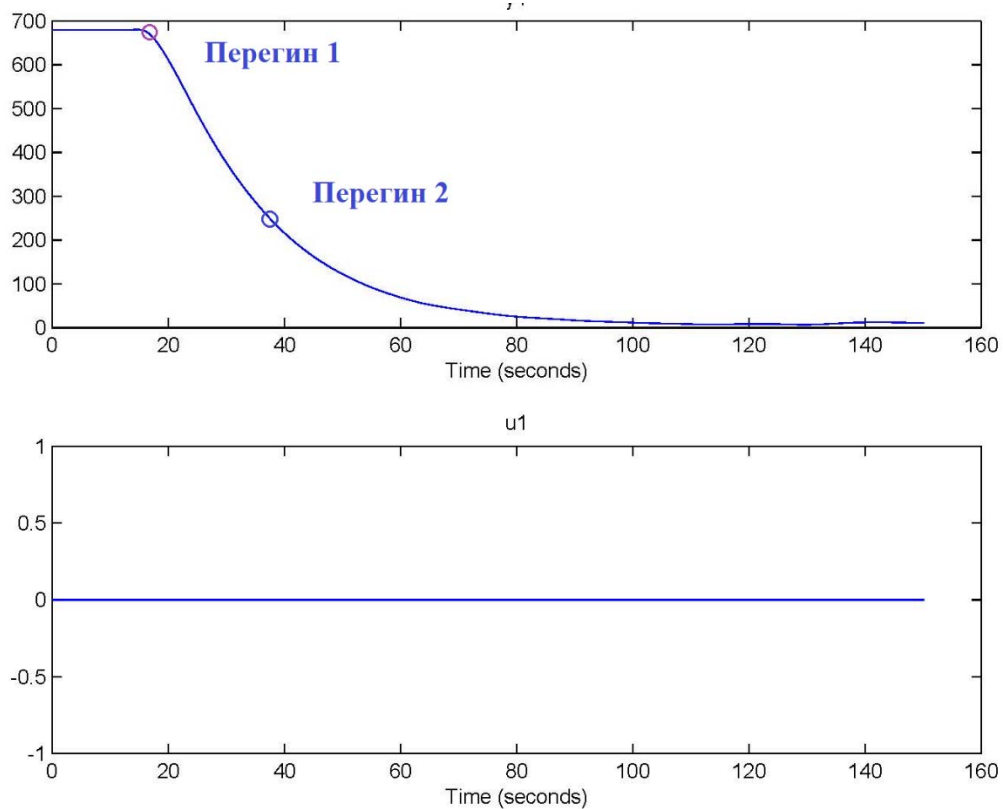


Рисунок 3.11 – Аналіз динамічної характеристики «на зменшення»

Після подачі керуючого впливу, вихідна характеристика не зразу починає зменшуватися, тому об'єкт управління має запізнення. Крім того на характеристиці також відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість явних перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об'єкт управління також може бути представлений в виді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення (3.1).

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Як було встановлено об'єкт управління є лінійним, а його коефіцієнт підсилення може бути розрахований згідно з статичною характеристикою – максимальна продуктивність вентилятора (680 м³/с) при максимальній частоті обертів вентилятора 490 об./с:

$$k = \frac{680}{490} = 1,388$$

Визначення параметрів моделі об'єкту управління «на збільшення» виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, якому у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики, а у якості перевірочних даних для оцінки відповідності моделі об'єкту управління, використано данні статичної характеристики «на збільшення» (рис. 3.12).

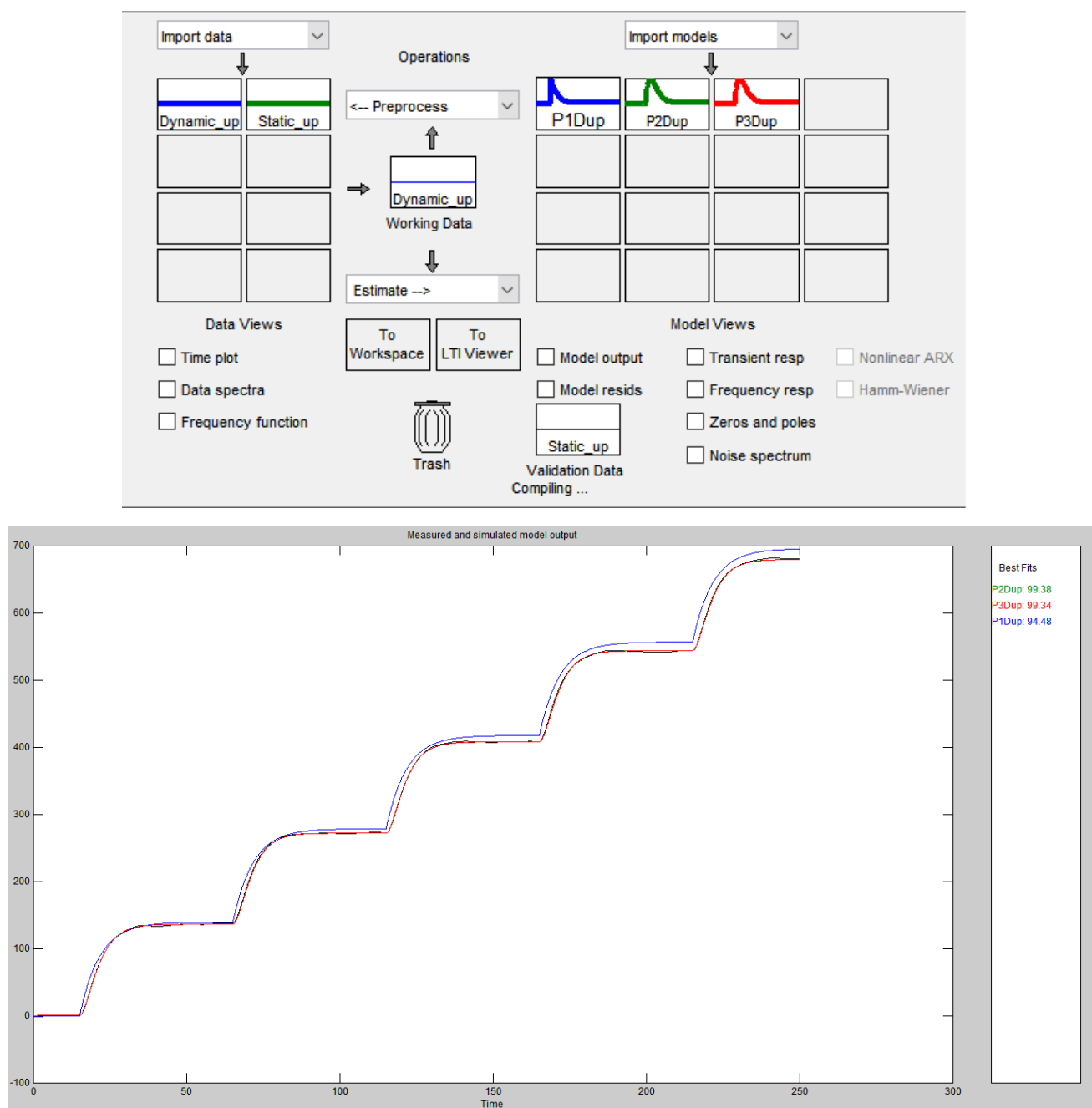


Рисунок 3.12 – Результати оцінювання моделей «на збільшення» у System Identification Toolbox

Згідно з результатами розрахунків для об'єктів другого порядку з затримкою, можна зробити висновок, що модель P2 «на збільшення» найкраще підходить, та цілком задовольняє вимогам технічної точності 10%. Таким чином можливо остаточно затверджувати, що об'єкту управління відповідає аперіодична ланка другого порядку з затримкою, може бути використана в подальшій реалізації, при побудові програмного забезпечення системи управління.

Результати розрахунків параметрів моделі наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів моделі об'єкта управління «на збільшення»

Назва параметру	P1	P2	P3
K	1.4193	1.3861	1.386
T1, с	6.5189	4.271	4.2412
T2, с	-	2.5334	2.5781
T3, с	-	-	0.013097
τ , с	15.13	15.1	15.1
Dynamic – Динамічна характеристика			
NRMSE, %	90.07	99.67	99.46
FPE	324.5	0.6889	2.072
MSE	885.7	0.9507	2.631
Static – Статична характеристика			
NRMSE, %	94.48	99.38	99.34

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкта управління «на збільшення» у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{1.3861}{(4.271s+1)(2.5334s+1)} e^{-15.1s}$$

Визначення параметрів моделі «на зменшення» об'єкта управління виконано також за допомогою методу “Process Models”.

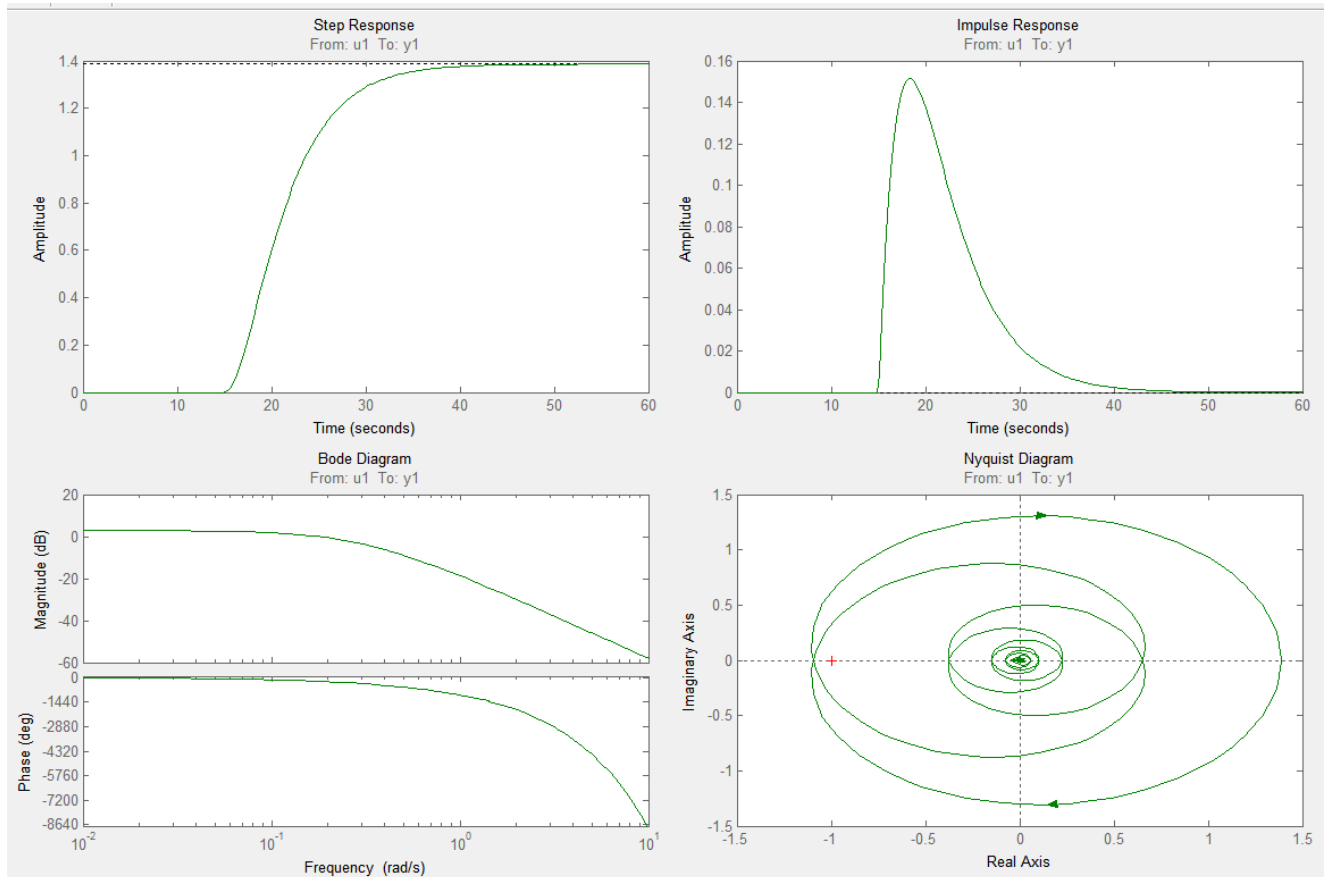


Рисунок 3.13 – Характеристики моделі управління «на збільшення»

Визначення параметрів моделі об'єкту управління «на зменшення» виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, якому у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики, а у якості перевірочних даних для оцінки відповідності моделі об'єкту управління, використано данні статичної характеристики «на збільшення» (рис. 3.14).

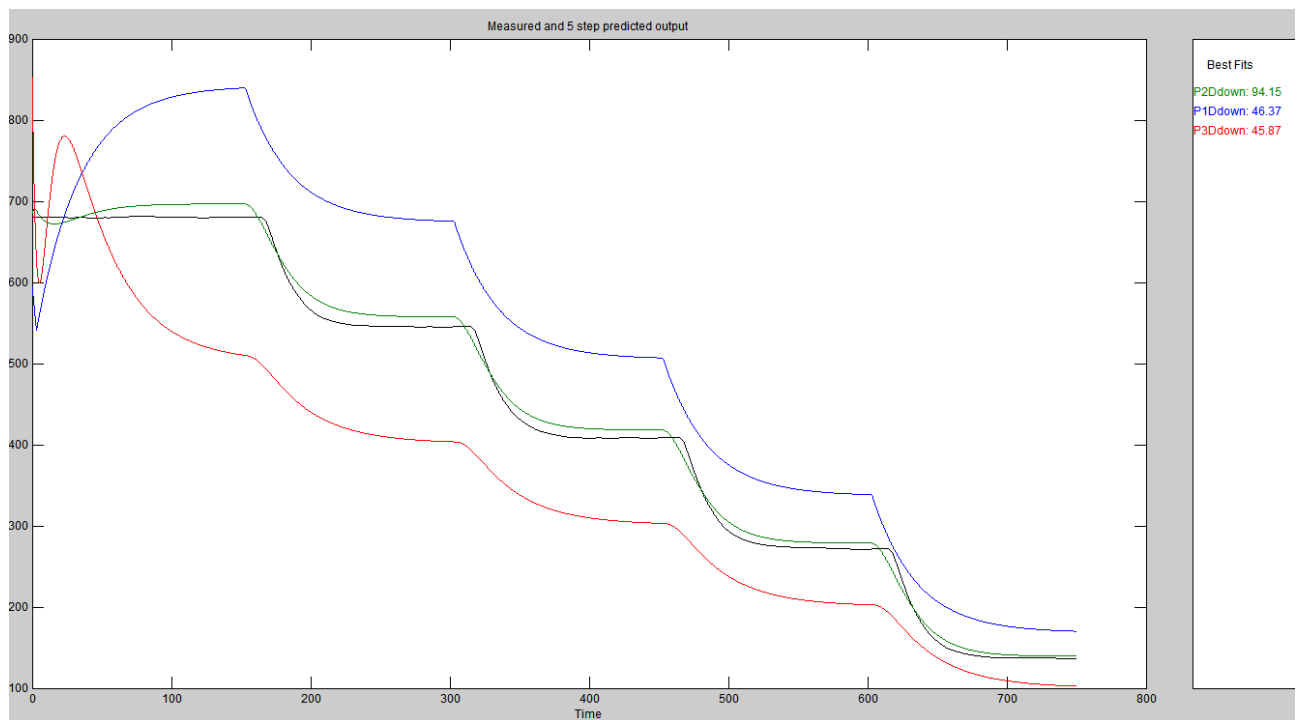
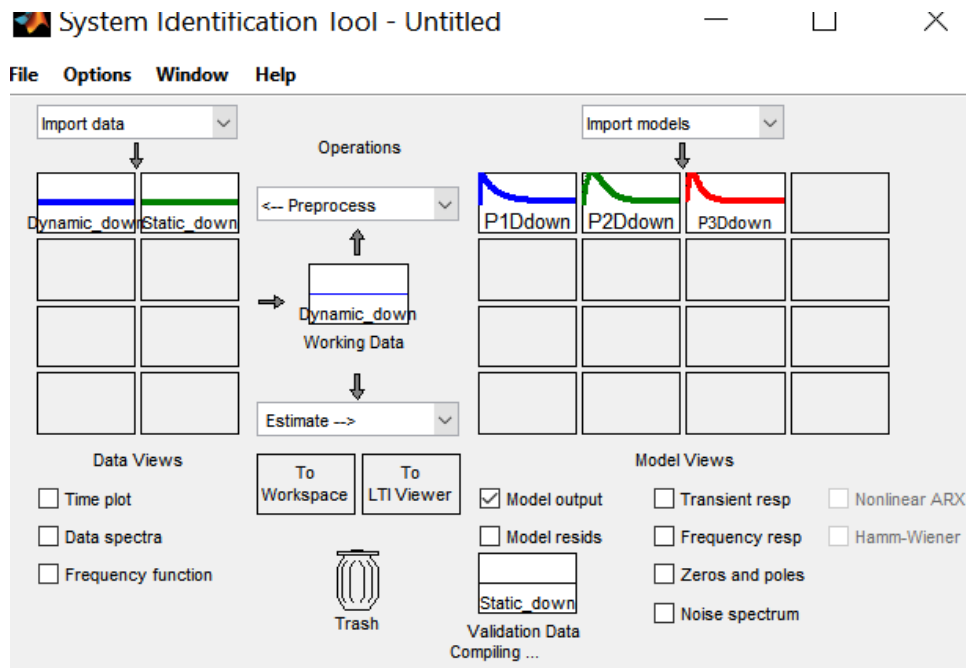


Рисунок 3.12 – Результати оцінювання моделей «на зменшення» у System Identification Toolbox

Згідно з результатами розрахунків для об'єктів другого порядку з затримкою, можна зробити висновок, що модель P2 найкраще підходить, та цілком задовольняє вимогам технічної точності 10%. Таким чином можливо остаточно затверджувати, що об'єкту управління відповідає аперіодична ланка другого порядку без затримки, може бути використана в подальшій реалізації, при побудові програмного забезпечення системи управління.

Результати розрахунків параметрів моделі наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків параметрів моделі об'єкта управління «на зменшення»

Назва параметру	P1	P2	P3
K	1.7191	1.4219	1.0245
T1, с	31.748	15.952	34.389
T2, с	-	14.8	5.8404
T3, с	-	-	5.6774
τ , с	3	3	3
Dynamic – Динамічна характеристика			
NRMSE, %	80.85	90.38	
FPE	2860	1003	
MSE	2838	873.7	
Static – Статична характеристика			
NRMSE, %	89.69	99.33	98.57

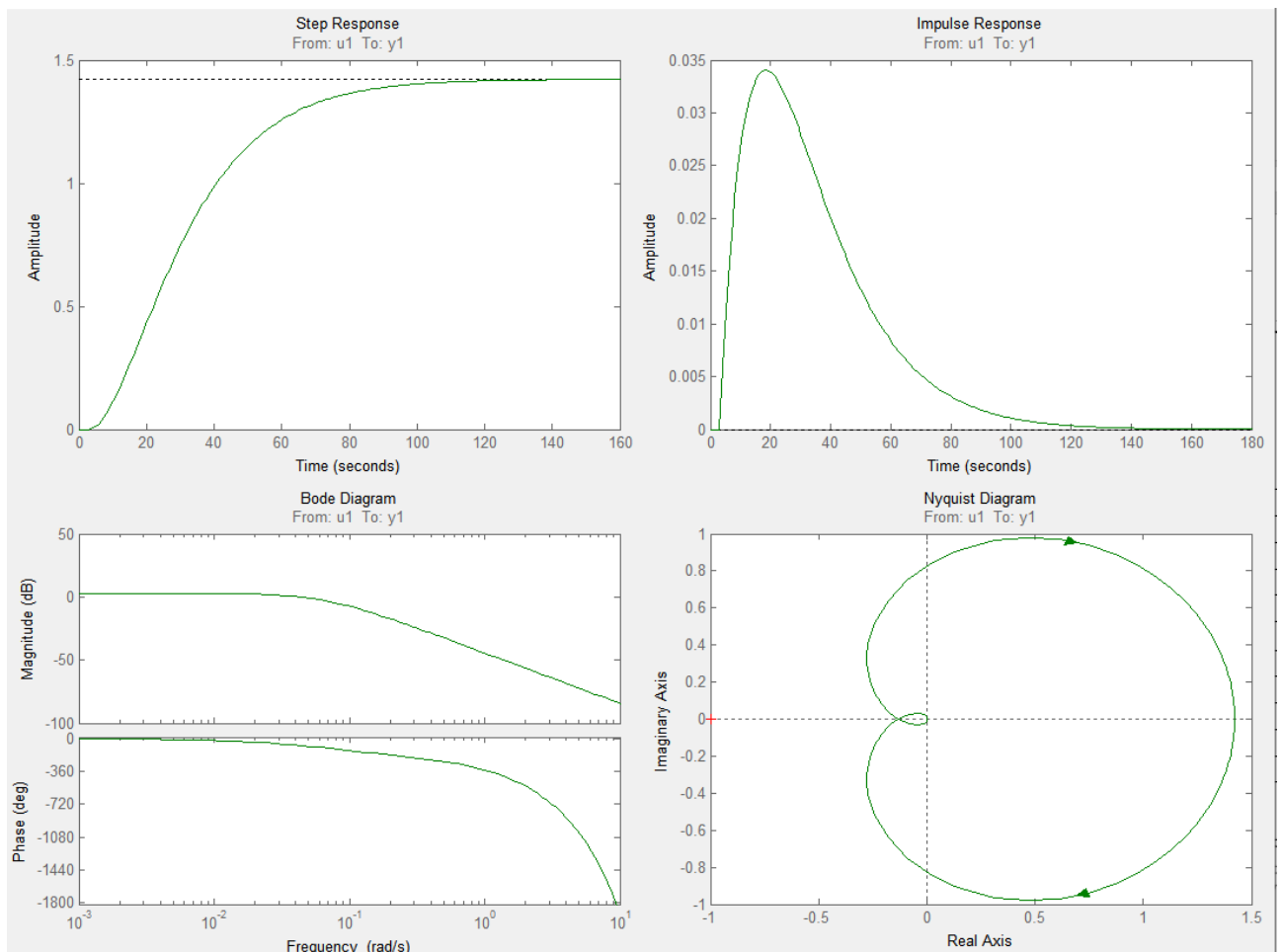


Рисунок 3.13 – Характеристики моделі управління «на збільшення»

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкту управління «на збільшення» у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{1.4219}{(15.952 s+1)*(14.8 s+1)} e^{-3.0s}$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкта управління «на збільшення» в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.12) у вигляді передавальної функції.

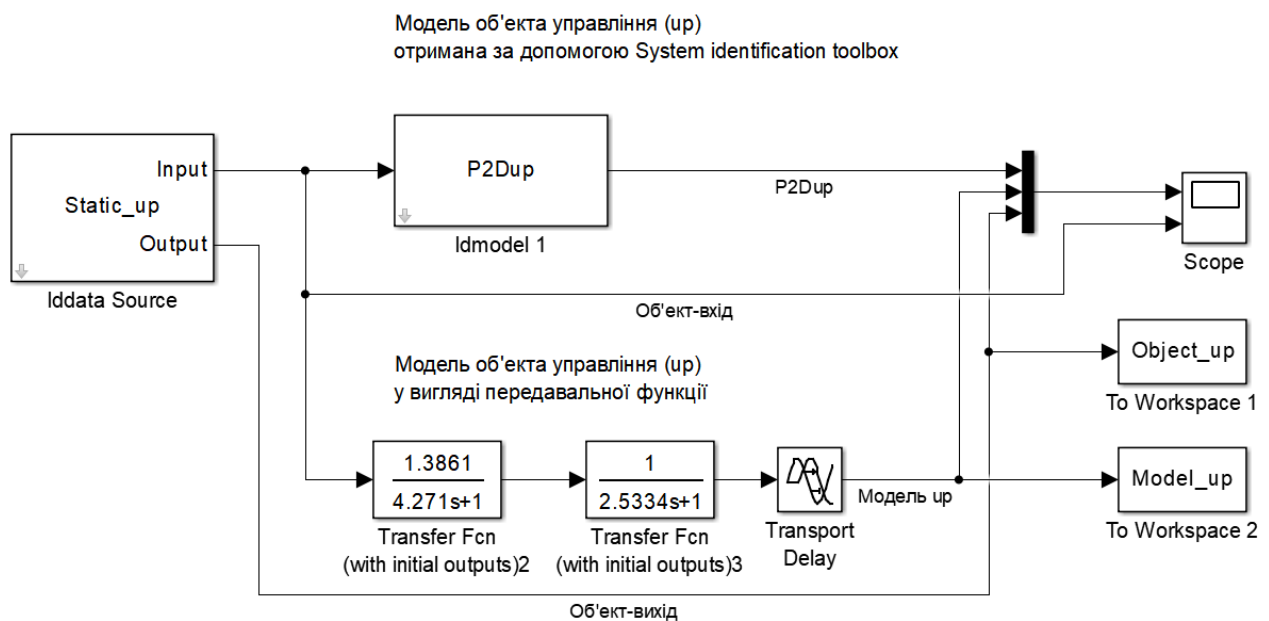


Рисунок 3.12 – Модель об'єкта управління «на збільшення» в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкта управління «на збільшення» з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.13. Згідно отримана модель об'єкта у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкта отриманої у програмному забезпеченні “System identification toolbox”. Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отримана модель у вигляді передавальної функції може бути використовуватися у подальших дослідженнях.

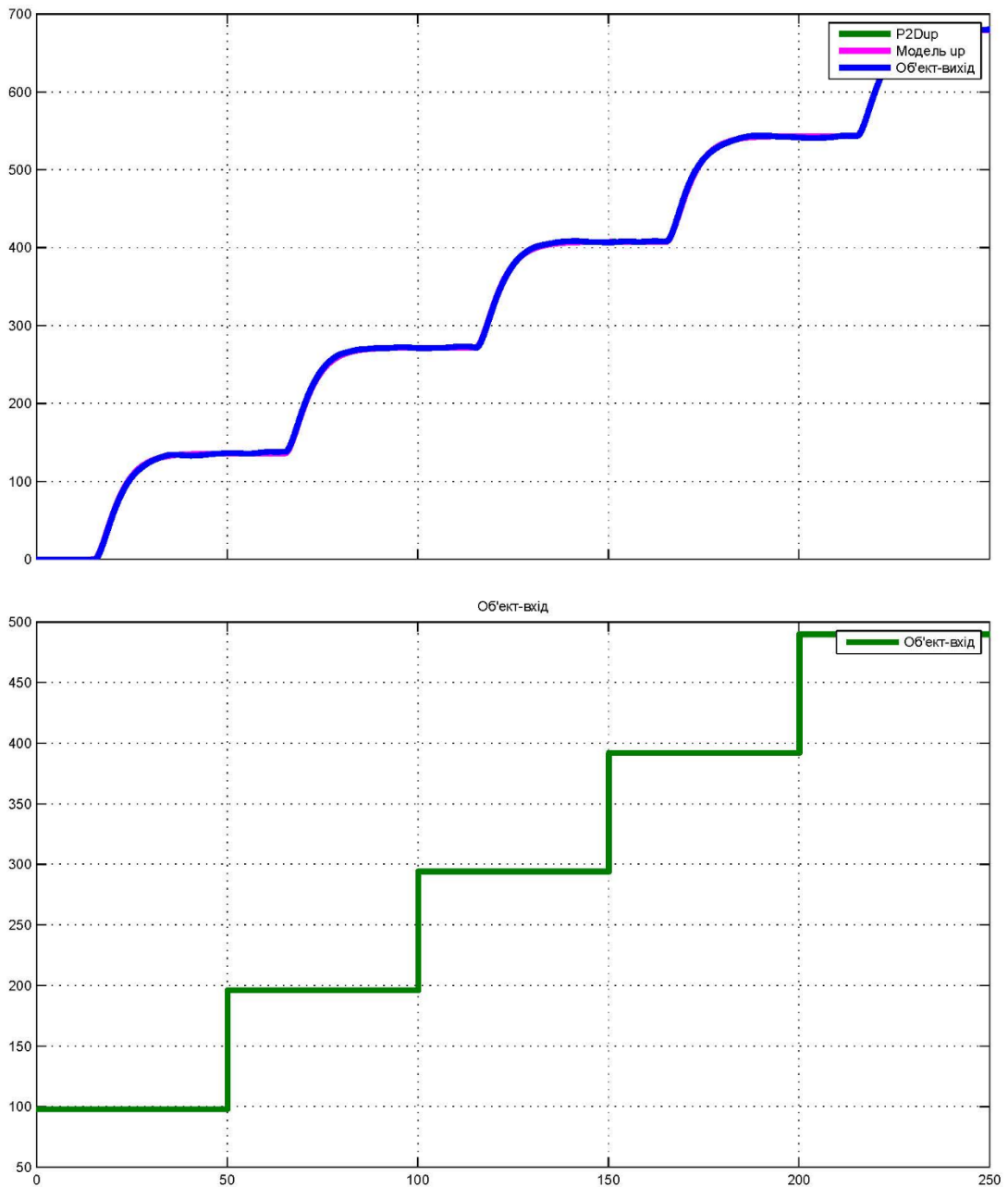


Рисунок 3.13 – Результати моделювання «на збільшення»

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкту управління «на зменшення» в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.14) у вигляді передавальної функції.

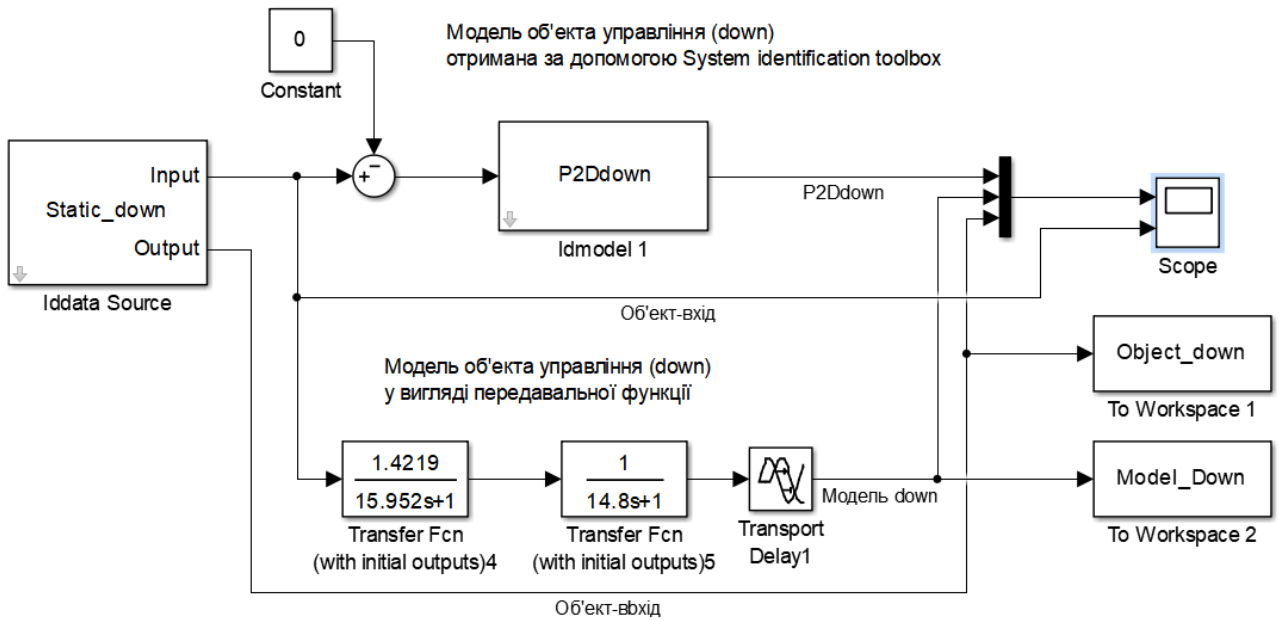


Рисунок 3.14 – Модель об'єкту управління «на зменшення» в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкту управління «на зменшення» з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.15.

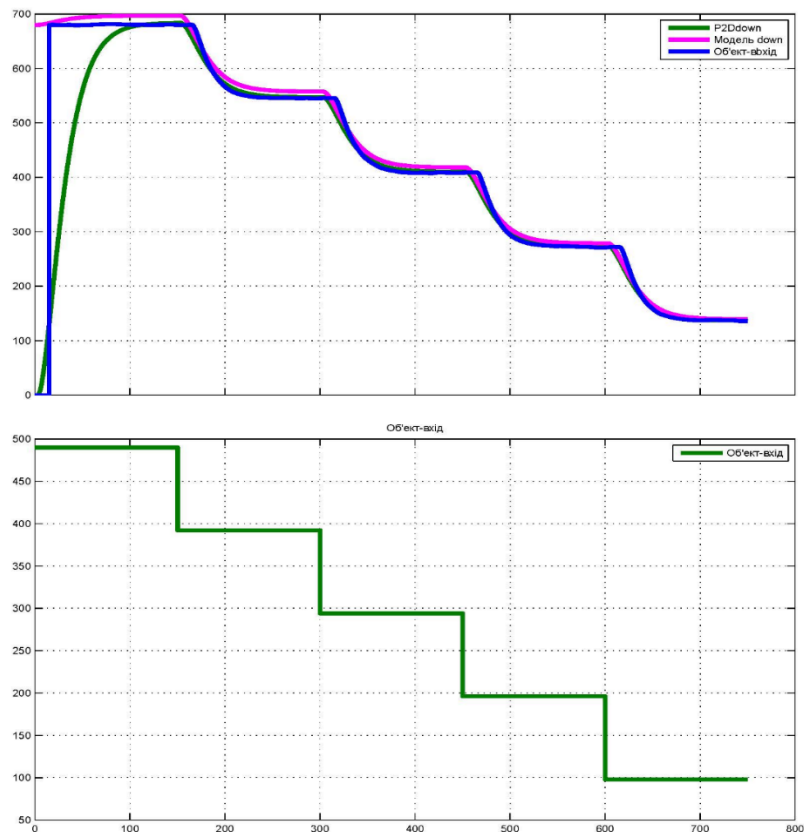


Рисунок 3.13 – Результати моделювання «на зменшення»

Згідно отримана модель об'єкту у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкту отриманої у програмному забезпеченню “System identification toolbox”. Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отримана модель у вигляді передавальної функції може бути використовуватися у подальших дослідженнях.

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

На підставі результатів моделювання та статичних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта управління «на збільшення» за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model_up, Object_up, 'NRMSE') * 100.0
>> nrmse = 99.3681
```

Згідно з перевіркою модель «на збільшення» відповідна до об'єкту управління на 99.3 %, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкту управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкту управління «на збільшення» наведена на рис. 3.14, а результати моделювання на рис. 3.15.

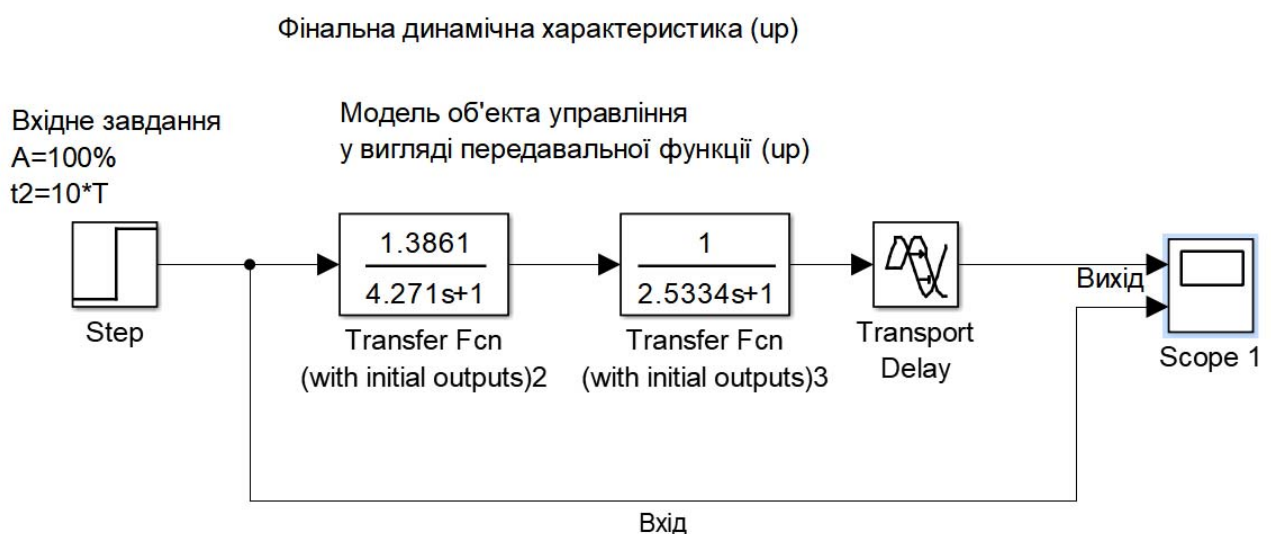


Рисунок 3.14 – Остаточна модель об'єкта управління «на збільшення»

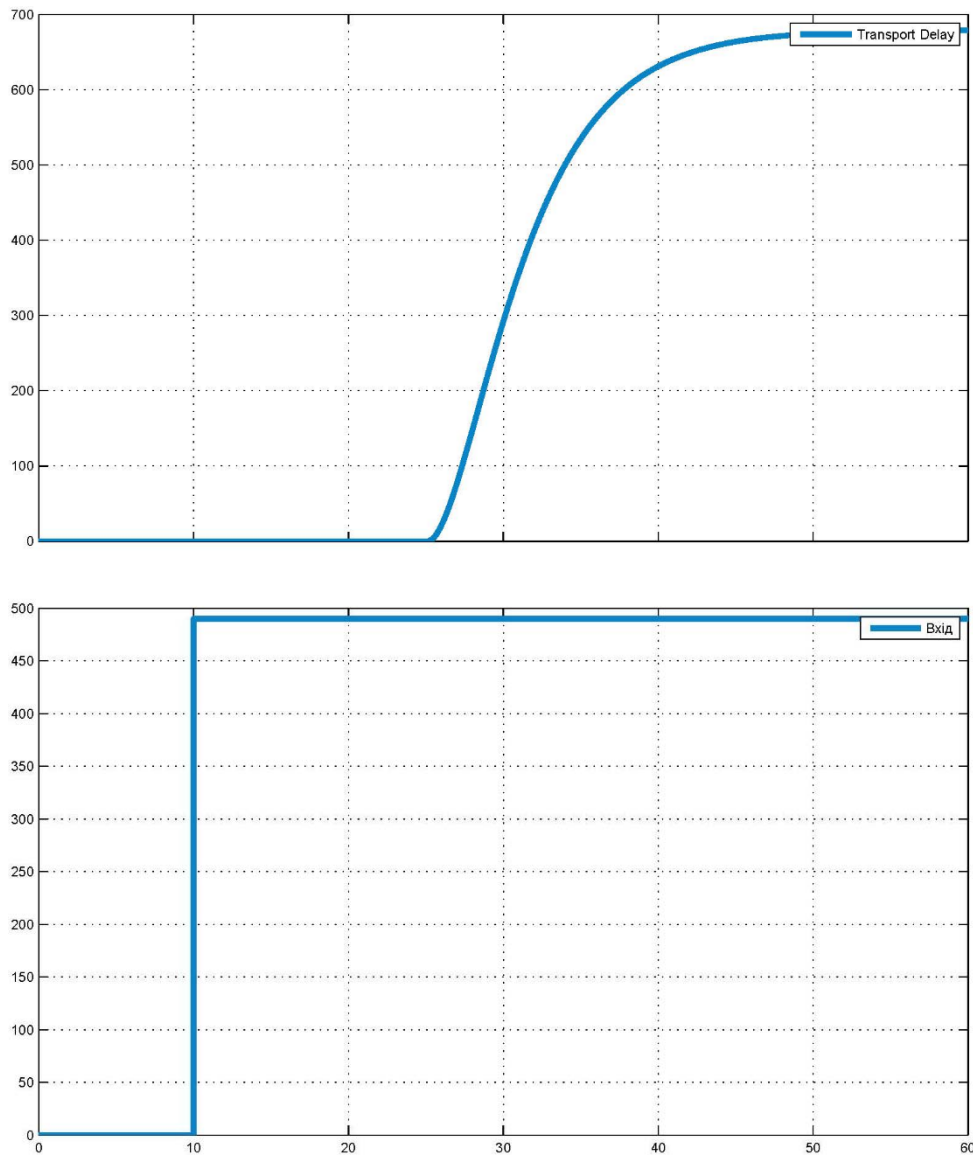


Рисунок 3.15 – Результати моделювання динамічної «на збільшення»

На підставі результатів моделювання та статичних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта управління «на зменшення» за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model_Down, Object_down, 'NRMSE') * 100.0
nrmse = 90.3209
```

Згідно з перевіркою модель «на зменшення» відповідає до об'єкту управління на 90.3%, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкту управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкту управління «на зменшення» наведена на рис. 3.16, а результати моделювання на рис. 3.17.

Фінальна динамічна характеристика (down)

Вхідне завдання

A = 100; 0%

t = 10*T2

t=t2

Модель об'єкта управління

у вигляді передавальної функції (down)

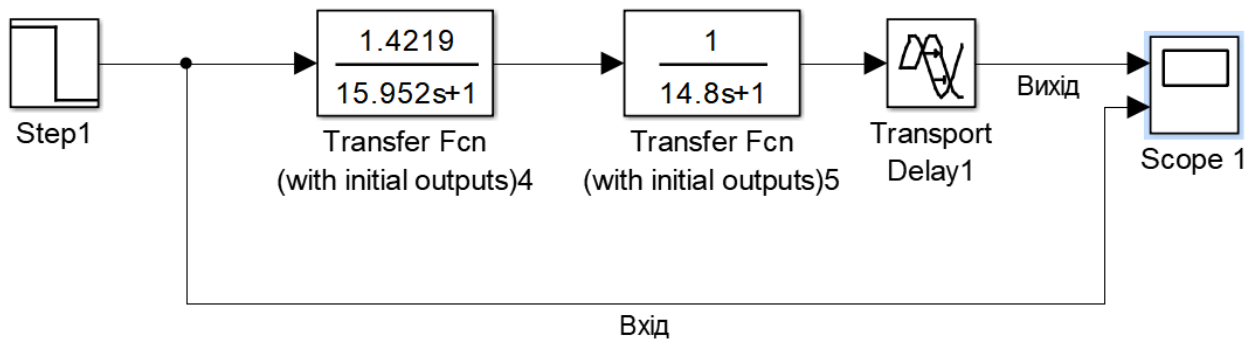


Рисунок 3.16 – Остаточна модель об'єкта управління «на зменшення»

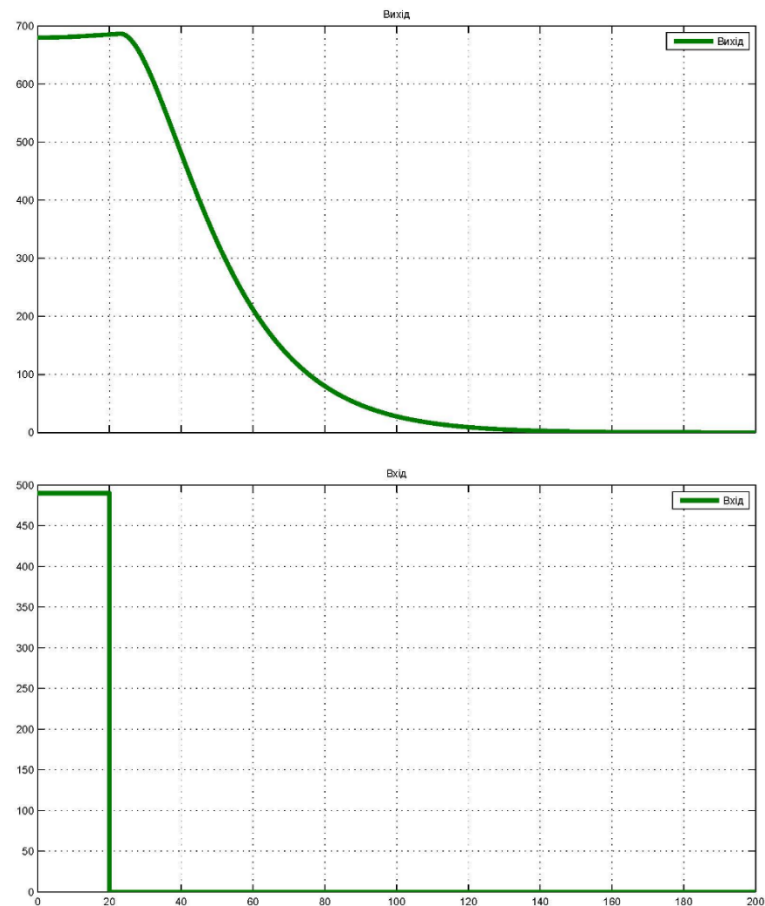


Рисунок 3.17 – Результати моделювання динамічної «на зменшення»

3.5 Висновки за розділом

В процесі виконання кваліфікаційної роботи виконано дослідження об'єкта управління.

В результаті структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді двох аперіодичних ланок другого порядку. Одна з яких відповідає за модель на «збільшення сигналу» управління, а друга «на збільшення».

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта «за збільшення» вхідного сигналу відповідає перевірочним даними на 99.4 %, а модель об'єкта «за зменшення» відповідає перевірочним даними на 90.3 %. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об'єкта управління і системи управління.

4 ЕКОНОМІКА

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки та впровадження системи управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти.

У кваліфікаційній роботі бакалавра запропоновано використовувати ПЛК VIPA та scada zenon.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

4.1.1 Вартість комплектуючих системи

Капітальні витрати, необхідні для реалізації проекрованої системи, наведено в табл 4.1.

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}, \text{ грн.}, \quad (4.1)$$

де $K_{об}$ – вартість устаткування по зведенню витрат;

$K_{тр}$ – транспортно - заготівельні й складські витрати;

$K_{мн}$ – витрати на монтаж і налагодження встаткування;

Таблиці 4.1 – Вартість комплектуючих системи

Найменування	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн
ПЛК	1	1680	16800
SCADA	1	16460	16460
ПК	1	10500	10500
Разом			43760

Витрати на обладнання склали 43 60 грн. Демонтаж старого устаткування, транспортування і монтаж нового обладнання визначається в залежності від вартості обладнання матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

$$D_{тр} = C_{об} \times 0,08, \text{ грн.} \quad (4.2)$$

де $C_{об}$ – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

$$D_{тр} = 43760 \times 0,08 = 3500,80 \text{ грн.}$$

Вартість монтажна-налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 6 % від вартості обладнання.

$$M_{\text{мн}} = C_{\text{об}} \times 0,06, \text{ грн.} \quad (4.3)$$

Витрати на монтажна-налагоджувальні роботи складуть

$$M_{\text{мн}} = 43760 \times 0,06 = 2625,60 \text{ грн.}$$

Розраховавши всі показники, використовуємо формулу 4.1 і розраховуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пр}} = 43760 + 3500,80 + 2625,60 = 49886,40 \text{ грн.}$$

4.2 Експлуатаційні витрати

4.2.1 Амортизація обладнання

$$A = P_{\text{ст}} * N_{\text{а}} / 100\%, \quad (4.4)$$

де $P_{\text{ст}}$ – початкова коштовність обладнання,

$N_{\text{а}}$ – норма амортизації

$$A = 43760 * 20 / 100 = 8752 \text{ грн}$$

4.2.2 Вартість електроенергії

Вартість електроенергії розраховується виходячи з того, що вартість 1 кВт год = 1,68 грн:

$$V_{\text{ел}} = Z_{\text{р}} * V_{1\text{кВт}}, \quad (4.5)$$

де $Z_{\text{р}}$ – річні витрати електроенергії,

$V_{1\text{кВт}}$ – вартість 1кВт електроенергії

$$V_{\text{ел}} = 57000 * 1,68 = 95760 \text{ грн}$$

4.2.3 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{ном.рік}} = (T_{\text{к}} - T_{\text{вих.св}} - T_{\text{відп}}) * T_{\text{зм}}, \text{ ГОДИН} \quad (4.6)$$

де $T_{\text{к}}$ – календарний фонд робочого часу, 365 днів;

$T_{\text{вих.св}}$ – вихідні дні та свята, 114 дні;

$T_{\text{відп}}$ – відпустка, 21 день;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, 8 год.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{\text{ном.рік}} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1840 \text{ годин}$$

Для надійної роботи системи в роботу буде задіяно два оператора та одного системного адміністратора.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол		Годинна тарифна ставка, грн. / ч.	Номинальний річний фонд робочого часу	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (10%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
		яв.	сп.						
1	Оператор	2		30	1840	110 400	9 360	9212,8	128 972,8
2	Системний адміністратор	1		44	1840	80 960	7 864	6121,6	94 945,6
Разом									223 918,4

4.2.4 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$C_c = 0,22 * C_z, \text{ грн.} \quad (4.7)$$

$$C_c = 0,22 * 223 918,4 = 49 262,4 \text{ грн.}$$

4.2.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування й ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт електротехнічного встаткування й мереж включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтником.

Витрати, пов'язані з ремонтом та технічним обслуговуванням нового обладнання, становлять 3% від вартості, тобто:

$$C_{p.t.o.} = K * 0,03, \text{ грн.} \quad (4.8)$$

$$C_{p.t.o.} = 49 886,40 * 0,03 = 1 496,6 \text{ грн.}$$

4.2.6 Визначення інших витрат

Інші витрати з експлуатації комп'ютерної системи містять витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = C_z \cdot 0,04, \text{ грн.} \quad (4.9)$$

$$C_{\text{інш.}} = 223\,918,4 \cdot 0,04 = 8\,956,7 \text{ грн.}$$

4.3 Висновки по розділу

Аналізуючи економічні показники, бачимо, що капітальні витрати становлять 49 886,40 грн.

З розрахунків, видно, що впровадження нового обладнання комп'ютерної системи та його експлуатація, є коштовними в матеріальному плані, але необхідними.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі машиніста очисного комбайна

У кваліфікаційній роботі бакалавра розробляється комп'ютерна система управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти.

Список небезпечних та шкідливих факторів при роботі машиніста очисного комбайна приведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Небезпечні та шкідливі фактори

Фактори	Причина
Підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці	Рухомі машини і механізми
Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони	Викиди метану, робота очисного комбайна
Електромагнітне випромінювання	Персональний комп'ютер
Підвищена або знижена вологість повітря	Особливість робочого місця
Відсутність або нестача природного світла	Розташування робочого місця

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.

5.2.1 Електробезпека

За безпекою ураження людини електричним током приміщення, для якого виконується проектування системи, відноситься до класу приміщень з особливою безпекою ураження електричним струмом (згідно ПУЕ). Це витікає з умов, що створюють підвищену безпеку, а саме вологість повітря від 70-80% в окоlostвольному подвір'ї до 90-100% вологості безпосередньо в забої та можливістю одночасного дотику людини з наявними з'єднаннями металоконструкцій з одного боку і з металевими корпусами електроустаткування з іншого боку.

Для живлення силових переносних і пересувних установок допускається напруга до 35 кВ з ізолюваною нейтраллю трансформатора. Приєднання переносних і пересувних машин та трансформаторних підстанцій до ліній живлення здійснюється тільки за допомогою спеціальних пересувних пунктів підключення.

Гнучкий шланговий кабель, що живить пересувні машини, прокладається так, щоб виключалася можливість його пошкодження, промерзання, завалу породою, наїзду на нього транспортних засобів і механізмів. В разі обводнення площі кабель прокладається на опорах («козлах»).

Кабелі, що знаходяться в зоні вибухових робіт, повинні бути захищені від пошкодження під час вибуху або прибрані на час вибуху в безпечне місце.

Бажаною є присутність кабельного барабану. Гнучкі кабелі напругою до 10 кВ допускається переносити вручну за умови, що обслуговуючий персонал буде користуватися діелектричними рукавичками (рукавицями) або спеціальними пристосуваннями з ізольованими рукоятками.

Для заземлення пересувних машин, які отримують живлення від шлангового кабелю, заземлювальна жила з'єднується одним кінцем з рамою або корпусом пересувної машини, а іншим - із заземленням пункту живлення. Якщо гнучкий кабель намотується на барабан з контактними кільцями, встановлений на пересувній машині, то заземлювальна жила приєднується до спеціального (четвертого) контактному кільцю.

На електростанціях і підстанціях фідери напругою понад 1000 В, що живлять пересувні установки, обладнуються апаратурою, що забезпечує автоматичне вимкнення лінії при замиканні на корпус однієї фази.

5.2.2 Захист від запиленості та загазованості повітря

Враховуючи вибухонебезпечність метану, діючі шахти, в яких хоча б один раз і хоча б на одному шарі було виявлено присутність рудничного газу (метану), відносять до небезпечних по газу – до газових. Якщо шахта визнана небезпечною по газу, її негайно переводять на газовий режим. Газовий режим встановлюється для шахти в цілому.

При експлуатації електрообладнання в таких шахтах проводять такі заходи:

- електроустановки виносяться за межі зон підвищеної газоносності (приводи стругів і конвеєрів розташовуються на штреках);

- ВМП і розподільні пункти розташовуються поза шляху руху виходить із забою струменя повітря;
- застосовується електрообладнання із забезпеченням вибухозахисту і виконується ряд вимог при його експлуатації;
- встановлюється область застосування електроустаткування того чи іншого рівня вибухозахисту залежно від ступеня газонебезпеки вироблення;
- застосовуються засоби електричного захисту, які знижують вірогідність появи відкритих іскрових або дугових джерел займання;
- застосовуються засоби випереджаючої захисту і, зокрема, газового захисту, що діє шляхом відключення струму в мережі за допомогою метан-реле;
- пред'являються спеціальні вимоги до застосування електроустаткування в особливо небезпечних умовах (на крутих пластах, небезпечних за раптовими викидами вугілля та газу).

Вимоги, що пред'являються до виконання рудничного електрообладнання з точки зору вибухозахисту, встановлені «Правилами виготовлення вибухозахисному і рудничного електрообладнання» (ПВВРЕ) і «Вимогами до виготовлення рудничного електрообладнання на напругу 1140 В» (додаток до ПВВРЕ).

До небезпечних по вибуху пилу відносяться пласти вугілля з виходом летких речовин 15% і більше, а також пласти вугілля з меншим виходом летких речовин, вибуховість який встановлена лабораторними випробуваннями. У тому випадку, якщо встановлена вибуховість пилу, пласт повинен бути віднесений до небезпечних по пилу і шахта негайно переводиться на пиловий режим. Якщо розробляється свита пластів, з яких один або кілька небезпечні по пилу, а інші не небезпечні, то в цьому випадку пилової режим повинен встановлюватися у всіх виробках, призначених для розробки небезпечних по пилу пластів, а також у виробках загальношахтного призначення. Крім того, створюється захисна зона у виробках, що з'єднують небезпечні по пилу пласти з безпечними.

Заходи, що перешкоджають утворенню пилу і пилової хмари. До них

відносяться всі заходи, спрямовані на зниження запиленості повітря для боротьби з професійною шкідливістю пилу – ефективне провітрювання, зрошення пилу в місцях її утворення, попереднє зволоження пласта, зниження пиловідкладення та ін.

Заходи щодо попередження та локалізації вибуху вугільного пилу. До них відносяться заходи:

- основані на застосуванні інертного пилу (сланцева пиловихухозахист) - осланцювання виробок і установка сланцевих заслонів;
- основані на застосуванні води (пиловихухозахист із застосуванням води) - побілка виробок вапняно-цементним розчином, обмивання виробок водою, зв'язування осілого вугільного пилу розосередженими туманотворюючими завісами, зв'язування пилу, що утворюється при вибухових роботах у забоях підготовчих і нарізних виробок водорозпилювальними завісами, застосування гідрозабою, установка водяних заслонів.

Заходи, що перешкоджають появі джерел займання вугільного пилу. До цих заходів належать усі заходи газового режиму, що перешкоджають появі тих же джерел займання, що і при наявності метану: застосування запобіжних ВМ, електричного підривання, вибухозахищеного електрообладнання та світильників, заборона відкритого вогню та ін.

6.2.3 Заходи щодо захисту від електромагнітного випромінювання

Послаблення напруженості поля на робочих місцях досягається шляхом збільшення відстані між джерелом випромінювання та місцем знаходження людини, зменшення потужності випромінювання.

Для забезпечення безпеки персоналу від дії ЕМП використовують такі заходи:

- організаційні;
- інженерно-технічні;
- лікувально-профілактичні.

Організаційні заходи включають: раціональне розміщення радіотехнічних пристроїв, відповідний режим праці та відпочинку, створення санітарно-захисних зон.

До інженерно-технічних заходів належить герметизація установок, екранування, захист відстанню дистанційне управління.

Для екранування робочого місця використовують відбиваючі, сіткові, еластичні та поглинаючі типи екранів. Форму, розміри і товщину екрана визначають розрахунком.

Для захисту працюючих використовують спеціальний одяг, виготовлений із металізованої тканини у вигляді комбінезонів, халатів, фартухів, курток із капюшонами з вмонтованими в них окулярами, скельця яких покриті шаром діоксиду олова, що послаблює потужність хвиль.

До лікувально-профілактичних заходів захисту належить проведення попередніх та періодичних медичних оглядів з метою виявлення ушкодження здоров'я на ранніх стадіях радіохвильової форми хвороби.

5.2.4 Підвищена вологість повітря

Контроль відносної вологості здійснюється за допомогою аспіраційних психометрів. Для визначення вологості знімають показання термометрів, визначають різницю показань, а потім по величині різниці та показанням сухого термометра знаходять відносну вологість.

Основним методом зниження вологості повітря є проведення вентиляції. Вентиляція допомагає підтримати чистоту повітря та необхідні кліматичні умови в приміщенні, що забезпечується виведенням зволоженого повітря та заміною його свіжим.

Очищення повітря від шкідливих газів та пару здійснюється шляхом використання ряду фізико-хімічних методів: абсорбції, адсорбції, хемосорбції та ін.

Очищення шляхом абсорбції здійснюється за рахунок поглинання рідинами шкідливих газів та парів з повітря. Конструктивно абсорбтори

виготовляють у вигляді апаратів з пористими або тарілчастими насадками чи барботажно-пінних апаратів.

Адсорбція – це процес поглинення газів або пару поверхнею твердих речовин – сорбентів (активований вугіль, глинозем, силікагель).

Хемосорбція полягає в промивці забрудненого повітря розчинами, що вступають в хімічні реакції з газоподібними домішками в повітрі, такими, як діоксин сірки, хлор, сірководень тощо.

За умов коли наявними технічними засобами не вдається забезпечити необхідні умови в приміщеннях або це економічно недоцільно, використовують засоби індивідуального захисту.

5.2 Висновки по розділу

У цьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуті питання охорони праці були визначені заходи щодо захисту співробітників від ситуацій, які б зашкодили їх життю або здоров'ю.

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі об'єктом розробки є система управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти. Метою є Створення системи управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти типу ВЦД47 НН «Север».

2. За результатами аналізу технологічного процесу, структури об'єкта керування та вимог до його функціонування сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та програмного забезпечення.

3. Розроблено структурну схему системи керування на підставі котрої з урахуванням вимог технологічного процесу обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA та його модулі.

4. Розроблені схема автоматизації та схема принципова системи керування. Розроблена функціональна і електрична схема для промислового контролера VIPA 321 – 1ВН70 з модулем дискретного виведення VIPA 322 – 1ВF01. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

В якості об'єкта управління обрано вентиляторну установку, для якої і виконується розробка підсистеми автоматичного управління. Вхідними параметрами є сигнали завдання швидкості, вихідними параметрами об'єкту управління є продуктивність роботи вентилятора.

В якості підсистемі дослідження обрана система збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

В результаті структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді двох аперіодичної ланки другого порядку. Одна з яких відповідає за модель на «збільшення сигналу» управління, а друга «на збільшення».

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта «за збільшення» вхідного сигналу відповідає перевірочним даними на 99.4 %, а модель об'єкта «за зменшення» відповідає перевірочним даними на 90.3 %. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об'єкта управління і системи управління.

Кваліфікаційну роботу виконано повністю відповідно до теми і завдання, оформлено відповідно до нормативних документів і методичних рекомендацій.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с.
5. Братченко, Б.Ф. Стационарные установки шахт / Под общей ред. Б.Ф.Братченко.—М.: Недра, 1977.—440с.
6. Бабак, Г.А. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания / К.П. Бочаров, А.Т. Волохов. — М.:Недра,1982.—295 с.
7. Богопольский, Б.Х. Автоматизация шахтных вентиляторных установок / М.А. Левин, и др. Изд. 2-е, перераб. и доп.—М.: Недра, 1976.—232 с.
8. Волотковский, С.А. Электрификация стационарных установок шахт / С.А. Волотковский, Д.К. Крюков., Разумный Ю.Т. Справочное пособие / Под.общей ред. Г.Г. Пивняка—М.: Недра,1990—390 с.

9. Батицкий, В.А. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности: учебник [для студентов вузов]. / Батицкий В.А., Куроедов В.И. Рыжков А.А.—М.: Недра, 1991.—303 с.
10. Правила безопасности в угольных шахтах [Электронный ресурс]: утв. приказом Гос. Комитета горного и тех. надзора ДНР и Министерством угля и энергетики ДНР 18.04.2016 г. № 36 / 208: ввод в действие 17.05.2016. — Донецк, 2016. — Режим доступа:<https://doc.minsvyazdnr.ru>.—Загл. с экрана.
11. Малиновский, А.К. Автоматизированный электропривод машин и установок шахт и рудников / А.К. Малиновский. — Москва: Недра, 1987. — 280 с.
12. Ивановский И. Г. — Шахтные вентиляторы — Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003. — 193. с.
13. Батицкий. В. А., Куроедов В. И., Рыжков А. А. — Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности: Учебник для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1991 — 303 с.
14. Гаврилов П. Д., Гимельшейн Л. Я., Медведев А. Е. Автоматизация производственных процессов. — М.: Недра, 1985. — 215 с.
15. Порцевский А. К. — Вентиляция шахт. Аэрология карьеров: Учебное пособие. — М.: МГОУ, 2004. — 71 с.
16. Ляшков В. И. Тепловые двигатели и нагнетатели: Учебное пособие. — Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. — 124 с.
17. А. Беккер — Системы вентиляции — Техносфера. Евроклимат, 2005. — 231 с.
18. Братченко Б. Ф. и др. Стационарные установки шахт: Справочное пособие. — М.: Недра, 1977. — 440 с.
19. НПАОП 10.0-5.19-04 Инструкция по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану приказ Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда от 26.10.2004. — № 236.

20. ДСТУ 3008-95. Государственный стандарт Украины по оформлению документов и отчетов в сфере науки и техники, структура и правила оформления — К.: Госстандарт Украины, 1996. — 32 с.
21. Бабак Г. А., Бочаров К. П., Волохев А. Т. и др. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания — М.: Недра, 1982. — 296 с.
22. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания: Справочник / Г.А. Бабак, К.П. Бочаров, А.Т. Волохов и др. – М.: Недра, 1982. – 296 с.
23. Правила безпеки в вугільних шахтах (НПАОП 10.0 –1.01–05) [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0398-10>
24. Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету. <http://masters.donntu.org/2019/fkita/salamatin/diss/indexu.htm>
25. Електроний ресурс:
<http://masters.donntu.org/2018/fkita/levikina/diss/indexu.htm>
26. Електроний ресурс: <https://uadoc.zavantag.com/text/6806/index-1.html?page=7>
27. Електроний ресурс: <http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D1%96-%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%96%D0%B2%D0%BA%D0%B8.pdf>
28. Електроний ресурс:
<https://gm.nmu.org.ua/en/metod%20development2/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%20%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC.%20%D0%B4%D0%BE%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80.%20%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D1%83%D1%81%D1%82.%20%D1%88%D0%B0%D1%85%D1%82%D0%B8.pdf>
29. Електроний ресурс: <http://iomining.in.ua/wp-content/uploads/GV/102/43.pdf>
30. Електроний ресурс:
<http://masters.donntu.org/2016/fkita/kulythina/diss/indexu.htm>
31. Електроний ресурс: http://www.temz.tomsk.ru/info_proj/prom_obor/

32. Электроний ресурс: https://kalorifer.net/sites/default/files/catalog/katalog_medved_shahntie_lite.pdf
33. Электроний ресурс: <https://new.abb.com/drives/ru/BB-privody/ACS5000>
34. Электроний ресурс: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/datchik-diffentsialnogo-davleniya-dmd-831/>
35. Электроний ресурс: https://www.massflow.ru/u/www/files/catalog/f-206bi_rus.pdf

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.17.11.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.17.11.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.17.11.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.17.11.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.17.11.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.17.11.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.17.11.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.					
Розробив		Погребняк	25.05.21				
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1		
Н. контр.							
					Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК**на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесів управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти», студента гр. 151-17-1 Погребняк Марта Родіонівна**

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки студента за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Метою є розробка підсистеми управління лопаток вентилятором головного провітрювання вугільної шахти.

Актуальність роботи полягає в тому, що система виконана відкритою і дозволяє здійснювати технічну і програмну модернізацію системи, а також забезпечує виконання наступних функцій: спостереження за роботою обладнання, зберігання інформації про стан обладнання, зв'язок з іншими системами.

Основними функціями системи є формування та реєстрування керуючого впливу який подається на об’єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об’єкта, візуалізація отриманих даних, та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп’ютера з SCADA системою, яка дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об’єкта.

Згідно з аналізом об’єкта автоматичного керування, розроблена динамічна модель електромеханічної частини вентилятора головного провітрювання вугільної шахти типу ВЦД47 НН «Север».

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об’єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об’єкта «за збільшення» вхідного сигналу відповідає перевірочним даними на 99,4%, а модель об’єкта «за зменшення» відповідає перевірочним даними на 90,3%. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для

моделювання об'єкта управління і системи управління. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано розрахунок основних економічних показників та вирішення питань з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «_____», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ст. викл. Шевченко В.І.

____.06.2021

РЕЦЕНЗІЯ**на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесів управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти», студента гр. 151-17-1 Погребняк Марта Родіонівна**

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно повністю до вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Метою є розробка підсистеми управління лопаток вентилятором головного провітрювання вугільної шахти.

Згідно з аналізом об’єкта автоматичного керування, розроблена динамічна модель електромеханічної частини управління вентилятором головного провітрювання вугільної шахти.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об’єкту керування та може бути використана для подальшої розробки системи керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення.

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об’єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об’єкта «за збільшення» вхідного сигналу відповідає перевірочним даними на 99,4%, а модель об’єкта «за зменшення» відповідає перевірочним даними на 90,3%. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об’єкта управління і системи управління. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп’ютера з SCADA системою, яка дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об’єкта.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки “_____” балів при відповідному захисті, а здобувач Погребняк М.Р. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Рецензент,
_____.06.2021
