

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут сумського державного університету
Центр заочної та дистанційної форми навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій
Спеціальність 6.151 «автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему:

"Система управління процесом розливання чавуну"

Керівник роботи

викладач, к.т.н.

_____ Г.М.Худолей

Дипломник:

студент групи СУз-81Ш

_____ А.О. Гринченко

Номер залікової книжки:

Шостка – 2022

РЕФЕРАТ

Гринченко Андрій Олександрович. Система управління процесом розливання чавуну. Бакалаврська робота. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2022 рік.

Бакалаврська робота містить 68 аркушів пояснювальної записки, з урахуванням 31 рисуноків, 13 таблиць; 2 креслень.

Роботу присвячено автоматизації установки з одержання хімічного елементу колоксиліну. Вибрано сучасні засоби автоматизації, розроблено системи сигналізації та захисту відповідно до умов функціонування даної установки. Розроблено процедуру вибору приладів та устаткування з відповідними до технологічного процесу параметрами. Розроблені канали управління, сигналізації та блокування згідно з потребами автоматизації.

Ключові слова: система управління, об'єкт автоматизації, канал управління, контури кон-троля та управління, пристрої автоматизації.

SUMMARY

A. Grynchenko. Cast iron bottling process control system. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2022 year.

A bachelor work is contained by 68 leaves of explaining message, taking into account 31 pictures, 13 tables; designer document which contains 2 drafts.

Work is devoted to automation of setting upon the cast iron bottling process. The modern methods of automation are chosen, the systems of signaling and defence in accordance to the operating conditions of the given setting are developed. Procedure of choice of devices and materials with proper to the technological process parameters is developed. The channels of management, signal-ing and blocking in accordance with the necessities of automation are developed. Keywords: system of management, object of automation, channel of management, contours of control and managements, devices of automation.

Keywords: process control system that regulates the microprocessor controller, the control algorithm, the adjustable parameter.

Зміст

Вступ.....	6
1. Конструктивно – технологічний аналіз об'єкта автоматизації.....	7
2. Вибір каналів керування, сигналізації та блокувань	13
3. Вибір сучасних засобів автоматизації.....	19
4. Опис алгоритмів керування	40
5.Розрахункова частина	42
Висновок	69

Вступ

У ливарній промисловості автоматизації приділяється велика увага. Це складністю протікання технологічних процесів, а як і чутливістю їх до порушення режиму роботи, шкідливістю умови праці та агресивністю довкілля.

При впровадженні автоматизації у виробництво людина якщо не повністю частково звільняється від безпосередньої участі у виробництві, а функції управління технологічним процесом покладаються на автоматичні пристрої та механізми.

Впровадження автоматизації призводить до поліпшення основних показників ефективності виробництва:

- Збільшення кількості продукції, що випускається;
- Поліпшення її якості;
- скорочення браку
- Зниження витрат на капітальні ремонти;
- Зниження собівартості;
- Зменшення чисельності робочих;
- зменшення травматизму на виробництві, а також професійних захворювань;
- попередження або повне виключення забруднення навколишнього середовища.

Комплексна автоматизація процесів передбачає як автоматичне забезпечення нормального ходу цих процесів, а й автоматичне управління пуском і зупинкою апаратів, для ремонтних робіт у критичних ситуаціях.

У автоматизованому виробництві людина переключається на творчу роботу – аналіз результатів управління. Складання завдань та програм для автоматичних приладів, налагодження складних автоматичних пристроїв.

1. Конструктивно – технологічний аналіз об'єкта автоматизації

1.1 Технологія плавки чавуну в індукційних печах

В індукційних печах можливе одержання чавуну різноманітного складу, при цьому використання як шихта відходів ковальського, прокатного, токарно-фрезерного виробництва суттєво знижує виробничі витрати при отриманні чавуну необхідних марок.

В індукційних печах можна виплавляти чавун із вмістом сталевих скрапу та стружки (найдешевшого шихтового матеріалу) аж до 100% завдяки гарній можливості легування. Для отримання сірого чавуну та високоміцного чавуну з кулястим графітом (ЧШГ), що має цілий ряд переваг перед іншими сплавами, необхідно точно керувати хімічним складом за багатьма елементами і, насамперед, по вуглецю, сірці, марганцю, хрому, фосфору та ін. в ПСЧ плавка ведеться з так званим "холодним" шлаком, який практично не бере участі в хімічних реакціях, управління хімічним складом сплаву по ходу плавки проводиться додаванням легуючих матеріалів і точним управлінням температурою розплаву. Поєднання цих можливостей дозволяє реалізувати технологію отримання виливків, у яких значно знижено внутрішню напругу та суттєво підвищено міцнісні характеристики. За цією методикою на стадії легування розплаву, отриманого з шихти з вмістом 40-80% сталевих брухту, при підвищенні температури до 1450°C додається вуглець, що дозволяє досягти вмісту в розплаві 3,8-3,9%. Потім розплав догрівається до температури 1530-1550°C витримується при цій температурі 10-30 хвилин. На стадії витримки відбувається процес вугледобування розплаву, швидкість якого залежить від інтенсивності електромагнітного перемішування та способу організації циркуляційних потоків усередині ванни розплаву. Крім цього, на стадії витримки відбувається очищення від неметалевих включень та дегазація розплаву, а також протікає процес "дозрівання" металу. При використанні цієї методики у виробництві виливків не тільки підвищується міцність, але й зменшується їх стиснення, що не перевищує 0,3%, що в кінцевому підсумку призводить до зниження напруги у виливках, а це

дозволяє уникнути енерговитратної операції відпалу. Подібне виробництво виливків зі зниженою напругою неможливо організувати без індукційних печей.

Температуру розплаву вимірюють, щоб не допустити великого перегріву металу, точно знати, що метал дійсно досяг температури розливу. Великий перегрів метал, як і недогрів, негативно позначається на якості виливка. Хоча більшість ливарників візуально визначають готовність розплаву, додатковий контроль не завадить.

Щоб уникнути перегріву та сплескування металу та досягти необхідної температури, достатньо виконувати таку вимогу.

Нагрів металу проводити в три етапи:

1. Нагрів на повній потужності до температури 1300 ° C, включені три індукційні котушки.

2. Пониження потужності на 30% і нагрівання металу до 1450°C включені дві індукційні котушки,

3. Догрівання та підтримання температури до 1550°C відбувається на одній індукційній котушці.

Під час роботи індукційної печі робочі обмотки охолоджуються водяною системою охолодження. Вимкнення системи охолодження через дві години після вимкнення печі.

1.2 Технологічний процес розливу чавуну

Після нагрівання металу до заданої температури дозатор набирає задану порцію розплавленого металу, транспортує до конвеєра і виливає у форму.

Переміщення дозатора від роздавальної печі до конвеєра виконується по монорейці, що знаходиться зверху між піччю та конвеєром, електродвигуном горизонтального переміщення через редуктор.

Переміщення ковша вгору і вниз відбувається по рейці електродвигуном.

Перекидання та підйом ковша виконується електродвигуном через редуктор.

Залежно від порції розплаву проводиться заміна ковша. Вони виготовляються трьох типів: 1) від 0.2 кг до 1.5 кг; 2) від 1.5 кг до 5 кг; 3) від 5 кг до 20 кг.



Рисунок 6 – Дозатор.

1.3 Конструкція та принцип роботи обладнання індукційної печі

Тигельна індукційна піч складається з силового середньо-частотного перетворювача, мідної спіральної обмотки, охолоджуваної водою, і керамічного тигля, заповненого шихтою.

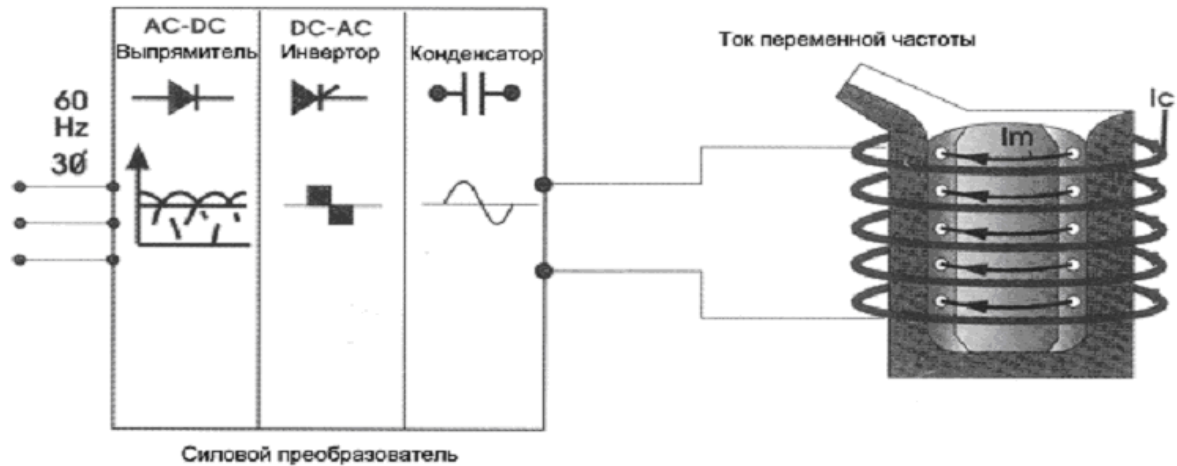


Рисунок 7 – Принципова схема індукційної плавильної системи.

Змінний струм у котушці генерує магнітне поле, яке індукує струм у шихті. Контур магнітного поля викликається через зовнішні магнітні шунти, виготовлені із листів трансформаторного заліза. Індукційну піч можна представити у вигляді вільно зв'язаного трансформатора (див. рис.2), в якому витки первинної обмотки магнітно пов'язані з вторинним витком, утвореного розплавленою шихтою.

Таким чином, можна прийняти, що відношення струму, наведеного в розплаві, до струму в обмотці приблизно дорівнює кількості витків в обмотці. Максимальна щільність струму індукується на периметрі розплаву, експоненційно зменшуючись у глибині розплаву до центру.

Величина згасання, визначена як «глибина проникнення», постійна, що видно з формули 1:

$$\Delta_m = \sqrt{\frac{2\rho_m}{\mu_0\mu_m f}} = 503 \sqrt{\frac{\rho_m}{f}} \quad [m]$$

де: Δ_m - глибина проникнення струму в розплав;

ρ_m – питомий опір розплавленого металу;

$\mu_0\mu_m$ - абсолютна та відносна проникності;

f – частота струму в обмотці.

У класичній моделі індукційної печі форма циліндрична розплаву. Найбільше струму протікає в шарах розплаву, далеких від центру, в товщині, що дорівнює глибині проникнення. Опір цих шарів можна оцінити за формулою 3:

$$R_m = \frac{\rho_m 2\pi r_m}{h_m \Delta_m} = 0.0125 \frac{r_m}{h_m} \sqrt{\rho_m f} \quad [ohm]$$

Електричні втрати, сконцентровані в цьому зовнішньому шарі розплаву, виробляють потужність для плавлення

$$P_m \approx I_m^2 R_m = 12 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot N^2 I_c^2 \cdot \frac{r_m}{h_m} \sqrt{\rho_m f} \quad [kW]$$

де: N – кількість витків в обмотці;

I_c – струм у котушці;

I_m - струм у плавильній ванні;

R_m – опір розплаву;

r_m – радіус розплаву;

h_m - висота розплаву

Висока щільність потужності дозволяє краще використовувати обладнання, мінімізувати час, необхідний виконання плавки. Це також дозволяє підвищити ефективність, так як енергетичні втрати, що витрачаються на теплові провідність і випромінювання, мінімізуються, тому що розплавлений метал не міститься довго в печі. Цей метод швидкісної плавки з високою енергонасиченістю та повним зливом печі став відомий як плавка з повним зливом. Старша технологія, яка називається «болотною» плавкою,

призводила до того, що великі печі спустошувалися лише частково, а потім досипалися твердою металевою шихтою. Метод плавки з повним зливом вимагає використання великих джерел живлення, що працюють на підвищених частотах.

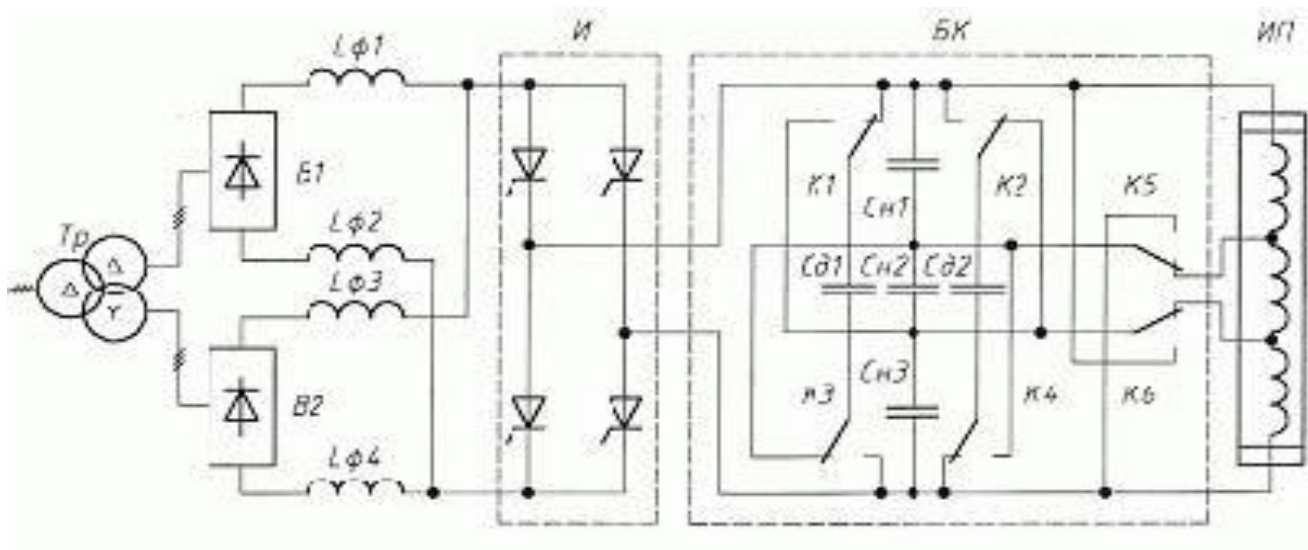


Рисунок 8 – Схема електрична принципова

Система електроживлення середньої частоти (СЕРПСЧ) побудована на основі статичних перетворювачів частоти, що здійснюють перетворення енергії трифазної мережі змінного струму промислової частоти на енергію однофазного струму середньої частоти. Функціонально перетворювач побудований за дволанковою схемою і включає випрямляч і автономний інвертор. Залежно від потужності випрямляч будується за 6-пульсною, 12-пульсною або 24-пульсною мостовою схемою з відповідним з'єднанням обмоток силового трансформатора. При цьому забезпечується зниження гармонійних складових вхідного струму до необхідного рівня.

2. Вибір каналів керування, сигналізації та блокувань

2.1 Схема руху матеріальних потоків

Відповідно до технологічного процесу розливу чавуну складемо схему руху матеріальних потоків.

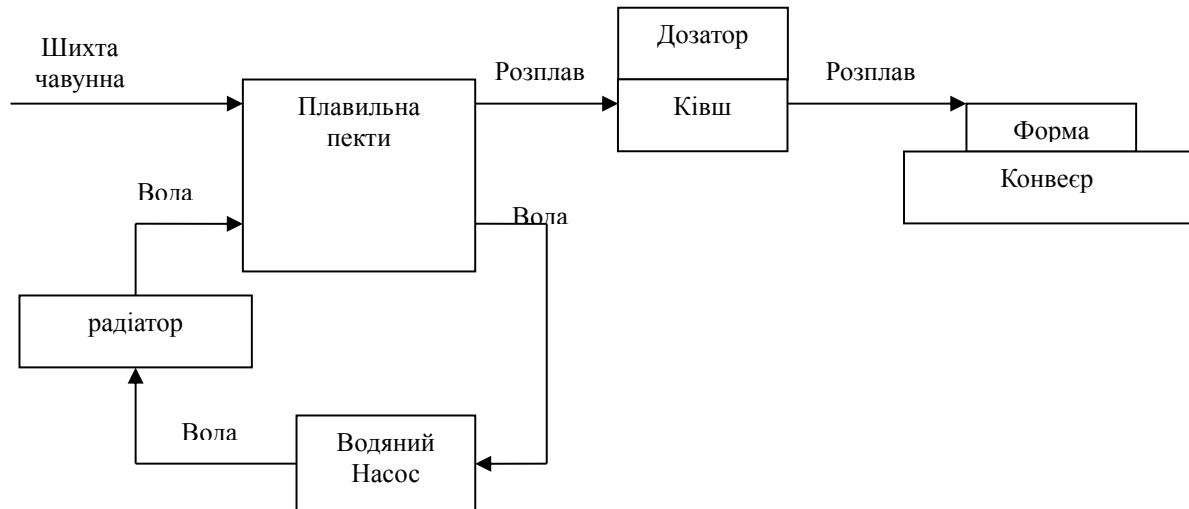


Рисунок 1 – схема руху матеріальних потоків

На основі схеми матеріальних потоків визначимо параметри для сигналізації, контролю, управління та зведемо їх у таблицю 1. Даний технологічний процес є енергоємним і тому необхідно зменшити витрати електроенергії з допомогою контролю протікання процесу розігріву. Також технологічний процес є трудомістким, протікає за високої температури, в такий спосіб, необхідно зменшити присутність людини поблизу працюючого устаткування.

Необхідно передбачити появу всіляких впливів, що обурюють, оскільки вихід значень параметрів за допустиму межу можуть призвести до аварійних ситуацій, людських жертв, збільшення шлюбу і матеріальних збитків.

Параметри, що підлягають контролю:

- Об'єм розплаву в печі,
- місце знаходження дозатора,
- положення ковша на певній ділянці та час його переміщення. Контроль наявності та позиціонування форми.

- Температура води, що охолоджує.
- Тиск у системі охолодження.

Параметри, що підлягають регулюванню:

- Реактивна потужність, що використовується, індукційною піччю.
- Температура розплаву в печі – визначається залежно від сировини та технології плавлення.
- Вага залитого металу у формі визначається залежно від типу форми.
- Відстань опускання ковша рівня розплавленого металу в печі для набору необхідної кількості розплаву.
- Рівень опускання ковша над формою.

Світловим сигналом повідомляється:

- Кінець – початок роботи.
- Відсутність розплаву печі.
- Остаточний нагрівання розплаву - дозвіл початку розливу,
- Відсутність форми.

Звуковий сигналізації підлягають(аварії):

- що вийшли за допустиму межу значення температури в печі,
- температура води, що охолоджує піч,
- збільшений час руху дозатора та положення ковша,
- відсутність форми.

Блокування підлягає:

Відключення печі у таких випадках:

- при недостатньому тиску води в системі охолодження,
- при припиненні подачі води,
- при перегріві мідної оболонки кожної котушки.

Зупинка дозатора у таких випадках:

- При припиненні подачі форм на конвеєрі,
- при збільшенні часу перебування на певній ділянці процесу розливу (зупинка двигуна заклинювання механізму),
- відсутність розплаву печі.

Регульований електричний параметр є реактивна потужність (РМ), споживана індукційною установкою. Це пояснюється тим, що піч індукційного нагріву є активно-індуктивним навантаженням, що змінюється. Причому індуктивна складова значна, що відповідає мінімальному значенню коефіцієнта потужності ($\cos \varphi$), що дорівнює 0,3-0,4.

Отже, необхідною вимогою є компенсація реактивної потужності безпосередньо на затискачі індуктора печі індукційного нагрівання.

Відсутність компенсації реактивної потужності призводить до суттєвого збільшення потужності силового трансформатора печі індукційного нагріву, втрат електроенергії, перерізу силових струмопроводів та характеристик комутаційно-захисної апаратури.

Враховуючи широкий діапазон зміни реактивної потужності при плавленні металів, потрібна компенсуюча потужність джерела реактивної енергії, що змінюється. Таким джерелом є батарея статичних конденсаторів (БК), що включає N секцій (С1 - СN), які комутуються в різних поєднаннях паралельно індуктор печі індукційного нагріву. Комутація секцій С1-СN повинна проводитися в автоматичному режимі, а в деяких випадках і в ручному, наприклад, при налагодженні. Таким пристроєм автоматичного регулювання реактивної потужності у вузлі підключення індукційної установки до мережі живлення або на вторинній обмотці силового трансформатора печі індукційного нагріву може бути спеціалізований контролер. Повною мірою цю функцію виконує спеціалізований контролер типу АРМ/ІП, який розробило,

Регульованим технологічним параметром індукційного печі нагріву є температура металу. Її зміна або стабілізація здійснюється шляхом регулювання величини активної потужності, що підводиться до індуктор печі індукційного нагріву. Як кероване джерело електроенергії печі індукційного нагрівання використовується силовий пічний трансформатор. Він забезпечує ступінчасту зміну (3 ступені) напруги з його вторинної обмотці і, отже, на індукторі печі індукційного нагрівання.

Таблиця 1 – Перелік параметрів сигналізації, контролю та управління

Параметр	Точка технологічного процесу	Процес контролю	Величина	Похибка
Температура	Плавильна пекти	Сигналізація, контроль, керування	1300-15500С	±2%
Температура	Вода	Сигналізація, контроль, керування	20-70°C	±10%
Відстань	Від ковша до розплаву	Сигналізація, контроль, керування	Залежно від форми	±0,1%
Вага	Форма	Сигналізація, контроль, керування	Залежно від форми	±0,2-1%
Рівень	Розплаву	Контроль	400 кг	±2%
Переміщення	Ківша	Управління	м	±0,2%
Обертання	Ківша	Управління	см	±0,1%
Переміщення	Рейки	Управління	м	±0,2%
Переміщення	Конвеєр	Управління	м	±0,2%
Швидкість	вод. насосу	Управління	Про/с 900-1500	±1%

Для керування охолодження водою запропонуємо наступний контур керування

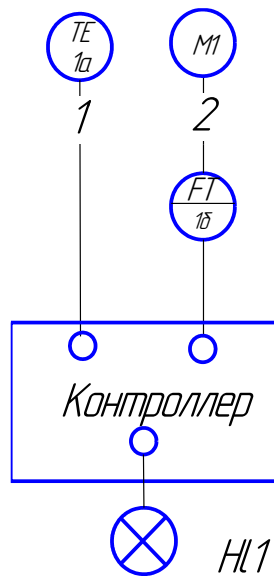


Рисунок 2- Управління охолодженням води

M1 - електродвигун

1а - перетворювач температури

1б - перетворювач частоти

Для контролю рівня розплаву печі запропонуємо наступну схему:

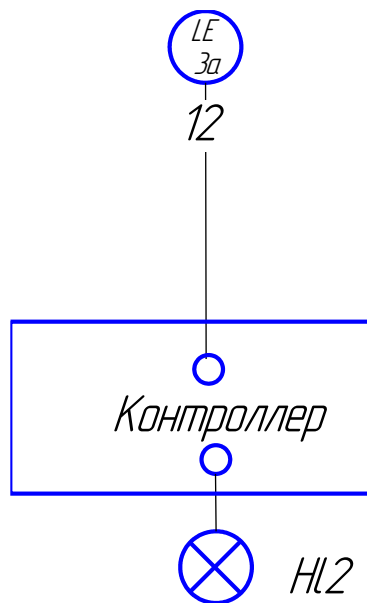


Рисунок 3- Контроль рівня розплаву

3а – датчик рівня ультразвукової

Для регулювання температури розплаву печі запропонуємо наступний контур,

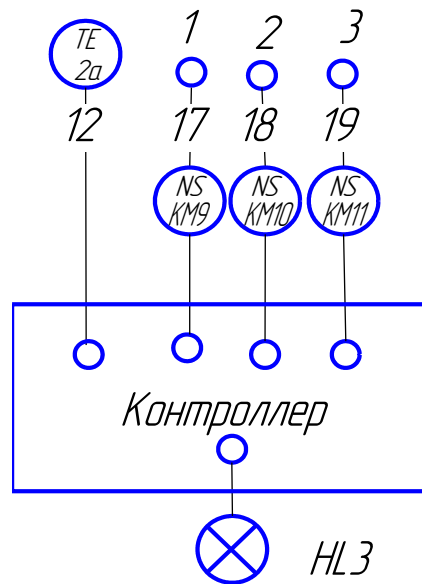
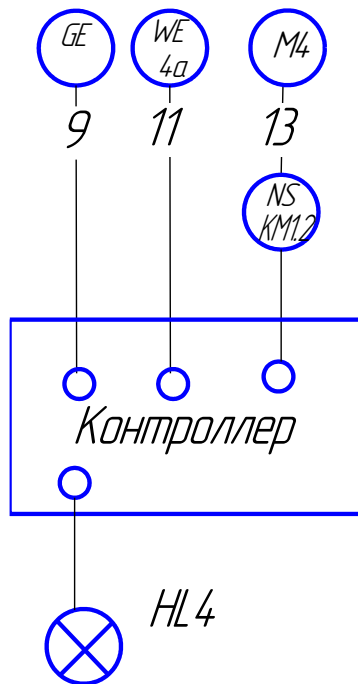


Рисунок 4- Регулювання температури розплаву в печі

2а – пірометр; КМ9 - КМ11 - контактори; 1 2 3 – обмотки

Для контролю наявності форми та регулювання ваги розплаву у формі запропонуємо наступний контур



Малюнок 5- Контроль форми та регулювання ваги розплаву у формі

4а – тензодатчик; КМ1.2 – реверсивний контактор; М4 – двигун повороту ковша

3. Вибір сучасних засобів автоматизації.

Для регулювання температури води, що охолоджує, застосовуємо водяний насос і регулювання подачі води в залежності від температури буде змінюватися швидкістю електродвигуна.

Для вимірювання аналогових сигналів (температури в трубопроводі) можуть використовуватись будь-які датчики, що видають сигнали: напруга (0..2400 мВ, 0..10В), постійного струму (0..20, 4..20 мА), термоперетворювачі опору (50П) , 100П, 500П, 1000П, 50М, 100М, 100Н, 1000Н), термістори 10КОм, 100кОм, реостатні датчики (100 Ом, 1кОм), нікелеві та платинові датчики (N.i.

Для нашої установки оптимальний варіант, датчик – термоперетворювач із вмонтованим у корпус платою перетворення опір-струм з виходом сигналу 4-20 мА

Розглянемо два термоперетворювачі:

1) ТСП 1-5-Рt100-В-3-250-6-40-ПР-/-50...180/

Клас точності $\pm(0,25+0,0035t)$

Довжина занурювальної частини 250 мм.

З платою перетворення опір струм з виходом сигналу 4-20 мА

Робочий діапазон температури -50...1800С

2) ТХА1-23-К-2-І-800-400-310S-10-120-А/0...200/

Клас точності $2\pm(0,15+0,002t)$

Довжина занурювальної частини 800 мм.

З платою перетворення опір струм з виходом сигналу 4-20 мА

Робочий діапазон температури 0...2000С

Перший датчик нам більше підходить, оскільки він по діапазону температури нашого процесу більш наближений, дешевше, має меншу занурювальну частину.

Перетворювач частоти вибираємо від заданої потужності двигуна та кількості фаз. Для трифазного двигуна потужністю 0.75 кВт оптимальним варіантом обрано перетворювач частоти Lenze8200SMD ESMD112L4ТХА.

1) Параметри перетворювача типу ESMD112L4TXA

Вихід 3 фази 0 ... 400В

Максимальна потужність електродвигуна, що підключається 1.1кВт

Струм перетворювача: вхідний 4.3А, вихідний 3.6А

Ціна 1800 грн

2) Параметри перетворювача тип ESMD251X2CFA

Вихід 1 фази 180 ... 264В

Максимальна потужність електродвигуна, що підключається 0.25кВт

Струм перетворювача: вхідний 3.40А, вихідний 1.70А

Ціна 900 грн

Другий перетворювач нам не підходить за кількістю фаз, хоча він і дешевше, тому вибираємо перший перетворювач ESMD112L4TXA.

Розглянемо датчики вимірювання температури розплаву. Температура розплаву досягає 1550⁰С. Процес розплаву змінюється на три етапи автоматично відключаються перша і друга обмотка індуктора. Вимірювання розплаву термопарою можливе лише короткочасним зануренням у розплав, тому вибираємо вимірювання температури пірометром. Застосування пірометричного датчика дозволяє безперервно вимірювати температуру.

Розглянемо два пірометричні датчики:

1) Пірометр С-700 "Стандарт"

Призначення

Пірометр інфрачервоний С-700 призначений для використання як інфрачервоний датчик з аналоговим виходом 4 ... 20 мА або цифровим RS-485 при вимірюванні температури поверхонь твердих (у тому числі сипких тіл) та розплавів різних матеріалів за їх власним тепловим випромінюванням для дистанційного безконтактного вимірювання температури . Металургія, цементна промисловість, скляна промисловість, керамічна промисловість

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювання температури, °С +700 ... +2200 °С
Оптична система лінзова 1:100
Відстань до об'єкта виміру 0.1 м – 2.2м
Спектральний діапазон роботи приладу мкм 0.85 ... 0.97
Діапазон встановлення поправного коефіцієнта 0.01 ... 2.5
Межа основної абсолютної похибки, що допускається, $\pm 0.5\%$
Живлення струмова петля 4 ... 20 мА
Швидкодія 0,5с
Термін служби 10 років
Ціна 2 000 грн

Умови експлуатації: температура (робота без охолодження) -20...+80°С

температура (робота з охолодженням до +120°С відносна вологість до 90%
атмосферний тиск 86...106 кПа

Функціональні можливості: інтерфейс для зв'язку з комп'ютером RS-485 (С-700.2) аналоговий вихід 4...20 мА (з похибкою перетворення температура – струм – 0,5 %)

Габаритні розміри пірометра, мм 32x220

Маса, кг 0,3

2) Пірометр С-3000.1 "Сталь" ціна 12 000 грн

Призначення

Прилад призначений для дистанційного безконтактного вимірювання температури чорних металів та їх сплавів, поверхня яких може бути різною мірою покрита окислами. У цьому розміри досліджуваної поверхні об'єкта визначаються кутовим полем зору пірометра.

Високотемпературний пірометр вимірює температуру автоматичного контролю коефіцієнта теплового випромінювання об'єкта. В основі його роботи лежить перетворення потоку випромінювання, що приймається чутливими елементами трьох каналів вимірювання, електричні сигнали, обробка сигналів 7 умовних пірометрів і розрахунок істинної температури.

Область застосування: Чорна металургія Машинобудування Виробництво Індукційне нагрівання Хімічна промисловість

Умови експлуатації: температура навколишнього середовища, °С, під час роботи без охолодження +10...+35, під час роботи з охолодженням +10...+80, відносна вологість, %: не більше 80 %, атмосферний тиск, кПа: 84 ...106

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювання температури, °С	+1200 ... +1800
Кількість спектральних інтервалів	3
Межі допустимої відносної похибки,	± 1%
Час встановлення показань, з	1
Показник візування	1:100
Ціна одиниці молодшого розряду, °С	1
Напруга живлення,	17 ... 24
Мінімальна відстань до об'єкта, м	1,2
Напрацювання на відмову, год	5000
Габаритні розміри пірометра, мм	300 x 150 x 120
маса, кг	5,5
Термін служби, років	7

Застосуємо Пірометр С-700 Стандарт оскільки він дешевший у шість разів, має більший термін служби, діапазон вимірювання більш підходящий під наш процес із великим температурним запасом.

У раніше використовуваних дозаторах контролю опускання ковша до розплаву застосовувався електрод як контактний датчик. У такого способу контролю великий недолік - за рахунок наплаву розплаву на електрод змінювалася його довжина, через що змінювалася порція набору розплаву і при заливанні виходив недолив. Доводилося після кількох операцій проводити регулювання та очищення від наплаву.

Розглянемо безконтактні датчики вимірювання відстані:

емісійний датчик EC3025PPASL відстань спрацьовування 4...25мм

температура навколишнього середовища -25...+800С	
ціна360грн	
індуктивний датчик ІА30ASN15РОНТ-К відстань спрацьовування 15 мм	
температура навколишнього середовища -25...+1200С	
ціна380грн	
ультрозвуковий датчик UA30CLD25AG	
відстань спрацьовування	300...2500мм
Температура навколишнього середовища	+25...+700С
напруга живлення	18-38 В
вихід аналоговий	4...20мА
ціна	1100грн

Ємнісні та індуктивні безконтактні датчики мають малу відстань спрацьовування недостатню, оскільки температура розплаву 15000С. У нашому випадку можна застосувати тільки ультразвуковий датчик UA30CLD25AK розташувавши його на відстані 2 метри. Сигнал від датчика надходить на контролер, контролер здійснить обчислення і включить двигун на такий період, щоб ківш опустився на необхідний рівень з урахуванням заданої відстані від ковша до розплаву.

Вимірювання маси розплаву у формі виконаємо тензодатчиком. Вага залитого металу дорівнюватиме різниці наповненої і порожньої форми.

Розглянемо два тензометричні датчики:

Тензодатчик зтиснення CAS MNC-50L

Найбільша межа зважування, 50кг,
Робочий коефіцієнт передачі (РКП), мВ/В2,0
Діапазон значення нуля, мВ/В0±0,06
Сумарна помилка, %0,15
Повторюваність, %0,05
Повзучість (30 хв.) %0,03
Температурний дрейф %/10°С
Нуля0,05
Сигналу0,10
Напруга збудження,
Рекомендоване10
Максимальне15
Опір, Ом

Вхідний410±30
Вихідний350±3,5
Ізоляції>2000
Безпечне навантаження, % НПВ150
Робочий діапазон температур, ° С-20 до +60
Кабель м 10
Базова ціна: від 1600 грн.

Тензодатчик модифікації M5064 до50кг виробник НВП Метра

Тензодатчики ваги типу Single point застосовуються в платформних вагах на малі навантаження. Конструкція цих датчиків дозволяє використовувати їх для створення ваги на одному датчику.

Використовуються в платформних, монорейкових, конвеєрних, вагах та дозаторах. Тензодатчики виготовлені з алюмінію та нержавіючої сталі, ступінь захисту IP 65.

Технічні характеристики

Номінальне навантаження кг 50
Робочий коефіцієнт передачі 2мВ/В
Клас точності С3
Робочий діапазон температур 3 -30...+40
Число перевірочних інтервалів, n _v 3000
Сумарна помилка, %0,10
Темп. коеф. чутливості %/10оС<=±0,01
Повзучість за 30 хв. %D<=±0,02
Вхідний опір 370±20 Ом
Вихідний опір 352±3 Ом
Напруга живлення 5...15 В
Граничне навантаження % D _{max} 150
Руйнівне навантаження % D _{max} 200
Ступінь захисту IP 67
Довжина кабелю 3 м.
Базова ціна: від 800 грн.

Схема підключення датчика

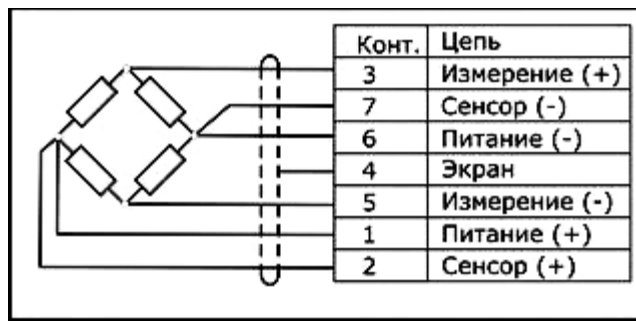


Рисунок 5 – схема підключення тензодатчика

Для зважування форми оптимальним варіантом є другий датчик: він має меншу вартість і кращі технічні характеристики. У датчика менша повзучість має меншу сумарну помилку.

Для реверсивного включення електродвигунів застосовані контактори на робочу напругу 24в 11BG0610AC3

Для перемикання обмоток індуктора застосовані потужні кінцеві контактори 500А КТЕ ЕКФ Uk 380v управляються кінцеві контактори через проміжні контактори 11BG0610AC3 з робочою напругою 24в

Для автоматизації зупинки дозатора над піччю і над формою при переміщенні по монорейці, для позиціонування форми дома заливки застосовані колійні вимикачі KB B2 S11 с . Для управління підйому та опускання ковша застосований кінцевий вимикач KB A1 S11

Дорожні вимикачі KBC2SO2з кнопковим штовхачем та рухомим роликом. KB A1 S11 із кнопковим штовхачем без рухомого ролика. Корпус металевий, призначений для роботи в різних ланцюгах систем керування, сигналізації та захисту. Блоки контактів можуть легко змінюватись на кожному типі кінцевого вимикача.

Характеристики
максимальний струм: 10 А;
максимальна напруга: 250 V AC;
час спрацьовування: 0,5...1,5 мс;
зусилля спрацьовування 5...8 Н;
механічне життя: 6x10 ³ циклів;
Ступінь захисту: IP65;
робоча температура: 25...+70 °C

Таблиця 2 - вхідних та вихідних сигналів

Контур	Аналоговий		Цифровий	
	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід
Температура води	3 ТСП 4...20мА	На перетворювач частоти 4 ... 20мА		
Температура розплаву у печі	3 пірометра 4...20мА			На 3 контактори по 24В
Рівень розплаву у печі	3 ультрозвукового датчика 4...20мА			
Регулювання затоки у форму (вага форми з розплавом)	3 тензодатчика Аналоговий сигнал 4...20мА			Реверсивний контактор 24В Двигун повороту ковша
Контроль вертикального пересування дозатора по рейці			Кінцевий вимикач 2 шт 24В	Реверсивний контактор 24В двигун вертикального переміщення ковша
Контроль пересування дозатора рейкою			Кінцевий вимикач 2 шт 24В	Реверсивний контактор 24В Двигун горизонтального переміщення дозатора
Контроль перекидання та набору ковша			Кінцевий вимикач 2 шт 24В	Реверсивний контактор 24В Двигун повороту ковша
Контроль зміни форми			Кінцевий вимикач 2 шт 24В	Реверсивний контактор 24В
Контроль відключення води за таймером МК через 2 години				Контактор 24 В

3.1 Вибір контролера

Як регулюючий пристрій у технологічному процесі розливу чавуну застосуємо контролер.

У нашому технологічному процесі необхідно регулювати розплав залежно від типу чавуну, необхідно керувати опусканням ковша та набір у ківш певної кількості розплаву. Необхідно контролювати дозатор і ковш їхнього часу пересування. У разі несправності одного із двигунів або відсутності форми на конвеєрі необхідно блокувати роботу дозатора.

Для реалізації всіх необхідних завдань застосуємо керування на мікроконтролері. Відкритість програмного забезпечення дозатора дозволить при необхідності обслуговуючому персоналу служби експлуатації модифікувати існуючий алгоритм або додавати нові завдання без залучення фахівців виробника. На мікроконтролері легше реалізувати ступінчасте нагрівання задане для конкретної марки чавуну. Контролерним управлінням можна контролювати час переміщення дозатора час опускання ковша. Оскільки заливальні форми можуть мати різну вагу, необхідно, щоб контролер легко переналаштовувався під певний тип форми і під необхідну кількість заливки розплаву у форму.

Розглянемо два види контролерів:

1) Контролер технологічних процесів Ascon AC10

Призначення: для управління та автоматизації в процесах обробної промисловості де пред'являються підвищені вимоги до гнучкості, рівня інтеграції функцій управління та людино-машинного інтерфейсу. Контролери AC є єдиним найбільш ефективним та інноваційним рішенням для цих вимог. Один контролер AC може виконувати такі завдання: обробка та відображення даних регулювання та управління обчислення комплексних математичних функцій сигналізація локальне відображення даних про процес, функцій управління, подій та сигналізації автоматичне та ручне управління

Можливості контролера:

8 аналогових входу 1...5 В/ 0...5В; 4...20мА/0...20мА точність 0.1%

4 аналогових виходи (розширюються до 8); 24В ізольовані

8 дискретних входів 1/0 ... 5В; 0/4...20мА

8 дискретних виходів (розширюються до 32 входів та 32 виходів); SSR
24 В /300мА

3 серійних порти та 1 високошвидкісний LAN порт.

Електроживлення зовнішніх перетворювачів (300мА).

Напруга живлення 90 ... 264В

Ціна: 8500 грн.

Дисплей: РК з високою роздільною здатністю (128x320 пікселів) та великим терміном служби. Розмір 40x104. Розширений температурний діапазон (0...55 ° С).

Лічильники та таймери Інкрементальні лічильники, лічильники з обнуленням, 4 типи таймерів.

Цикли роботи До 4 незалежних циклів, 16x4 обраних циклів, до 100 кроків у циклі.

Багатофункціональний контролер АСКОН підтримує розширену бібліотеку аналогових та логічних блоків та функцій, починаючи від дуже простого модуля "І-АБО" і до модулів вирішення складних завдань таких, наприклад, як знаходження коріння комплексних функцій будь-якого рівня складності. Використання цієї бібліотеки не викликає труднощів, завдяки програмі АС-PROGRAPH – графічної програми Windows, яка дозволяє створити програму управління за допомогою простого вибору, позиціонування і конфігурування блоків на робочому просторі та малювання ліній зв'язку між блоками.

Конфігурації функціональних блоків та всіх параметрів доступні як з комп'ютера, так і безпосередньо з клавіатури приладу. Можливе завантаження параметрів з комп'ютера, а також збереження їх на диску для подальшого використання або з міркувань безпеки.

4 комунікаційних порти дають контролерам серії АС 10 унікальні характеристики універсальності, гнучкості та розширюваності, які необхідні

для використання контролера у складі інтегрованих систем управління. Комунікаційний порт RS485 для з'єднання в мережах Modbus/J-bus Дозволяє здійснити супервізорний нагляд з комп'ютера. До 31 контролера серії AC10 можуть працювати в одній мережі. Швидкість передачі до 19200 бод. Програмне забезпечення AutoLink розроблено фірмою ASCON для стандартних персональних комп'ютерів і призначене для централізації управління усіма процесами та для удаленого управління підприємством.

Порт для програмування RS232 Роз'єм на передній панелі призначений для завантаження програми управління, або просто для конфігурації функціональних блоків та введення параметрів за допомогою ПК простим та швидким методом. Порт також призначений для завантаження в комп'ютер програми або параметрів з метою їх збереження та архівації.

Порт RS485 для підключення модулів розширення Порт для з'єднання «рівний-рівний» Цей порт входить як опція до складу контролерів AC20 та AC30 для спільного використання апаратних та програмних ресурсів та для побудови з приладів малої інтегрованої системи управління (міні DCS) функції диспетчера можуть виконуватись комп'ютером через порт RS485.

Годинник реального часу Управління циклічними процесами часто вимагає автоматичної активації будь-яких дій в основному або додаткових процесах. Для вирішення цієї проблеми контролер AC30 оснащений годинником реального часу, який легко конфігурується для генерації до 56 подій на тиждень. Годинник оснащений незалежною батареєю, яка включається лише у разі відсутності живлення системи, це дозволяє конфігурувати безпечну логіку для “теплого” та “холодного” рестарту залежно від динаміки процесу.

2) Другий тип аналізованого контролера VIPA_100V

Застосування Контролери серії System 100V можуть бути використані в: машинах для фасування та пакування; верстатах різного призначення; машини для харчової промисловості; машини для легкої промисловості;

конвеєрах, підйомниках, ліфтах; насоси, компресори; системах сигналізації та охорони; системах обліку електроенергії.

Технічні характеристики

Кількість входів-виходів:
Дискретні до 160 I/O;
Аналогові до 24 I/O.
Великий набір модулів розширення.
Об'єм пам'яті: 16...32кБ
Тип пам'яті: RAM+FLASH
Розширення пам'яті MMC до 64 МБ
Час виконання операції:
з бітами 0,25 мкс,
зі словами 1,2 мкс.
Годинник реального часу
Таймери/Лічильники: 128/256;
Програмування:
WinPLCT від VIPA/STEP7 від Siemens. Функціональні блоки/функції/блоки даних: 1024/1024/2047.
Вбудовані канали:
високошвидкісні лічильники до 4 (32 біти/30 кГц);
входи обробки переривань до 4;
імпульсних виходів до 2 (50кГц).
аналогові потенціометри.
Інтерфейс: MP2I (MPI + PPI);
Підтримка мереж:Profibus-DP slave

System 100V - наймолодша (у всіх сенсах) сімейство ПЛК від VIPA, призначене для вирішення завдань управління та регулювання в системах автоматизації нижнього та середнього рівня складності. Завдяки своєму компактному дизайну та вдалому співвідношенню ціна/продуктивність контролери серії System 100V особливо добре підходять для додатків з невеликою кількістю точок вводу-виводу. Однак сумісність із SIMATIC S7-300 за набором інструкцій та розвинені комунікаційні можливості дозволяють використовувати їх і в досить складних завданнях, що потребують розподіленого управління, у тому числі у комбінації з іншими контролерами

фірми VIPA та третіх виробників. До складу сімейства входять кілька моделей контролерів з вбудованими каналами введення-виводу та за допомогою функцій формування сигналів переривання, швидких лічильників та імпульсних виходів.

Технічні характеристики

Контролер VIPA114-6BJ02
CPU 114-Micro-PLC,
DC 24 В,
8/16 кБ постійної/оперативної пам'яті,
MP21-інтерфейс,
ММС слот, годинник реального часу,
DI 8(12)xDC 24 В/DO 8(4)xDC 24 В, 1А
Ціна: 1800 грн.
VIPA231-1BD53
Модуль аналогових входів, AI 4x16Bit,
мультивходи: U/I/ термпара/термоопір,
канали не ізольовані між собою.
Ціна 1200 грн.
Модуль розширення, дискретні VIPA123-4EH01:
DISxDC 24 В/DO 8xDC 24В, 1А
Ціна 1210 грн.

VIPA пропонує широкий набір текстових та графічних операторських панелей, призначених для створення людино-машинного інтерфейсу: текстові дисплеї VIPA TD03; текстові операторські панелі VIPA OP 03; компактна система керування VIPA CC 03; графічні операторські панелі ESA (партнер VIPA в Італії).

Текстовий дисплей TD03 VIPA603-1TDOO Живлення DC 24V, 2x20 символний дисплей для роботи з VIPA CPU через MP2I інтерфейс, у комплекті кабель для зв'язку з PLC 2,5м та програмне забезпечення для параметризації TD-Wizard. Програмування за допомогою "Green Cable". Ціна 1100 грн.

Контролери VIPA_100V комплектуються безкоштовним програмним забезпеченням WinPA.7Lite

Для автоматизації технологічного процесу розливу чавуну найкращим варіантом буде Контролер Ascon AC10. Оскільки контролер VIPA 100 збирається з кількох блоків та інтерфейс людина-машина англійською мовою. У Ascon AC10 зручніше управління, зрозуміліше програмне забезпечення, великий набір підпрограм.

3.2. Вибір компенсації реактивної потужності.

Мікропроцесорний регулятор автоматичного коригування коефіцієнта потужності DCRK

- дозволяє точно керувати коефіцієнтом потужності системи та здійснює оптимальне використання конденсаторів;

- проводить оцінку величини струму на основі середньозважених значень навіть при спотвореннях форми кривої струму або за високого змісту гармонік;

- забезпечує збалансоване використання конденсаторних батарей за допомогою автоматичного регулювання кількості робочих циклів та часу приєднання кожного ступеня.

Контролери DCRJ мають такі додаткові можливості:

- контроль напруги по всіх трьох фазах

- 4-х розрядний індикатор

- Використання для мереж високої напруги

- контроль температури конденсаторної панелі Контактори з резисторами, що обмежують

- Забезпечують швидкий розряд конденсаторів та миттєве відключення конденсаторів від силового ланцюга при знятті живлення з котушок управління контакторів. Конденсаторна батарея низької напруги

Вимірювальні трансформатори струму Елементи захисту апаратури

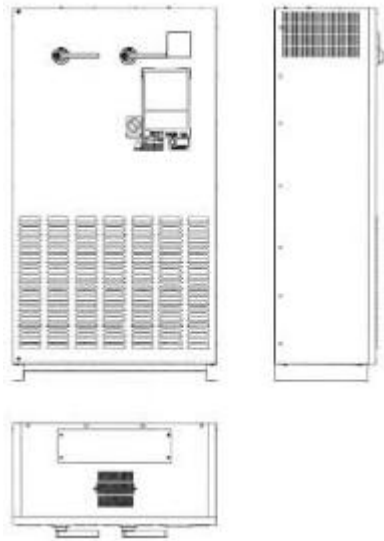


Рисунок 10 – Компенсатор реактивної потужності DUCATI 400-М.

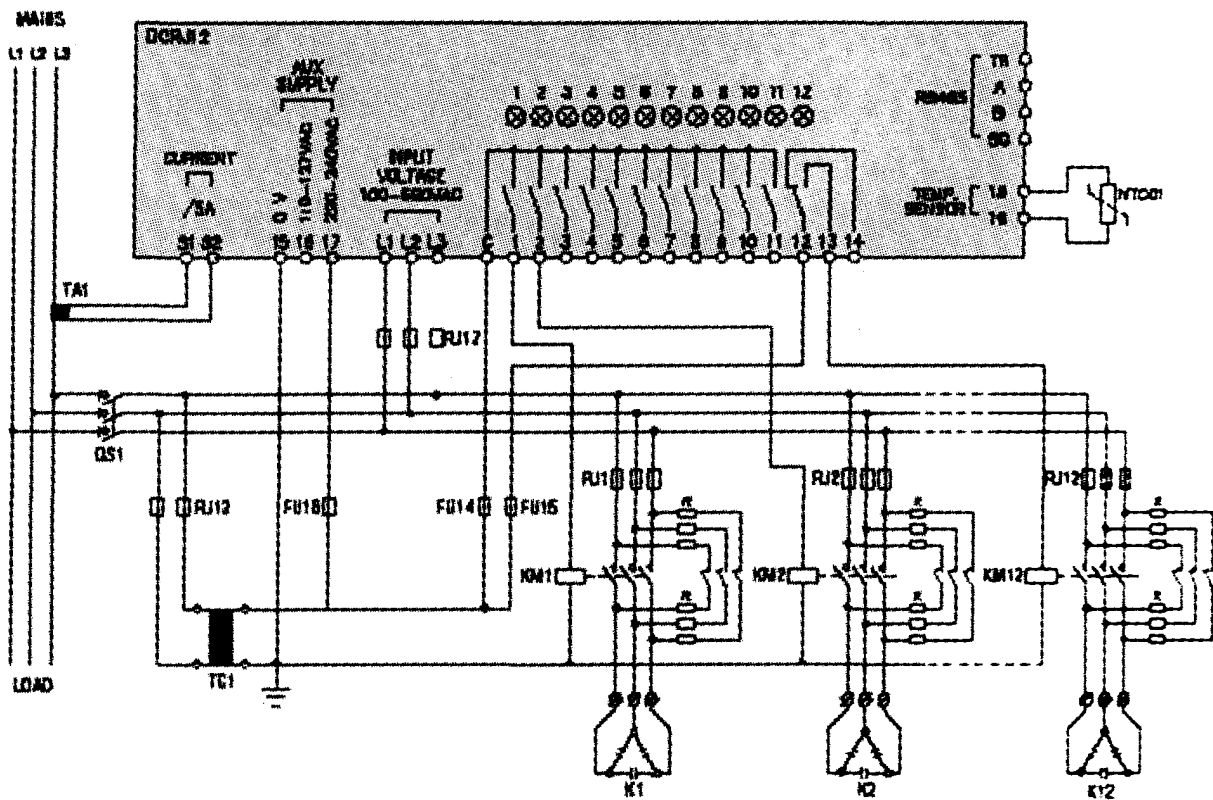


Рисунок 11 - Схема електрична принципова компенсатора реактивної потужності

Технічні дані

Діапазон потужностей: 220÷400 кВАр (415В – 450В – 525В)

Мережна напруга (робоча напруга): стандартна 230 400В (інша напруга на вимогу)

Номінальна частота: 50 Гц (60 Гц на вимогу)

Струм короткого замикання (1s): 8кА (за $Q_n \leq 280\text{кВАр}$) 24кА (за $Q_n \geq 300\text{кВАр}$) 80кА (зворотний потік обмежений запобіжником)

Висота: $\leq 2000\text{м}$ над рівнем моря

Відносна вологість: макс. 70% за 20 °С

Режим роботи: тривалий

Клас температури довкілля: 5 + 40 °С

Стандарти: CEI EN 61921

Електричні характеристики

Лінія енергоживлення: Трифазна + заземлення

Вхідний сигнал струму на реле: від СТ (трансформатора струму) на лінію .../5А

Вхідний сигнал напруги на реле: зчитується всередині

Механічна структура

Основа зроблена з білого оцинкованого сталевого листа товщиною 20/10; товщина складових внутрішніх модульних кріпильних пластин 12/10. Товщина підтримуючого кріплення 20/10 Монтується на підлозі Захистий чохол зроблений їх листової сталі, схильний до періодичного очищення та знежирення, а також фосфатуванню, пофарбований товстим 60 μm шаром епоксидного порошку. Колір RAL7035 Внутрішні складові доступні через дверцята, зблоковані з головним рубильником Примусова вентиляція за допомогою вентилятора (300 м³/h) розташованого у верхній частині пристрою Кабельне введення зверху з прямим під'єднанням до комутаційних терміналів до терміналів головного рубильника

Контактори сконструйовані для керуючих ємнісних навантажень, що включені поза трикутником, який утворюють елементи однофазного конденсатора, оснащені пристроєм обмеження пускового струму

Напруга на котушці 230В, 50-60Гц. Конденсатори Однофазні елементи типу MONO 16 416.43 з'єднані трикутником FLOPPYCAP416.30 для версії 230В)

Номінальна потужність 230-415В Захисні пристрої Кожна конденсаторна батарея оснащена розрядними пристроями, здатними знижувати залишкову напругу нижче 10% номінальної напруги протягом 30 секунд Реле регулювання потужності Тип REGO 5 100% суцільний контроль. Кожна вироблена автоматична система проходить такі тести та перевірки: Візуальний та розмірний контроль Перевірка механіки Випробування ізоляції, 3кВ в 1хв., між фазами та заземленням Перевірка електричної ефективності при 400В, з перевіркою повної ємності конденсаторів, вбудованих в автоматичну систему

DUCATI 400-M $U_n = 415\text{В}$ Мережева напруга 400В – 50Гц 3ф+земля Контролер компенсатора реактивної потужності. Контролер за допомогою комутаційних апаратів здійснює автоматичний вибір кількості секцій батареї конденсаторів, що комутуються, з метою підтримки заданої реактивної потужності або коефіцієнта потужності індукційної установки. Він забезпечує автоматичний та ручний режим керування до восьми секцій БК із заданим співвідношенням ємностей, наприклад 1:1:1:1:1:1:1, 1:1:2:2:2:2:2 або 1 :2:2:2:2:2:2. Кількість секцій може бути меншою. Контролер може змінювати задану величину та напрямок реактивної потужності у вузлі підключення печі індукційного нагріву. Отже, підтримується як нульова реактивна потужність, так і потужність із заданим індуктивним або ємнісним характером. При зміні навантаження печі індукційного нагріву контролер автоматично стабілізує заданий рівень та знак реактивної потужності шляхом ступінчастої комутації певної кількості секцій конденсаторної батареї. Структура контролера типу АРМ/ІІ є аналого-цифровою системою автоматичного регулювання з негативним зворотним зв'язком по реактивній

потужності печі індукційного нагріву. При відхиленнях та коливаннях реактивної потужності інтегральний регулятор контролера послідовно збільшує або зменшує ємність, підключену до індуктора таким чином, щоб реактивна потужність контрольованого вузла навантаження досягла близького до заданого значення. Структура контролера типу АРМ/ІІ є аналого-цифровою системою автоматичного регулювання з негативним зворотним зв'язком по реактивній потужності печі індукційного нагріву. При відхиленнях та коливаннях реактивної потужності інтегральний регулятор контролера послідовно збільшує або зменшує ємність, підключену до індуктора таким чином, щоб реактивна потужність контрольованого вузла навантаження досягла близького до заданого значення. Структура контролера типу АРМ/ІІ є аналого-цифровою системою автоматичного регулювання з негативним зворотним зв'язком по реактивній потужності печі індукційного нагріву. При відхиленнях та коливаннях реактивної потужності інтегральний регулятор контролера послідовно збільшує або зменшує ємність, підключену до індуктора таким чином, щоб реактивна потужність контрольованого вузла навантаження досягла близького до заданого значення.

Контролер складається з наступних основних модулів: датчиків струму та напруги (ДІ та ДН); дискримінатора реактивної потужності (ДРМ); суматора (С); компаратора (К); послідовного логічного пристрою (ПЛУ); електронних ключів (ЕК1 - ЕК8) та блоку живлення. Розглянемо його принцип дії. Вхідними сигналами є напруга та струм первинної або вторинної обмотки силового трансформатора печі індукційного нагріву.

Напруга до дводіпазонного ДН може подаватися з вимірювального трансформатора напруги TV1 (U100V) або вторинної обмотки пічного трансформатора T1 (U600V). Струм до ДТ подається від вторинної обмотки вимірювального трансформатора струму ТА1 або ТА2 (I5AX та I5AY), включених у ланцюг первинної або вторинної обмоток силового трансформатора T1 зі стандартним виходом 5 А. У датчиках сигнали

гальванічно ізолюються та нормалізуються для правильного функціонування системи.

На основі інформації про струм та напругу в ДРМ утворюється сигнал, пропорційний реактивній потужності, зі знаком, що визначає характер навантаження: індуктивний або ємнісний. Далі цей сигнал надходить у суматор, який здійснює вибір уставки регулювання реактивної потужності: повна компенсація реактивної потужності - уставка дорівнює нулю, тобто регулятор повинен забезпечити нульову реактивну потужність в контрольованому вузлі; часткова компенсація реактивної потужності - уставка реактивної потужності варіюється в межах від -60 до +60% номінального значення повної вимірювальної потужності $SHOM.I3.$, що визначається як добуток номінального вимірювального струму $IНОМ.I3.$

Сигнал з виходу суматора надходить на компаратор, у якому порівнюється із шириною зони нечутливості. При виході сигналу за верхню межу зони нечутливості компаратор формує команду відключення секцій силових конденсаторів, а при виході сигналу нижню межу — команду включення секцій конденсаторів. Послідовний логічний пристрій здійснює розподіл команд управління по восьми каналах із затримкою часу від 5 до 90 с. При цьому в залежності від команди ємність, що комутується, або нарощується, або знижується. Якщо команди відсутні, ємність не змінюється. Електронні комутатори реалізують перетворення потенційних команд управління, що надходять із вихідних каналів ПЛУ. Комутатори безпосередньо керують потужними проміжними реле, контакти яких включені в ланцюг котушок силових контакторів секцій, що комутують, конденсаторних батарей. Аналого-цифрова система управління реалізована на сучасній мікроелектронній основі із застосуванням мікроконтролера.

На пульті АРМ/ІІ є світлодіодний цифровий дисплей, який служить для відображення режиму роботи, уставок, значення вимірюваної реактивної потужності, коефіцієнта потужності, струму, напруги, часу відпрацювання ступеня та ін. Спрацювання проміжних реле супроводжується світловою

індикацією на дисплеї контролера. Контролером можна управляти з дистанційного пульта керування (ДПУ).

4. Опис алгоритмів керування

При запуску контролера визначається обсяг розплаву необхідного для заливки у форму. Розливний пристрій (дозатор) стає у вихідне положення ківш розташовується над піччю.

Після нагрівання металу до заданої температури (нагрів вимірюється пірометричним датчиком рівень розплаву контролер обчислює на який рівень повинен опуститися ківш щоб набрати задану порцію металу. Контролер дає сигнал на запуск двигуна опускання ковша. Після того як ківш опустився включається двигун повороту ковша і набирається розплав задонної порції необхідної для наповнення однієї форми, потім ківш виводиться у положення переміщення дозатора.

Положення ковша контролюється кінцевим датчиком. Потім контролер дає сигнал на переміщення дозатора по монорейці до конвеєра та запускається двигун переміщення дозатора. Переміщення дозатора контролюється кінцевим вимикачем. Після встановлення дозатора над формою контролер дає команду для опускання ковша до форми та запускається двигун опускання ковша. Кінцеве положення ковша над формою визначається кінцевим вимикачем, який розташований на рейці ходу ковша. Потім контролер дає команду заточки розплаву у форму. Порцію заточки у форму контролює тензометричний датчик, який визначає норму заточки розплаву.

У зв'язку з тим, що форми можуть мати різну вагу, регулювання ваги розплаву у формі відбувається наступним способом. Після того як форма транспортером переміщається на ваговий майданчик, вона зважується і маса її заноситься в контролер. Заливка розплаву у форму провадиться з урахуванням маси форми.

Після заливки розплаву у форму контролер дає команду двигуну встановити ківш набраний стан, яке контролюється кінцевим датчиком. Потім контролер дає команду для підняття ковша для транспортування печі. Положення контролюється кінцевим датчиком.

Далі переміщається дозатор до печі та стає у вихідне положення.

Загальний вигляд алгоритму зображено на рисунку 12

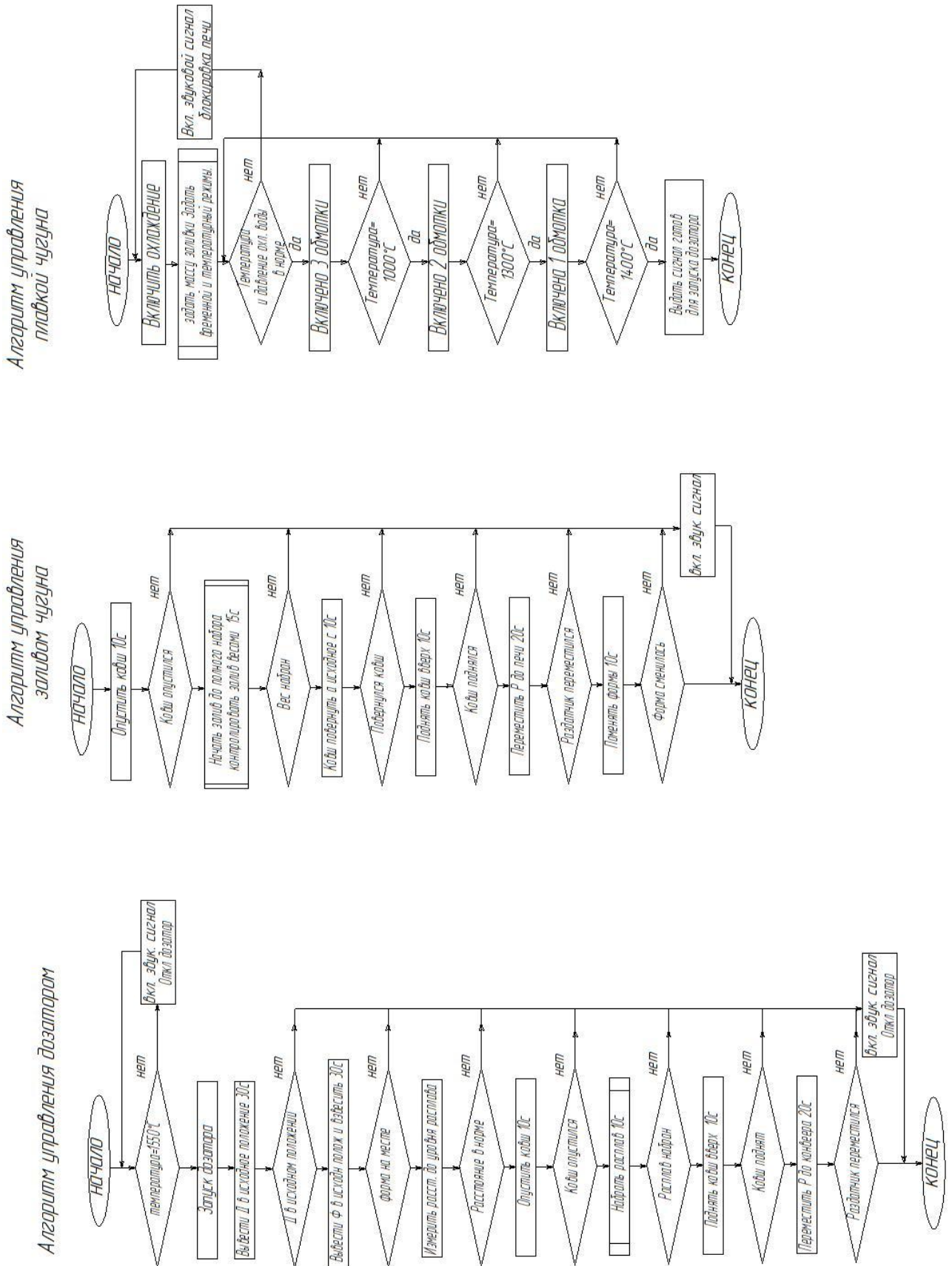


Рисунок 12 – загальний вигляд алгоритмів у вигляді блок-схеми.

5.Розрахункова частина.

5.1 Опис вихідної схеми автоматичного регулювання

Оскільки об'єкт регулювання є елементом або ланкою АСР, то властивості АСР залежать передусім властивостей об'єкта регулювання. Тому для створення працездатної АСР, що забезпечує необхідну якість регулювання, необхідно насамперед знати властивості об'єкта регулювання (статичні та динамічні).

Необхідним параметром процесу плавлення металу є підтримання температури індукційних котушок печі у певному діапазоні температур. Так як при зниженні температури обмотки нижче температури приміщення на індукційних котушках можливе скупчення конденсату, і можливе замикання струмовідних частин, що не допустимо, а при підвищенні температури котушок вище за допустиму можливий перегрів і термічне пошкодження ізоляції. Для контролю температури котушок встановлені датчики температури холодоносія (води) на виході трубопроводу з печі, а пристрій управління, за допомогою зміни швидкості обертання двигуна водяного насоса, у разі виходу показання температури води за межі норми, буде змінювати тиск води, і коригувати температуру обмоток печі. Схема управління водяного насоса малюнку 13.

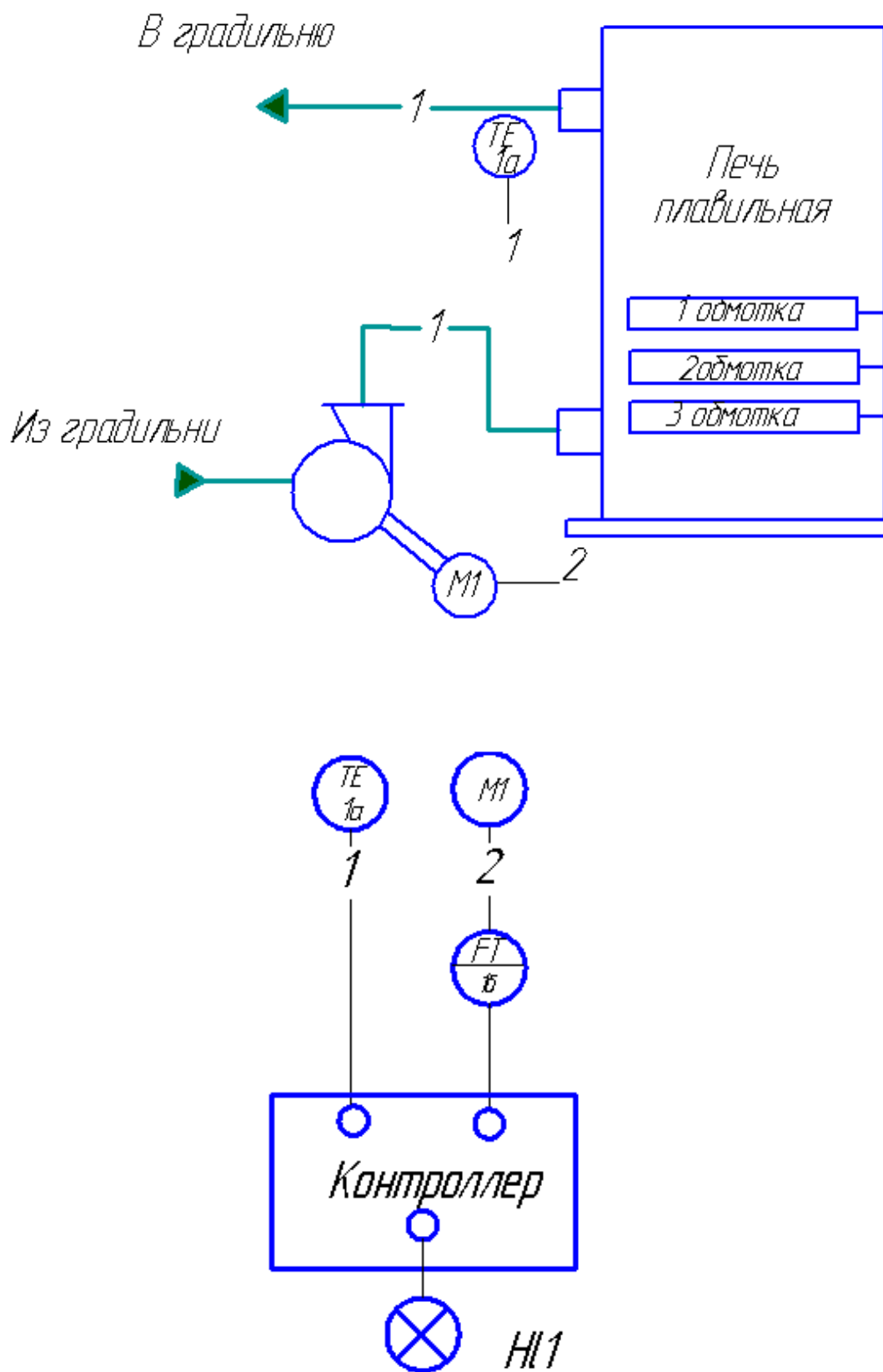


Рисунок 13 – Схема керування охолодженням індукційних котушок.

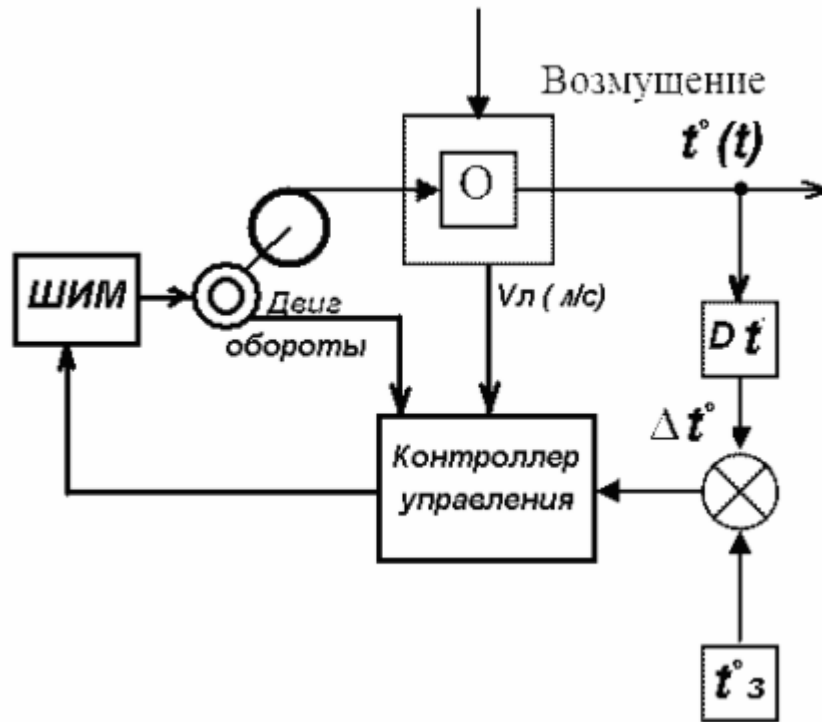


Рисунок 14 – Схема системи управління дозуванням.

Температур задається пристроєм на вході регулятора задатчиком $t^{\circ}з$. Сигнал з термодатчика порівнюється із заданою температурою і видається пристроєм, що порівнює на контролер управління. Керуючий сигнал з контролера, який видається на перетворювач ШІМ, обчислюється виходячи із співвідношення:

$$t^{\circ}(t) = \rho * V(t), \quad (1),$$

де: ρ -щільність води; $V(t)$ - зміна обсягу пропущеної води у часі;

Діаграми для розрахунку насосів та моторів

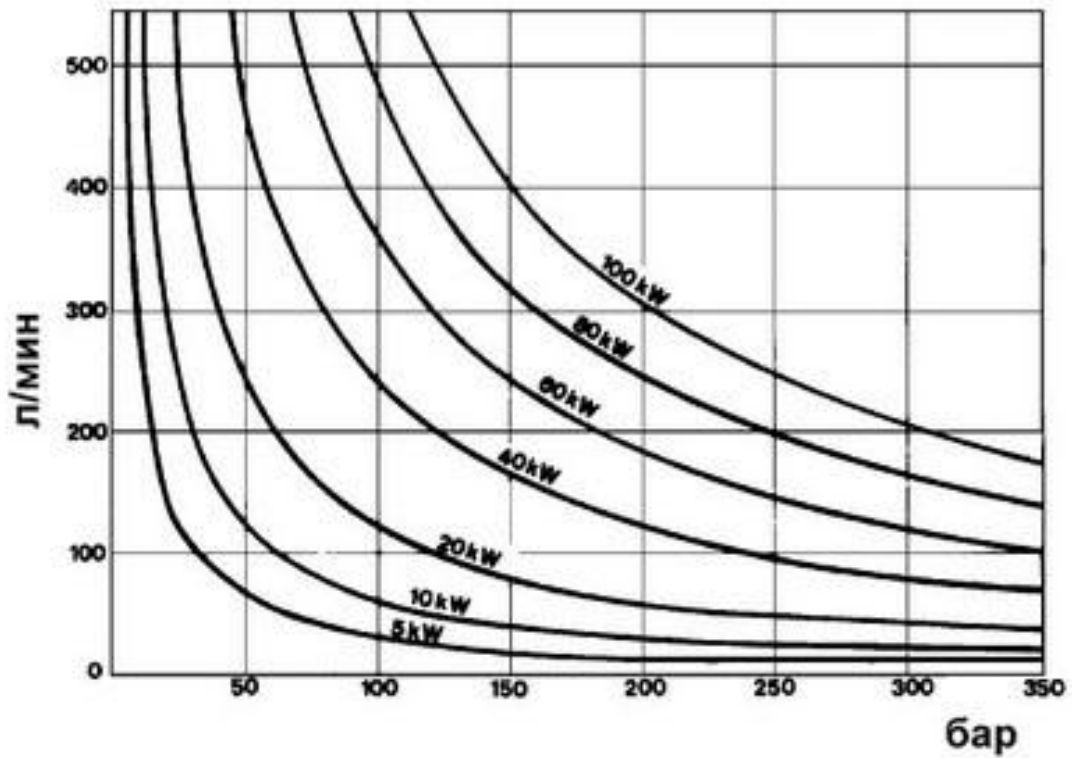


Рисунок 15 – Залежність потужності насоса або двигуна від тиску та витрати рідини

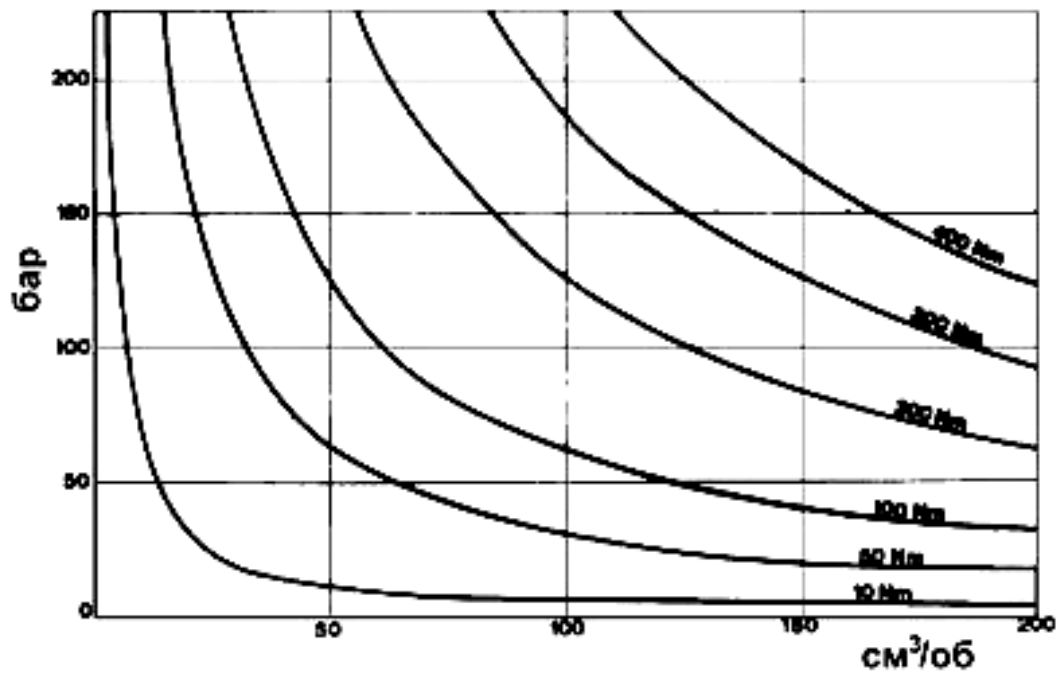
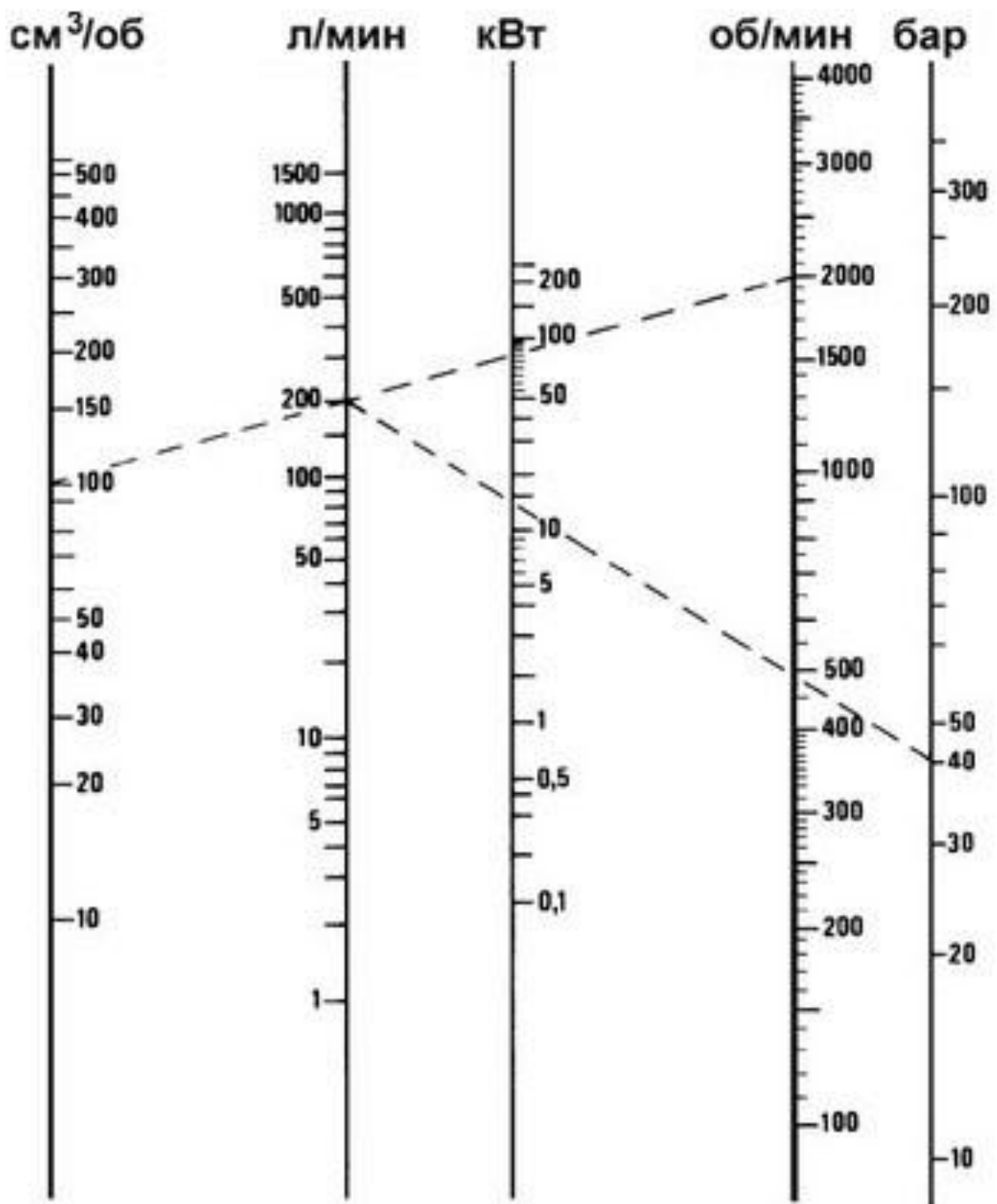


Рисунок 16 – Залежність крутного моменту від тиску та об'єму рідини, що перекачується.



Малюнок 17 –Діаграма для розрахунку насоса:

5.2 Розрахунок параметрів та характеристик трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

Вибираємо по довіднику асинхронний двигун із короткозамкненим ротором 4А90L2У3 потужністю 3 КВт.

Таблиця 4 – Параметри вибраного двигуна.

Р _{2н} , КВт	п, про/хв	І _{ст} , А при 380В	η, %	cosφ	λ	λ _п	α	J _н ·м ²
3	2840	6,1	84,5	0,88	2,5	2,1	6,5	0,141

Для розрахунку двигуна використовуємо математичний пакет МАТКАД.

Введемо нові позначення для подальших розрахунків:

$$P := 3 \quad n := 2840$$

$$I := 6.1 \quad \eta := 0.845$$

$$\cos \phi := 0.88 \quad \lambda := 2.5$$

$$U := 380 \quad \lambda_p := 2.1$$

$$\alpha := 6.5 \quad J := 0.141$$

Визначимо активну потужність P_{1н}, що споживається двигуном з мережі:

$$P_{1n} := \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \quad P_{1n} = 3533.107$$

Визначимо повну потужність S_н, ВА за формулою:

$$S := \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad S = 4014.89377$$

ККД асинхронного двигуна:

$$\eta := \frac{P}{P_{1n}} \quad \eta = 0.8491 \quad \text{èèè 84,9\%}$$

Реактивна потужність:

$$Q := \sqrt{S^2 - P^2} \quad Q = 4014.89222 \text{ А} \cdot \text{В}$$

Визначимо пусковий струм двигуна I_p , А за формулою:

$$I_p = \alpha I_n$$

де: α - кратність пускового струму;

$$I_p := \alpha \cdot I_n \quad I_p = 39.65 \text{ А}$$

Номинальний момент M_n , Нм визначаємо з виразу:

$$P_n = \omega_n M_n$$

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}$$

де: ω_n - кутова частота обертання валу ротора, с⁻¹;

$$\omega_n := 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \quad \omega_n = 297.4041 \text{ с}^{-1}$$

$$M_n := \frac{P \cdot 1000}{\omega_n} \quad M_n = 10.0873 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Кількість пар полюсів p , визначаємо з виразу:

$$p := \frac{60 \cdot 50}{n_0} \quad p = 1$$

Визначаємо номінальне ковзання S_n :

$$S_n := \frac{n_0 - n}{n_0} \quad S_n = 0.053$$

Для визначення моментів використовуємо такі вирази:

для критичного (максимального) моменту M_{\max} , Н·м:

$$\frac{M_{\max}}{M_n} = \lambda$$

$$M_{\max} = M_n \lambda$$

де: λ - перевантажувальна здатність;

$$M_{\max} := M_n \cdot \lambda \quad M_{\max} = 25.218 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

для пускового M_p , Н·м:

$$\frac{M_n}{M_H} = \cos \varphi$$

$$M_p := \lambda_p \cdot M_n \quad M_p = 21.183 \text{ í} \cdot \text{í}$$

Для підвищення $\cos \varphi$ магістралі, що живить двигун, необхідно включити батарею конденсаторів паралельно до кожної фази. Ємність батареї $C, \text{ мкФ}$ можна визначити із трикутника потужностей за формулою:

$$C = \frac{Q_c \times 10^2 \times 10^5}{U_{\phi}^2 \omega}, \text{ мкФ}$$

де: Q_c - необхідна реактивна потужність конденсаторної батареї, Вар;

$$Q_c = P_1 (\operatorname{tg} \varphi_n - \operatorname{tg} \varphi_{\text{норм.}})$$

де: $\operatorname{tg} \varphi_n$ – визначається при $\cos \varphi_n$, тобто. через значення кута без увімкнення

конденсаторів;

$\operatorname{tg} \varphi_{\text{норм}}$ - визначається при заданому $\cos \varphi_{\text{норм}}$, тобто. через значення кута $\varphi_{\text{норм}}$ при включеній батареї конденсаторів.

Спочатку цього знайдемо φ_n та $\varphi_{\text{норм}}$:

$$\varphi_n := \arccos(0.88) \quad \varphi_n = 0.495$$

$$\varphi_{\text{норм}} := \arccos(0.52) \quad \varphi_{\text{норм}} = 1.024$$

Звідси:

$$Q_s := P_1 n |\tan(\varphi_n) - \tan(\varphi_{\text{норм}})| \quad Q_s = 3.897 \text{ Â} \hat{\text{a}} \hat{\text{d}}$$

$$C := \frac{Q_s \cdot 100 \cdot 10^5}{220^2 \cdot 314} \quad C = 2.564 \text{ í} \hat{\text{e}} \hat{\text{O}}$$

Для побудови залежності $M(S)$ визначаємо ряд значень M за такою формулою:

$$M = \frac{2 \times M_{\text{max}}}{\frac{S}{S_{\text{кр}}} + \frac{S_{\text{кр}}}{S}}$$

де: $S_{\text{кр}}$ - критичне ковзання;

Значення S наведено вище, а критичне ковзання $S_{\text{кр}}$ визначаємо за формулою:

$$S_{kr} := S_n \cdot \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right)$$

$$S_{kr} = 0.256$$

Побудуємо механічну характеристику двигуна.

Таблиця 5 – Параметри механічної характеристики.

S	0	0,053	0,256	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
n	3000	2841	2232	2700	2400	210	1,800	1500	1200	900	600	300	0
M	0	8,41	21,18	14.36	20.55	20.9	19.23	17.2	15.3	13.7	12.3	11.2	10.2

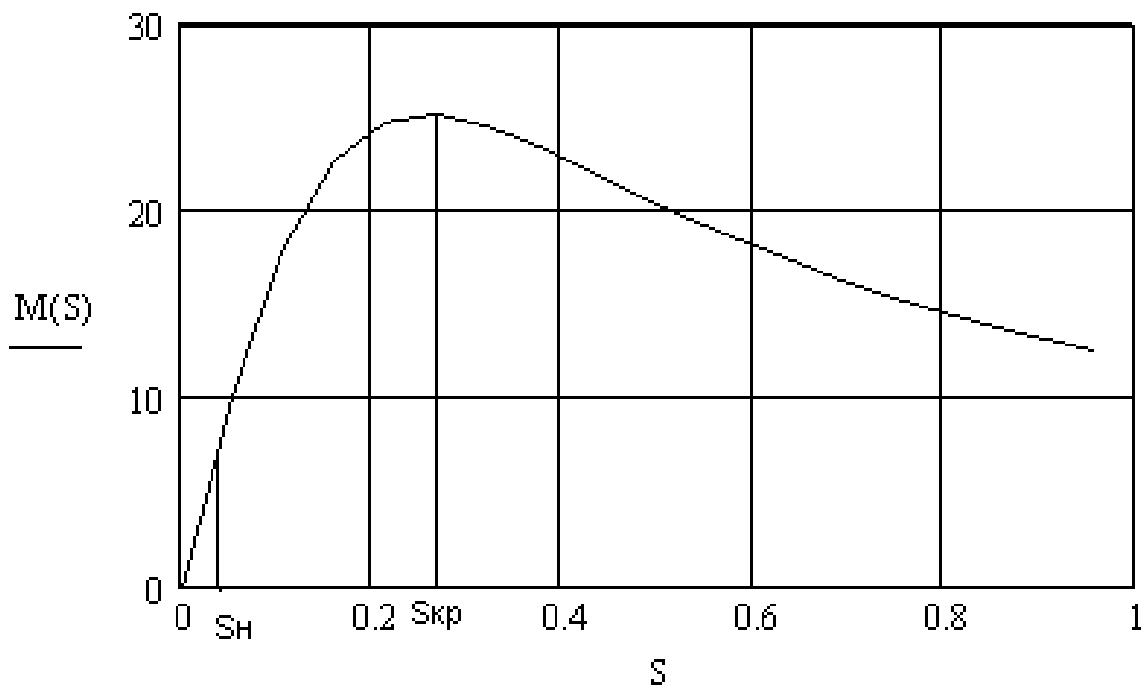


Рисунок 18 – Механічна характеристика двигуна.

Визначимо електромеханічну постійну часу T_m , за формулою:

$$T_m = J \frac{\Omega_x}{M_n}$$

де: J - момент інерції ротора, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

Ω_x – номінальна кутова швидкість, с^{-1} .

$$T_m := 298.2 \frac{\text{J}}{\text{M}_n} \quad T_m = 4.168 \quad \text{ñ} \hat{e}$$

Кутова швидкість у будь-який момент часу Ω , с^{-1} визначається формулою:

$$\Omega = \Omega_x(1 - e^{-\frac{M_{\Omega}t}{J\Omega_x}})$$

$$\Omega(t) := 298.2 \left(1 - e^{-\frac{t}{4.168}} \right)$$

Час розгону визначається як сума 4Тм, збудуємо графік розгону двигуна від 0 до 4Тм.

$$P_i := 2.2$$

$$f := 50$$

$$n := 2780$$

$$n_{\text{н\i\o\j}} := 3000$$

$$\cos \phi := 0.89$$

$$\eta := 0.84$$

$$K_{\text{max}} := 2.2$$

$$K_i := 1.6$$

$$\cos \phi_{\text{н\i\o\j}} := 0.52$$

$$K := 0.7$$

$$K_i := 5.5$$

Рисунок 7 – Графік розгону двигуна.

5.3 Побудова математичної моделі об'єкта

5.3.1 Методи математичного опису об'єктів управління

Для побудови високоефективної системи управління необхідно мати опис об'єкта управління як математичної моделі.

Для опису об'єктів управління, у яких відсутня залежність змінних стану, управління від просторових координат (лінійні багатовимірні системи із зосередженими параметрами), використовуються системи лінійних звичайних диференціальних рівнянь або відповідні зображення Лапласу. Розглянемо багатовимірну лінійну систему з m управліннями, l збуреннями та k входами. Модель лінійної системи із зосередженими параметрами у часовій області:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) + Df(t) & x(0) &= x_0 \\ y(t) &= Cx(t) \end{aligned}$$

де $x(t)$ – вектор стану системи, $x \in R^n$;

$u(t)$ – вектор управлінь (входів), $u \in R^m$;

$y(t)$ – вектор виходів, $y \in R^k$;

$f(t)$ – вектор обурень, $f \in R^l$;

A – матриця розмірності $n \times n$;

B – матриця розмірності $n \times m$;

D – матриця розмірності $n \times l$;

C – матриця розмірності $k \times n$.

Застосовуючи перетворення Лапласа до системи, отримаємо еквівалентну модель у комплексній галузі:

$$\begin{aligned} y(s) &= C\Phi(s)x_0 + C\Phi(s)Bu(s) + C\Phi(s)Df(s) \quad \text{или} \\ y(s) &= W_{y_0}(s)x_0 + W_{yu}(s)u(s) + W_{yf}(s)f(s) \end{aligned}$$

Частотне чи тимчасове уявлення вибираються з міркувань зручності, оскільки у разі постійних матриць A , B , C і D вони еквівалентні.

Для побудови подібних моделей можна використовувати два шляхи: застосовувати фундаментальні фізичні співвідношення у вигляді законів збереження речовини, енергії або відновлювати параметри моделей за емпіричними даними, причому другий шлях найчастіше застосовується на практиці.

5.3.2 Експериментальні дані

Для побудови математичної моделі об'єкта управління використовувався метод відновлення параметрів моделі за емпіричними даними. Для цього за допомогою лабораторної установки було отримано експериментальні дані для дослідження об'єкта управління та побудови його математичної моделі. Результати зняття експериментального перехідного процесу наведено в Додатку Б. Отримані дані були апроксимовані серед наукових досліджень MatLab. В результаті вийшов графік перехідного процесу, представлений малюнку 2.1.

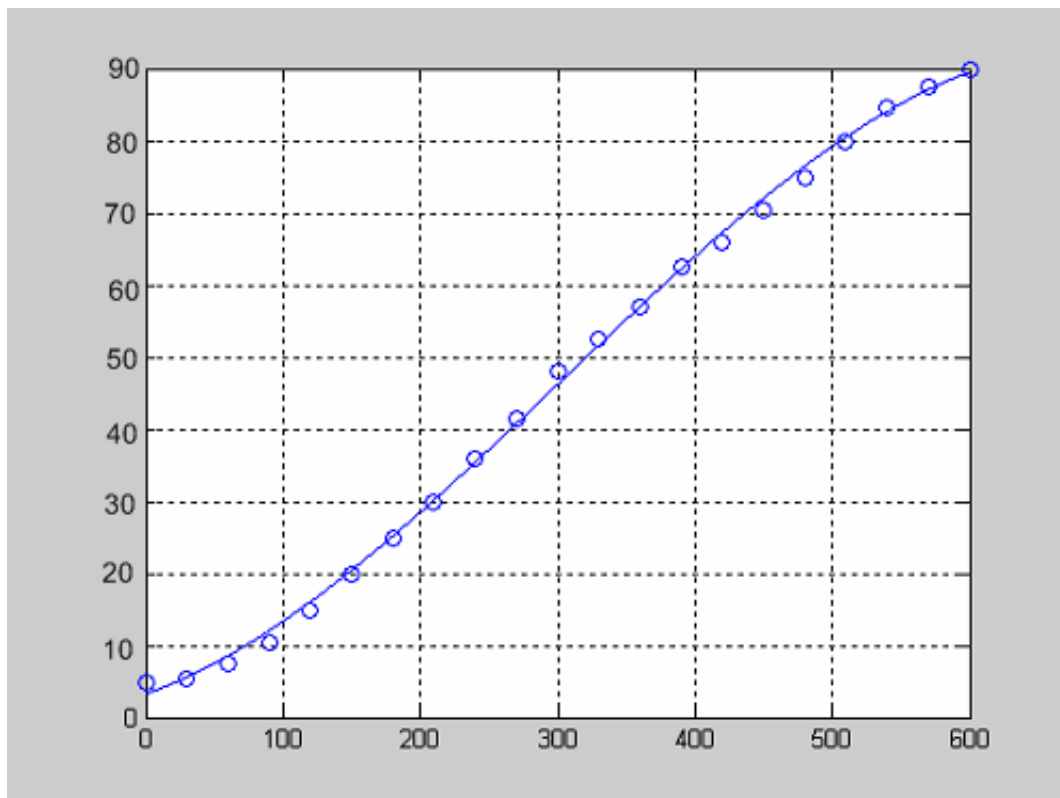


Рисунок 19– Експериментальний перехідний процес

На малюнку 2.1 по осі ординат відкладено температуру в °С, а по осі абсцис – час у секундах. При цьому на самому графіку кружечками позначено безпосередньо експериментальні точки, визначені в дискретні моменти часу.

Нормований перехідний процес представлений малюнку 2.2.

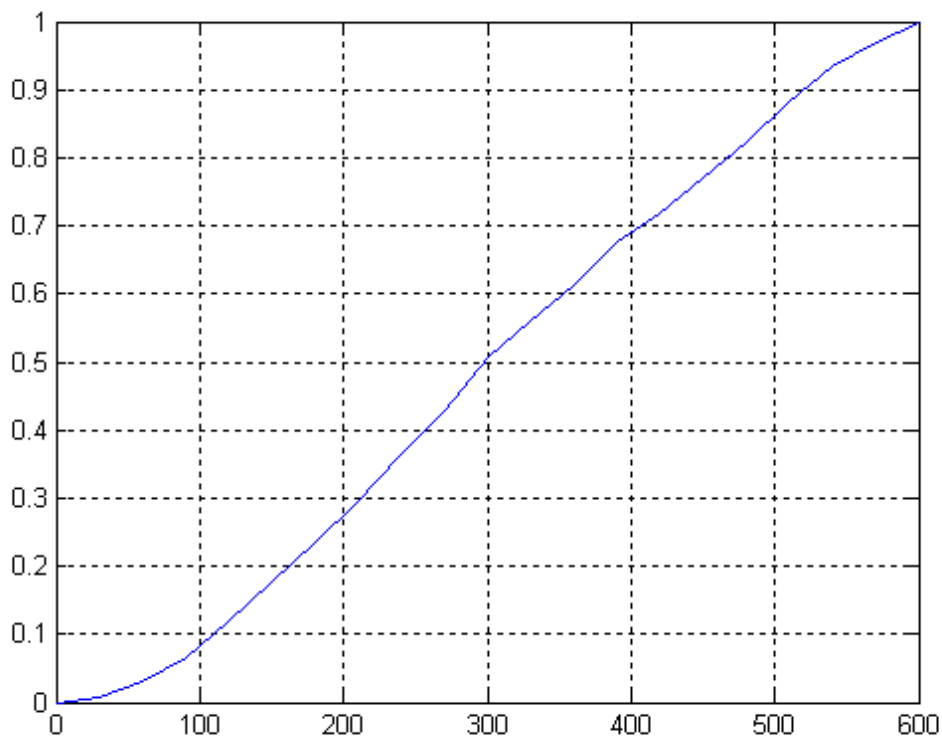


Рисунок 20– Нормований перехідний процес

Структура апроксимуючого виразу для передавальної функції об'єкта може бути обрана у загальному випадку у вигляді:

$$W_0(s) = \frac{K_0 e^{-s\tau}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)^q}$$

Коефіцієнт посилення об'єкта управління K можна знайти за графіком перехідного процесу. Постійні часу передавальної функції можуть бути знайдені методом площ, геометричним та методом Ротача.

5.3.3 Знаходження коефіцієнта посилення

Коефіцієнт посилення може бути визначений з наступного співвідношення:

$y_{\infty}(t) = k \cdot c$, где $c = 0.175(\text{мА})$, а $y_{\infty}(t)$ – установившееся значение выхода (температуры)

Звідси отримуємо, що $k = \frac{90}{0.175} = 514.3 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{мА}}$.

5.3.4 Побудова математичної моделі ланки першого порядку геометричним методом

Ланка першого порядку із запізненням має такий вигляд:

$$W(s) = \frac{K e^{-s\tau}}{T s + 1}$$

Для визначення величини запізнення та постійного часу звернемося до графіка перехідного процесу (рисунок 2.1). Для перебування постійної часу необхідно провести пряму до перетину з графіком процесу паралельно осі абсцис лише на рівні $0.63kc$ (див. малюнок 2.3).

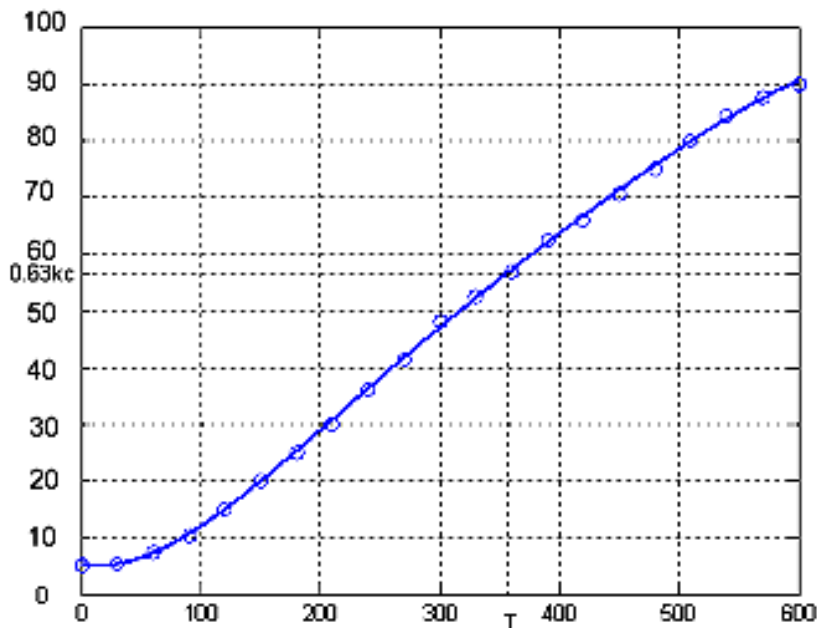


Рисунок 21 – Визначення постійного часу за перехідним процесом

Постійна часу $T = 360.53(c)$. $T_1 = T - \tau$, где $\tau = 30c \Rightarrow T_1 = 330.53c$. Побудуємо перехідний процес для такої ланки і подивимося, наскільки вона збігається з експериментальною.

Схема моделі MatLab представлена малюнку 2.4.

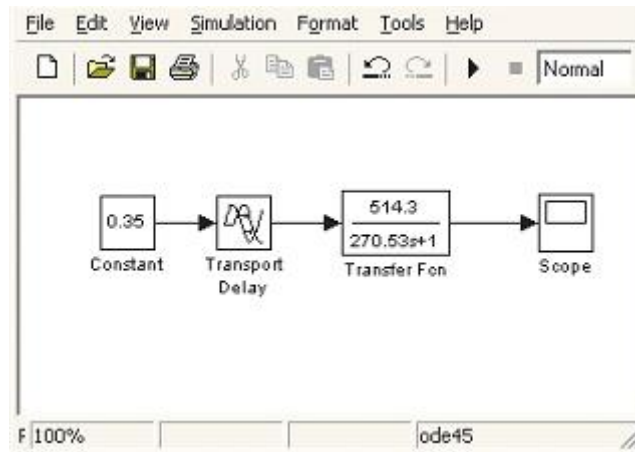


Рисунок 22 – Схема моделі

Отриманий перехідний процес представлений малюнку 2.5.

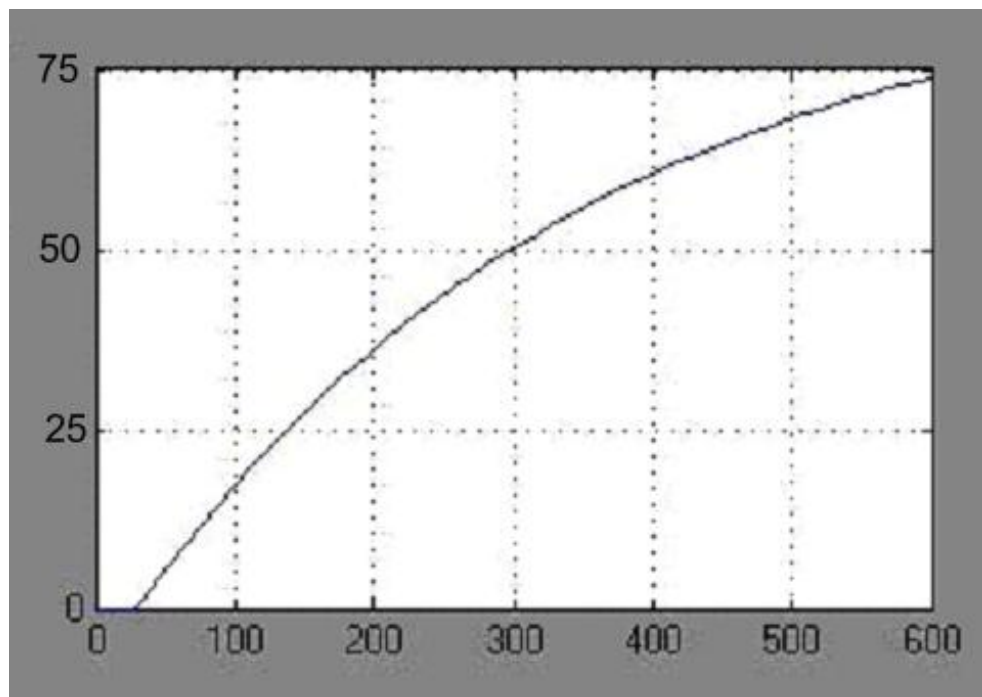


Рисунок 23 – Перехідний процес, отриманий за передатною функцією $W_0(s)$

Таким чином, передавальна функція об'єкта в даному випадку має такий вигляд:

$$W(s) = \frac{514.3 e^{-30s}}{330.53s + 1}$$

5.3.5 Побудова моделі ланки другого порядку шляхом площ

При $q=1$ та $\xi=0$ отримуємо об'єкт другого порядку. Розрахуємо постійні часу T_1 та T_2 за допомогою методу площ:

$$W_o(s) = \frac{K_o}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$$

Для визначення параметрів передавальної функції методом площ необхідно побудувати графіки функцій:

$$1) \delta(t) = 1 - h(t);$$

$$2) \delta_2(t) = t \cdot \delta(t).$$

Тоді можна визначити площі під графіками даних функцій (S_1 та S_2 відповідно). Результати обчислень представлені нижче.

$$S_1 = 309.8824$$

$$S_2 = 5.9162e+004$$

Графіки даних функцій наведено на рисунках 2.6 та 2.7 відповідно.

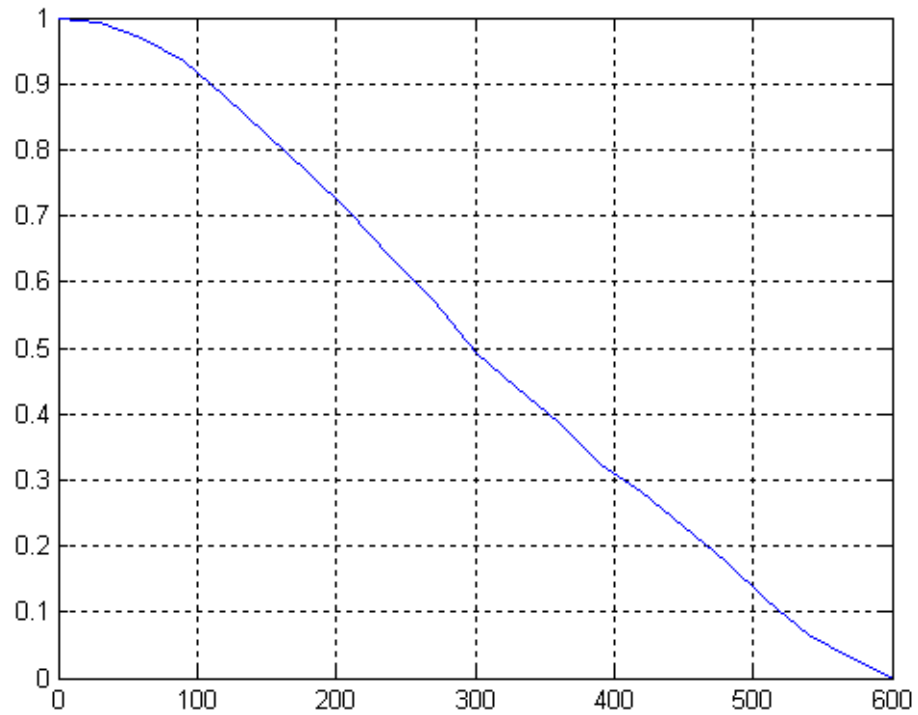


Рисунок 24– Графік функції $\delta(t)$

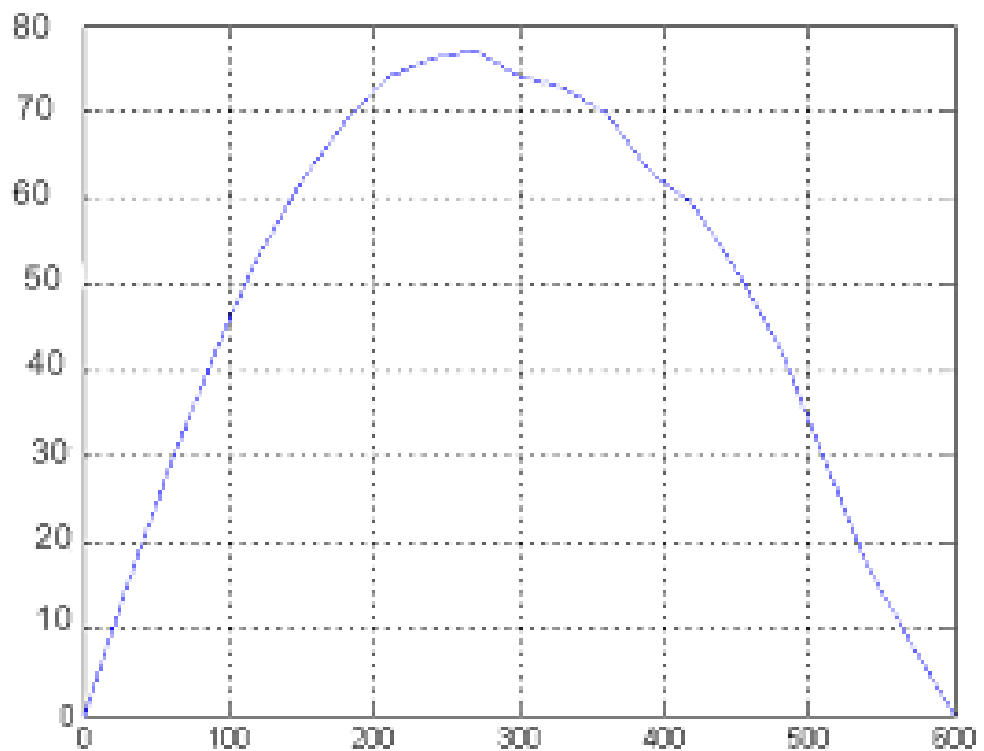


Рисунок 25 – Графік функції $\delta_2(t)$

Тепер потрібно перевірити співвідношення $\frac{s_2}{s_1^2}$. Якщо $(s_2/s_1^2) < 0.75$, то метод площ застосовувати не можна, необхідно використовувати метод грубих

площ. У нашому випадку $\frac{s_2}{s_1^2} = 0.6161$ (Повний листинг m-файлу наведено в додатку В). Отже, застосуємо спосіб грубих площ.

Для цього необхідно знайти точку перегину графіка перехідного процесу. Крапка перегину має координати: $t = 90$ с, $y(t_p) = 0.09$.

Беремо точку t правіше точки перегину ($t > t_p$) скористаємося формулою:

$$T1 = \varepsilon(t)^{-1} \int_t^{\infty} \varepsilon(\tau) d\tau, \text{ де}$$

$\ln = \int_t^{\infty} \varepsilon(\tau) d\tau$, площа кривої після точки перегину (межі інтегрування: від $90(t_p)$ до $600(\square)$), причому, $\varepsilon(\tau) = k \cdot \square(t)$, де $\square(t) = 1 - h(t)$, отже:

$$T1 = \frac{1}{k \cdot \delta(t_p)} \cdot \ln$$

Таким чином, реалізуючи цей алгоритм, отримуємо наступні результати:

$$T1 = 237.2624$$

$$T2 = 72.6200$$

Transfer function:

$$514.3$$

$$1.723e004 s^2 + 309.9 s + 1$$

Графік перехідного процесу для такої ланки представлений на малюнку 2.8

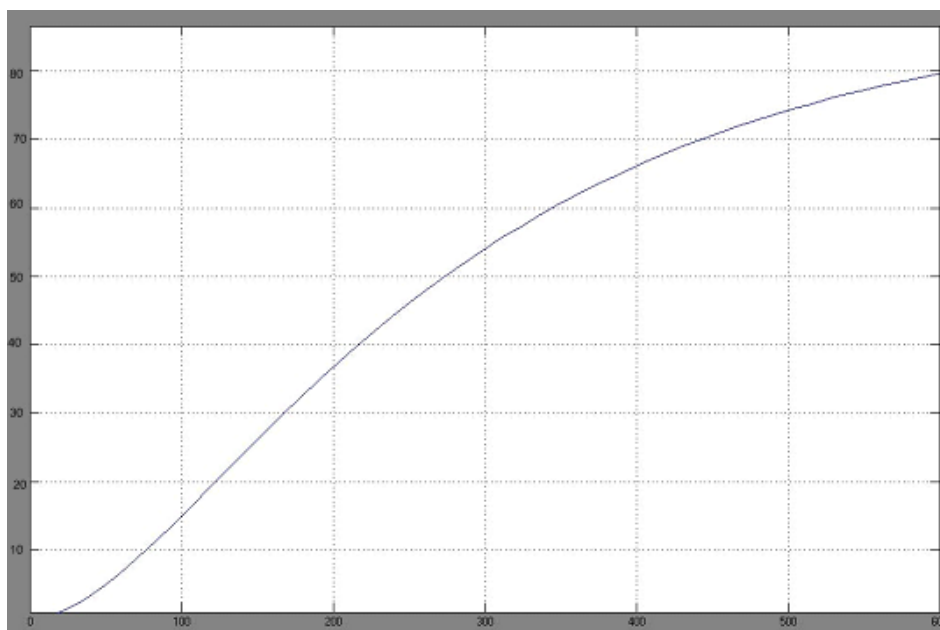


Рисунок 26 – Графік перехідного процесу для ланки другого порядку, розрахованого за допомогою методу площ

5.3.6 Побудова математичної моделі ланки другого порядку шляхом

Ротача

Проведемо в точці перегину дотичну для визначення інтервалу часу T_0 , укладеного між точками перетину цієї дотичної осі абсцис і лінії значення h_∞ перехідної характеристики:

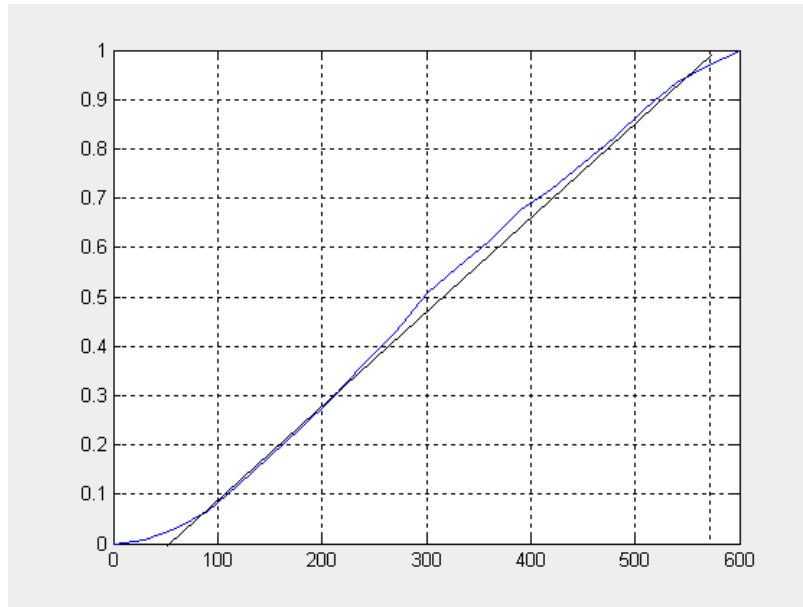


Рисунок 27 – Нормований перехідний процес

Таким чином, запишемо величини, що є вхідними даними:

$$T_0=526 \quad t_{п}=90, \quad y(t_{п})=0,09.$$

$$\text{Введемо позначення: } b = \frac{y(t_{п})}{y_{\infty}} = 0,09$$

Так як $0,265 > b$, то можлива апроксимація інерційною ланкою другого порядку без запізнення (тобто $q=1$, $\tau=0$), отже, отримуємо таку модель:

$$W_0(s) = \frac{K_0}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)}$$

$$T0 := 526 \quad y_p := 0.09 \quad tp := 90$$

$$k := 1 \quad v := 0.01 \quad y0 := 0$$

$$b := \frac{y_p}{k} \quad b = 0.09$$

$$f(v) := \frac{v \cdot \ln(v)}{v - 1}$$

Given

$$b - 1 + (1 + v) \cdot e^{-f(v)} = 0$$

$$Q := \text{Find}(v) \quad Q = 0.04$$

$$T1 := T0 \cdot e^{-f(Q)} \quad T1 = 460.424$$

$$tpp := T1 \cdot f(Q) \quad tpp = 61.307$$

$$T2 := Q \cdot T1 \quad T2 = 18.236$$

$$\frac{tp - tpp}{tp} \cdot 100 = 31.881 \quad T1 \cdot T2 = 8.396 \times 10^3$$

$$T1 + T2 = 478.66$$

$$W(s) := \frac{k}{(T1 \cdot s + 1) \cdot (T2 \cdot s + 1)}$$

$$h(t) := k \cdot \left(1 - \frac{T1 \cdot e^{-\frac{t}{T1}}}{T1 - T2} + \frac{T2 \cdot e^{-\frac{t}{T2}}}{T1 - T2} \right)$$

Таким чином, запишемо модель ланки другого порядку без запізнення:

$$W(S) = \frac{k}{T1T2S^2 + (T1+T2)S + 1} \text{ або } W(S) = \frac{515}{8.396 \cdot 10^3 S^2 + 478.66S + 1}$$

Тепер збудуємо перехідний процес для даної передавальної функції.

$$w = \text{tf}([514.3], [8396 \ 478.66 \ 1]);$$

$$\text{step}(w, 600)$$

grid on

Результат представлений малюнку 28.

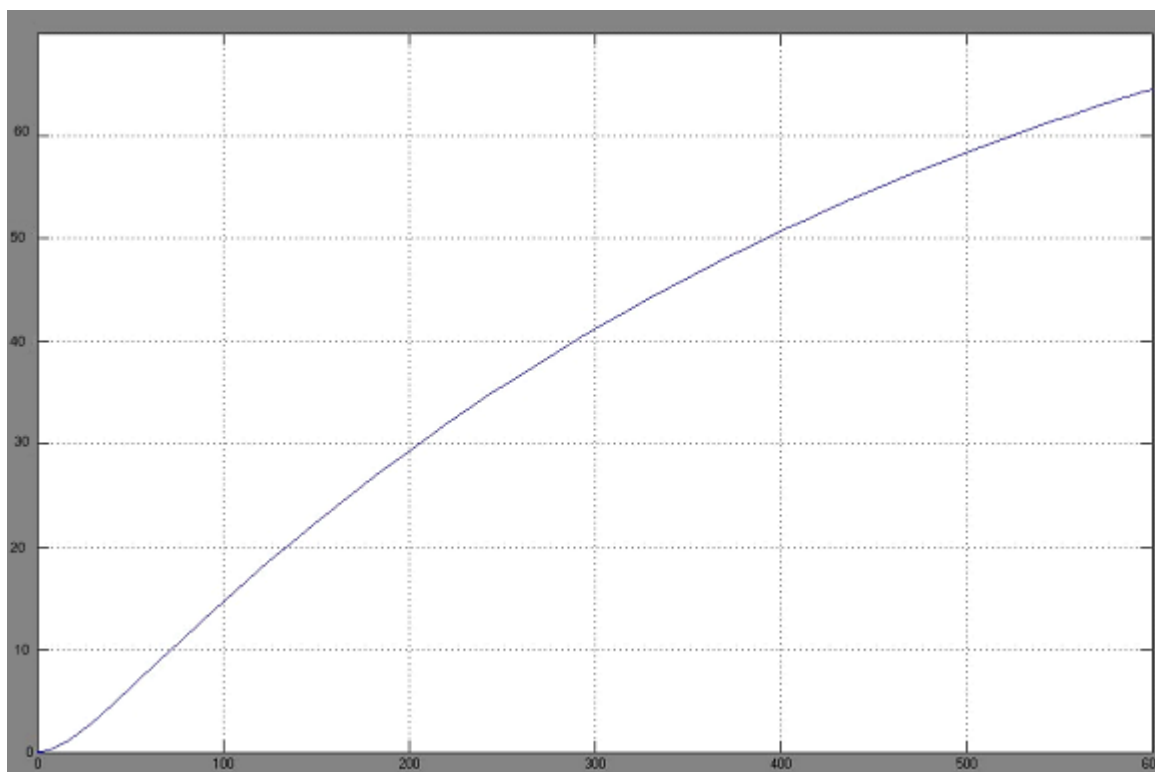


Рисунок 28 – Графік перехідного процесу для ланки другого порядку, розрахованої методом Ротача

5.3.7 Вибір найкращої апроксимуючої моделі

Для вибору кращої апроксимуючої моделі об'єкта управління серед знайдених моделей порівняємо теоретичні та експериментальні перехідні процеси. Для оцінки якості отриманих передавальних функцій, що описують об'єкт управління, обчислимо оцінку 2 за формулою:

$$\chi^2 = \frac{1}{k} \sqrt{\sum_1^6 (y_i - y_{i_{\text{real}}})^2}$$

Проведений розрахунок дає такі результати:

%Розрахунок похибок

k=514.3;

y_real=[24.44 60 93.33 125.5 154.44 180];

y1=[32 72 101 122 136 146];

y2=[31.1 73.3 106.67 131.11 148.89 160];

y3=[30 58.33 63.33 103.33 116.67 128.33];

```

tmp=0;
for i=1:6
tmp = tmp + (y_real(i)-y1(i))^2;
end
x1=sqrt(tmp)/k
tmp=0;
for i=1:6
tmp = tmp + (y_real(i)-y2(i))^2;
end
x2=sqrt(tmp)/k
tmp=0;
for i=1:6
tmp = tmp + (y_real(i)-y3(i))^2;
end
x3=sqrt(tmp)/k
x1 = 0.0818
x2 = 0.0571
x3 = 0.1445

```

x1 - відповідає оцінці ланки запізнення; x2 – відповідає аперіодичному ланці другого порядку, розрахованого методом площ; x3 – відповідає аперіодичному ланці другого порядку, розрахованого методом Ротача.

Оскільки найменша оцінка χ^2 вийшла у аперіодического ланки другого порядку, розрахованого інтегральним способом, це ланка і візьмемо як модель нашої системи. Передатна функція об'єкта управління має вигляд:

$$W_o(s) = \frac{514.3}{(237.2624s + 1)(72.62s + 1)}$$

5.4 Синтез регулятора

5.4.1 Синтез регулятора методом ЛАЧХ

Для того щоб система задовольняла заданим вимогам щодо точності та якості (перерегулювання $\leq 5\%$, час регулювання t_{P420} , коефіцієнт статичної

помилки $C0 = 0$), необхідно в систему, структурна схема якої зображена на малюнку 29, ввести регулятор.

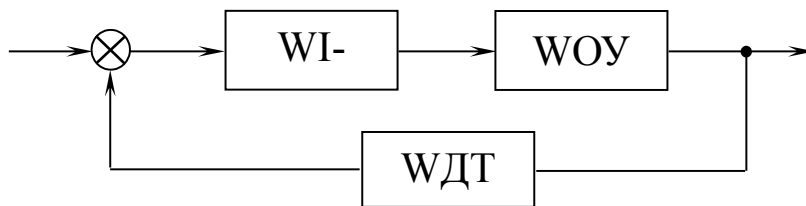


Рисунок 29 – Структурна схема замкнутої системи

Перетворимо структурну схему, представлену на малюнку 29, введемо в систему регулятор як коригуючу ланку послідовного типу:

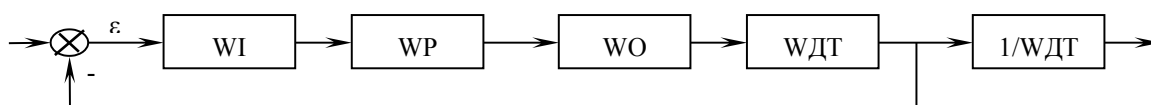


Рисунок 30– Структурна схема замкнутої системи із регулятором

Знайдемо передатну функцію незмінної частини прямого ланцюга:

$$W_H = W_0 \cdot W_{ДТ} \cdot W_{И}$$

де $W_{ДТ} = k_{ДТ}$ – передатна функція датчика температури $T_{д}$;

$W_I = k_I$ - Передавальна функція вимірювального блоку;

W_O – передавальна функція об'єкта управління.

$$W_{И} = K_{И} = 3000$$

$$W_{ДТ} = K_{ДТ} = 8 \cdot 10^{-7}$$

Передатна функція прямого ланцюга (частини системи, що незмінюється):

$$W_H(s) = \frac{K_H}{330.53s + 1} e^{-30s}$$

Тоді коефіцієнт посилення незмінної частини K :

$$K_H = K_{И} \cdot K_0 \cdot K_{ДТ} = 3000 \cdot 514.3 \cdot 8 \cdot 10^{-7} = 1.23432$$

Передатна функція незмінної частини прямого ланцюга матиме вигляд:

$$W_H(s) = \frac{1.23432}{(237.2624s + 1)(72.62s + 1)}$$

Передачу функцію синтезованого регулятора знайдемо методом логарифмічних частотних характеристик. Для цього побудуємо ЛАЧХ незмінної частини прямого ланцюга досліджуваної САУ:

$$L(\omega) = 20 \log |W_H(j\omega)|$$

Прийmemo бажану передавальну функцію у вигляді

$$W_{\text{ж}}(S) = \frac{k_{\text{ж}}}{S}$$

Бажаний коефіцієнт посилення визначається із співвідношення:

$$k_{\text{ж}} = \omega_c = \frac{2+2.5}{T_p} \pi.$$

$$K_{\text{ж}} = 0,0186.$$

Передатна функція регулятора:

$$W_p(s) = \frac{W_{\text{ж}}(s)}{W_H(s)}$$

Регулятори, що практично реалізуються, будуються з використанням наступних припущень і наближень: об'єкт управління інерційний, і в ланцюгах регулятора немає високочастотних перешкод або вони досить малі. Тоді високочастотною частиною регулятора можна знехтувати і вважати, що $T_3=0$. При цьому бажана ЛАЧХ розраховується з вимоги $T_1=T_2$, при бажаній ЛАЧХ у загальному вигляді:

$$W_{\text{ж}}(s) = \frac{K_{\text{ж}}(T_2s+1)}{s(T_1s+1)(T_3s+1)}.$$

Для визначення параметрів регулятора скористаємося такими співвідношеннями:

$$\left\{ W_p(S) = \frac{W_{\text{ж}}(S)}{W_0(S)} \right\} \left\{ W_0(S) = \frac{k_0}{(T_1S+1)(T_2S+1)} \right\}$$

Тоді передатна функція регулятора матиме такий вигляд:

$$W_p(S) = \frac{k_{\text{ж}}(T_1S+1)(T_2S+1)}{k_0S} = k_{\text{п}} \left(1 + \frac{1}{T_{\text{и}}S} + T_{\text{д}}S \right), \text{ где:}$$

$$k_{\text{п}} = \frac{k_{\text{ж}}}{k_0} (T_1 + T_2)$$

$$T_{\text{и}} = T_1 + T_2$$

$$T_{\text{д}} = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$$

З урахуванням параметрів об'єкта та ланкою чистого запізнення передавальна функція регулятора остаточно набуде вигляду:

$$W_p(S) = 4.67 \left[1 + \frac{1}{309.8824S} + 55.6S \right].$$

Отриманий регулятор є ПІ-регулятором із запізненням.

5.4.2 Перехідна характеристика замкнутої системи

Модель побудови перехідної характеристики представимо системі MatLab як передавальної функції.

Передатна функція прямого ланцюга:

$$W(s) = W_p(s) W_H(s)$$

$$W(s) = K_{\Pi} \left(1 + \frac{1}{T_{\text{И}} s} + T_{\text{ДТ}} s \right) \frac{K_{\text{H}}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} =$$

$$\frac{K_{\text{H}} K_{\Pi} (T_{\text{ДТ}} T_{\text{И}} s^2 + T_{\text{И}} s + 1)}{T_{\text{И}} T_1 T_2 s^3 + T_{\text{И}} (T_1 + T_2) s^2 + T_{\text{И}} s}$$

Отримаємо передатну функцію замкнутої системи:

$$\Phi(s) = \frac{W(s)}{1 + W(s)}$$

$$\Phi(s) = \frac{\frac{K_{\text{H}} K_{\Pi} (T_{\text{ДТ}} T_{\text{И}} s^2 + T_{\text{И}} s + 1)}{T_{\text{И}} T_1 T_2 s^3 + T_{\text{И}} (T_1 + T_2) s^2 + T_{\text{И}} s}}{1 + \frac{K_{\text{H}} K_{\Pi} (T_{\text{ДТ}} T_{\text{И}} s^2 + T_{\text{И}} s + 1)}{T_{\text{И}} T_1 T_2 s^3 + T_{\text{И}} (T_1 + T_2) s^2 + T_{\text{И}} s}} =$$

$$\frac{K_{\text{H}} K_{\Pi} (T_{\text{ДТ}} T_{\text{И}} s^2 + T_{\text{И}} s + 1)}{T_{\text{И}} T_1 T_2 s^3 + T_{\text{И}} (T_1 + T_2) s^2 + T_{\text{И}} s + K_{\text{H}} K_{\Pi} (T_{\text{ДТ}} T_{\text{И}} s^2 + T_{\text{И}} s + 1)} =$$

$$\frac{K_{\text{H}} K_{\Pi} T_{\text{ДТ}} T_{\text{И}} s^2 + K_{\text{H}} K_{\Pi} T_{\text{И}} s + K_{\text{H}} K_{\Pi}}{T_{\text{И}} T_1 T_2 s^3 + T_{\text{И}} (T_1 + T_2 + K_{\text{H}} K_{\Pi} T_{\text{ДТ}}) s^2 + T_{\text{И}} (K_{\text{H}} K_{\Pi} + 1) s + K_{\text{H}} K_{\Pi}}$$

введемо такі позначення:

$$a_2 = K_{\text{H}} K_{\Pi} T_{\text{ДТ}} T_{\text{И}} = 1.357 \cdot 10^6 \quad b_3 = T_{\text{И}} T_1 T_2 = 7.787 \cdot 10^6$$

$$a_1 = K_{\text{H}} K_{\Pi} T_{\text{И}} = 2.092 \cdot 10^4 \quad b_2 = T_{\text{И}} (T_1 + T_2 + K_{\text{H}} K_{\Pi} T_{\text{ДТ}}) = 1.477 \cdot 10^6$$

$$a_0 = K_{\text{H}} K_{\Pi} = 60.365 \quad b_1 = T_{\text{И}} (K_{\text{H}} K_{\Pi} + 1) = 2.126 \cdot 10^4$$

$$b_0 = K_{\text{H}} K_{\Pi} = 60.365$$

тоді передавальна функція замкнутої системи матиме такий вигляд:

$$\Phi(s) = \frac{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0}$$

$$kp = 4.67;$$

$$kn = 1.23432;$$

$$Td = 55.6;$$

$$Tu = 309.8824;$$

$$T1 = 237.2624;$$

$$T2 = 72.62;$$

$$a1 = kn * kp * Td * Tu$$

$$a1 = 9.9315e+004$$

$$a2 = kn * kp * Tu$$

$$a2 = 1.7862e+003$$

$$b1 = Tu * T1 * T2$$

$$b1 = 5.3393e+006$$

$$b2 = Tu * (T1 + T2 + kn * kp * Td)$$

$$b2 = 1.9534e+005$$

$$b3 = Tu * (kn * kp + 1)$$

$$b3 = 2.0961e+003$$

$$b4 = kn * kp$$

$$b4 = 5.7643$$

$$a3 = kn * kp$$

$$a3 = 5.7643$$

$$W = \text{tf}([a1 \ a2 \ a3], [b1 \ b2 \ b3 \ b4])$$

Transfer function:

$$9.932e004 \ s^2 + 1786 \ s + 5.764$$

$$5.339e006 \ s^3 + 1.953e005 \ s^2 + 2096 \ s + 5.764$$

Перехідний процес такої передавальної функції замкнутої системи представлений малюнку 3.3.

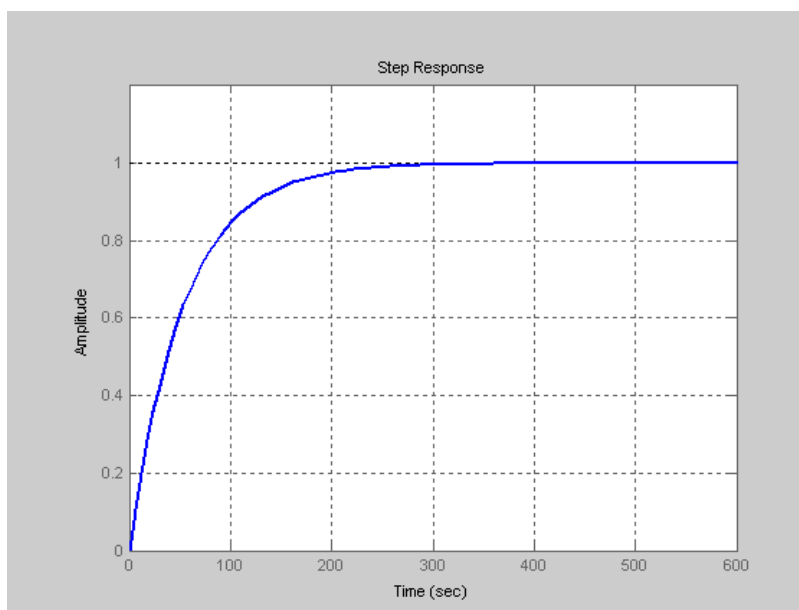


Рисунок 31 – Графік перехідного процесу замкнутої системи

У ході проектування за експериментальними даними було визначено передатну функцію об'єкта. Передавальна функція визначалася 3 різними способами. Причому одна передатна функція була отримана для аперіодичного ланки першого порядку, два методи, що залишилися, дозволяють визначити параметри аперіодичного ланки другого порядку. Саме така передатна функція найточніше описує реальний об'єкт.

По отриманій передавальній функції було розраховано ПІД-регулятор. Отримані параметри регулятора були виставлені на стенді та проведені відповідні експериментальні дослідження. Система виявилася стійкою, що підтверджує правильність розрахунку параметрів регулятора. Відповідні графіки, що ілюструють поведінку системи, наведено на рисунках 3.4 та 3.5.

Параметри синтезованого регулятора:

$$kn = 4.67$$

$$Ti = 310$$

$$T\partial = 55.6$$

Висновок

У цій роботі проведена автоматизація процесу розливу чавуну, із застосуванням існуючих сучасних приладів та засобів автоматизації.

Завдяки автоматизації вдалося вирішити основні завдання процесу розливу: збільшилися показники продуктивності праці, збільшилася кількість та якість продукції, з'явилася можливість зменшення кількості обслуговуючого персоналу, зменшилися матеріальні втрати, підвищилася якість охорони праці, збільшилася можливість зменшення травматизму, нещасних випадків, проф.захворювань.

Завдяки модернізованій системі управління та автоматизації даного технологічного процесу покращилася якість регулювання основних технологічних параметрів, зменшилися відхилення від норм технологічного регламенту, проведено заміну морально та фізично застарілих існуючих засобів автоматизації на сучасні.

У цій роботі проведено ескізне вирішення кола питань, пов'язаних із розробкою системи автоматизації та управління технологічним процесом дроблення порошу. Вивчено технологічний процес, конструкція та принцип роботи основних апаратів. Зроблено конструктивний вибір каналів контролю, регулювання, сигналізації, блокувань та управління. Зроблено вибір сучасних засобів автоматизації та управління. Розроблено схему сигналізації рівня, схему блокування включення двигунів насоса.

Література

1. Методичні вказівки щодо оформлення курсових та дипломних проектів. Інструктивні матеріали. Для студентів спеціальності
- 6.151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології". – Суми.: СумДУ, 1998. – 77 с.
2. Технологічний регламент ділянки ливарного цеху.
3. Процеси та апарати хімічної промисловості: Підручник для технікумів / П.Г. Романков, М. І. Курочкіна, Ю. Я. Мозжерії та ін - Л.: Хімія, 1989.-560 с.
4. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Справ сел. / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський, С.А. Ключев. -М: Энергоатоміздат, 1990.-464 с.
5. Компоненти систем електропостачання та автоматизації у промисловості. Загальний каталог. - К.: "Альтера", 2005. - 156 с.
7. Номенклатурний каталог «Теплоприлад»; - Рязань, 2006. - 302 с.
8. Каталог продукції «Мікрол»; - І.-Франківськ, 2007.- 182 с.
9. Каталог продукції «ТОВ Сенсорика»; – Єкатеренбург, 2006. – 190 с.
10. Каталог продукції «Елемер»; -М., 2007. - 360 с.
11. Інструкція з охорони праці для працюючих у ливарних цехах.
12. Економіка підприємства: Підруч. для вищ. навч. закл. I-II рівнів акредитації/ С.І. Михайлов, Н.Г. Кабаченко та ін.; – К.: Укр.. Центр парфумів. культури, 2005. – 396 с.
13. Каталог КВП та А фірми „Св Альтера” Електротехніка та автоматизація.