

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою АВП
к.т.н., доцент
_____ О.К. Дідик
“ ____ ” _____ 2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:
«Автоматизація процесу регулювання завантаження
прес-порошку в форми преса»
«Automation of the process of regulating the loading of
press powder into press moulds»

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи АК-21
спеціальності 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
_____ Р.В. Тихий
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи
доцент, канд.техн.наук
_____ Д.В. Трушаков
« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент _____

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Призначення і сфери використання обладнання, що забезпечує виготовлення цегли з керамічних пресованих матеріалів.....	4
1.1 Технологічна схема виробництва.....	4
1.1.1 Добування, переміщення, обробка сировини та її подача для сушіння.....	5
1.1.2 Сушіння глини.....	6
1.1.3 Переміщення висушеної глини, процес підготовки порошку.....	6
1.1.4 Процес напівсухого пресування цегли.....	7
1.1.5 Викладання цеглини-сирцю на обпалювальні транспортні пристрої.....	8
1.1.6 Переміщення вагонеток до печей.....	8
1.1.7 Завантаження вагонетками тунельної печі.....	8
1.1.8 Процес випалення цегли.....	8
1.1.9 Вивантаження з печі цегли та переміщення вагонетки з обпаленою цеглою на виставку.....	9
1.1.10 Знімання цегли, укладання на піддони та відвантаження.....	9
1.2 Огляд способів формування керамічних матеріалів.....	10
2 Огляд існуючих рішень та обґрунтування вибору прийнятого принципу побудови виробу.....	13
2.1 Основні види обладнання, що застосовуються у цегляній промисловості.....	13
2.1.1 Технічні засоби для первинної переробки та регулювання кількості сировини.....	13
2.1.2 Обладнання для подрібнення та змішування сировини.....	13
2.1.3 Обладнання для фінішної переробки сировини.....	14
2.1.4 Огляд пресового устаткування.....	14
2.2 Опис пресу напівсухого пресування СМ-1085.....	15

2.3 Деталізація завдання.....	18
2.4 Джерела інформації і приймачі інформації.....	19
2.5 Варіанти рішення задачі.....	19
3 Опис та обґрунтування обраних проектних рішень та конструкцій автоматизації пресу напівсухого пресування цегли.....	22
3.1 Розробка функціональної схеми.....	22
3.2 Проектування структурної схеми мікропроцесорної частини системи.....	22
3.2.1 Вибір типу мікроконтролера.....	22
3.2.2 Вибір датчика рівня засипки прес-порошку.....	24
3.2.3 Огляд типів вихідних пристроїв.....	26
3.2.4 Обґрунтування датчика струму електродвигуна преса.....	27
3.2.5 Обґрунтування вибору перетворювача струму.....	29
3.2.6 Обґрунтування вибору блока індикації.....	30
3.3 Розробка алгоритму функціонування системи.....	31
3.4 Розробка схеми електричної принципової розроблюваної системи.....	32
3.5 Робота схеми електричної принципової пресу.....	35
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність розроблюваної системи.....	37
4.1 Розрахунок випрямляча мостового.....	37
4.2 Розрахунок надійності системи.....	50
5 Опис організації робіт, що пов'язані із застосуванням модернізуємого агрегату.....	54
5.1 Вказівки по експлуатації пресового обладнання.....	54
5.2 Рекомендації по ремонту устаткування.....	60
5.3 Правила зберігання устаткування з виробництва цегли.....	61
Висновки.....	62
Перелік скорочень, символів та спеціальних термінів.....	64
Список літератури.....	65

ВСТУП

Цегла залишається одним із найпоширеніших матеріалів у житловому та цивільному будівництві. Тривалий час основним методом її виробництва було пластичне формування, яке потребує повільного сушіння для запобігання тріщин на поверхні. Незважаючи на використання добавок, що зменшують розтріскування (шамот, вугілля, сланець тощо), процес сушіння триває від кількох днів до тижнів, і повністю уникнути дефектів вдається не завжди.

Керівники заводів пластичного формування змушені обирати між якісною, але дорогою у виробництві цеглою (через збільшення часу сушіння та кількості добавок) і дешевшою, проте низькоякісною продукцією. Крім того, метод потребує ретельної підготовки глини, що супроводжується високими енерговитратами. Через це більшість підприємств обмежується мінімальним набором обладнання, що негативно впливає на якість виробів.

Використання сучасного обладнання західних виробників дозволяє значно покращити якість цегли та зменшити технологічні недоліки. Однак висока вартість такого обладнання — десятки мільйонів доларів - робить його малодоступним для більшості українських підприємств, а продукція, виготовлена з його допомогою, орієнтована переважно на платоспроможних споживачів.

Альтернативним методом виготовлення цегли є напівсухе формування. Цей спосіб передбачає попередню підсушку глини в сушильному барабані протягом 10–15 хвилин. Після підсушки глина подрібнюється стрижньовим змішувачем до порошкоподібного стану з розміром частинок у межах 0,5–5 мм і надалі формується в цеглу за допомогою колінчасто-важільних пресів. Завдяки низькій вологості сировини (8–10 %), сформована цегла не потребує додаткового сушіння і може одразу надходити до випалу в піч.

Отже, експлуатація цеху напівсухого пресування має низку суттєвих переваг:

- відсутня потреба у витратах енергоносіїв на процес сушіння;
- немає необхідності додавати до глини спеціальні компоненти для покращення її сушильних властивостей;

- навіть при наявності солей у сировині, вони не проявляються на поверхні готової цегли;
- технологічне обладнання є менш складним у порівнянні з аналогами та характеризується значно нижчим енергоспоживанням.

Водночас значно знижуються витрати на будівництво заводу, оскільки:

- обладнання для напівсухого пресування є у кілька разів дешевшим порівняно з установками для пластичного формування;
- будівля виробничого цеху має менші габарити;
- відсутня необхідність у спорудженні сушильного відділення, яке зазвичай займає значну площу.

Порівняльний аналіз показує, що собівартість цегли при напівсухому формуванні вдвічі нижча, що забезпечує стабільний прибуток навіть в сучасних умовах. Завод такого типу займає вдвічі меншу площу та будується у 2–2,5 рази дешевше, ніж підприємство пластичного формування. З огляду на зменшення зайнятості в агросекторі, ця технологія відкриває перспективи для перепрофілювання сільського населення й створення нових робочих місць. Фермерські господарства можуть використовувати ці переваги для розбудови мінізаводів. Розв'язання проблем будівельної галузі потребує державного підходу, однак запропоноване в цій кваліфікаційній роботі рішення автоматизації процесу напівсухого пресування є важливим кроком до повної автоматизації виробництва цегли.

З урахуванням викладеного можна зробити висновок про актуальність теми кваліфікаційної роботи «Автоматизація процесу регулювання завантаження прес-порошку в форми преса». Реалізація такої системи сприятиме покращенню якості готової продукції. Використання сучасних мікропроцесорних засобів для обробки технологічної інформації та формування керуючих сигналів забезпечить ефективне виконання поставлених завдань. У зв'язку з цим постає необхідність розробки електричної структурної та принципової схем мікропроцесорної системи, а також оцінки її надійності.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ З КЕРАМІЧНИХ ПРЕСОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Технологічна схема виробництва

Напівсухим пресуванням називають технологію формування виробів із керамічних прес-порошків з вологістю 7...12 %. Цей метод застосовують для виготовлення лицьової та стінової цегли, а також керамічної плитки. Сформовані за цією технологією заготовки (сирець) відзначаються високою механічною міцністю, точними геометричними параметрами, незначною усадкою під час сушіння й випалювання. Завдяки стабільності розмірів така цегла придатна як для облицювальних, так і для конструктивних цілей, а висока міцність сирцю дає можливість автоматизувати його транспортування між виробничими операціями. Низький рівень вологості прес-порошку дозволяє об'єднувати процеси сушіння і випалювання в одному пічному агрегаті, що значно знижує витрати палива та скорочує загальний цикл виробництва. До того ж напівсухе пресування розширює сировинні можливості, оскільки дозволяє використовувати малопластичні глини, глинисті сланці та сухарні глини.

Останнім часом на багатьох заводах був розроблений і впроваджений шлікерний метод підготовки прес-порошку, який відкрив можливість використання глиняної сировини, що раніше вважалась непридатною для виробничих потреб.

Цегла класифікується за призначенням на такі типи:

а) будівельна — розміром 250×120×65 мм, застосовується для кладки внутрішніх і зовнішніх стін, а також інших конструктивних елементів будівель і споруд, включаючи виготовлення стінових панелей;

б) лицьова — призначена для одночасної кладки та облицювання внутрішніх і зовнішніх поверхонь будівель і споруд;

в) профільна — спеціальна цегла певної форми для виконання конкретних архітектурних або конструктивних задач.

Цегла також виробляється порожнистою, з крізними вертикальними циліндричними отворами, розташованими перпендикулярно постелі. Діаметр цих порожнеч не повинен перевищувати 20 мм, а товщина стінок між отворами має бути не меншою за 12 мм.

1.1.1 Добування, переміщення, обробка сировини та її подача для сушіння

Розробка глиняного родовища здійснюється протягом року відкритим способом за допомогою екскаватора типу ОЕ 5116 з ковшем об'ємом 1 м³. Глина з кар'єру доставляється автосамоскидами до сховища, призначеного для відлежування, усереднення та накопичення запасу сировини, що забезпечує безперебійну роботу виробничої лінії в осінньо-весняний та зимовий періоди. Завантаження сховища проводиться через розвантажувальні естакади. Постійний рівень заповнення сховища має бути не менше однієї третини його об'єму. Після цього глину за допомогою бульдозера рівномірно розподіляють по всій площі сховища.

Глина зі сховища подається бульдозером ДЗ-109 у бункер двовального змішувача, що базується на моделі СМ-246. Змішувач має 22 лопаті на валу, продуктивність до 35 м³/год, частоту обертання валу 32 об/хв та електродвигун потужністю 55 кВт. Він забезпечує рівномірне подавання розпушеної маси на стрічковий транспортер, розпушує великі природні грудки глини, що злежалися, а також регулює дозування глиняної маси, змінюючи кут повороту лопатей відносно валу в межах 25–30 %. Змішувач може працювати як в автоматичному, так і в ручному режимах.

Після змішувача за допомогою транспортера визначена за обсягом маса глини подається у бункер лопатевого живильника-дозатора. Для вилучення металевих предметів, які можуть випадково потрапити на транспортер, на його кінці встановлено електромагніт. Технічні характеристики транспортера: довжина 75 м, марка Т-210, ширина стрічки 650 мм, потужність електродвигуна 75 кВт. Електромагніт працює на постійному струмі з напругою 127 В.

Живильник-дозатор на базі змішувача СМ-477А (продуктивність не менше 18 м³/год, частота обертів валів 31 об/хв, потужність електродвигуна 28 кВт) призначений для об'ємного дозування та рівномірної подачі глиняної маси на транспортер, який доставляє її до сушильного барабана. Відповідно до заданого обсягу, маса глини подається стрічковими транспортерами до сушильних барабанів і надходить через отвір на завантажувальній стороні працюючого барабана.

1.1.2 Сушіння глини

Сушильний барабан СМЦ-428.2 має діаметр 2,8 м і встановлений під кутом нахилу 3° у напрямку розвантаження. Його швидкість обертання становить 3–6 об/хв, а середня продуктивність – близько 25 т/год. Температура теплоносія на вході досягає 900–1000 °С, на виході – 150–180 °С. Тривалість сушіння глини становить від 30 до 45 хвилин. Барабан використовується для сушіння глини топковими газами у суміші з повітрям, а також для її подрібнення. Процес сушіння є прямоточно-безперервним: гарячі гази з топки з температурою до 1000 °С надходять усередину барабана, рухаються в тому ж напрямку, що і глина, нагріваючи її і випаровуючи вологу. Відпрацьовані гази через аспіраційну систему виводяться в атмосферу. Режим сушіння регулюється залежно від вологості сировини та її подачі шляхом зміни обсягу та температури газу, що подається в барабан.

1.1.3 Переміщення висушеної глини, процес підготовки порошку

Висушена глина після сушильного барабана транспортується за допомогою системи елеваторів, стрічкових транспортерів, бункерів та грохоту до молоткової дробарки. Елеватори ЛГ-250 мають продуктивність 14 кг/с, об'єм ковша 4 літри та швидкість руху ковшів 1,6 м/с. Потужність електродвигуна становить 7 кВт.

Подрібнення висушеної глини здійснюється однороторною молотковою дробаркою СМ-431 типу М-8-6Б. При щілині 13 мм продуктивність дробарки

складає від 10 до 24 т/год. Крупність фракції завантажуваного матеріалу може досягати 250 мм, а вихідного – не більше 13 мм. Глина подається в корпус дробарки через завантажувальний люк, де під час обертання ротора відбувається її подрібнення і подача вниз. Номінальна швидкість обертання ротора – 1000 об/хв. Діаметр ротора становить 800 мм, робоча довжина – 600 мм, а потужність електродвигуна – 85 кВт (модель А02/01-6).

Подрібнена та висушена глина транспортується від дробарки до грохота ковшовим елеватором ЛГ-320ОМ. Просіювання порошку відбувається на вібраційному інерційному грохоті ГЛ-32 з продуктивністю 90 м³/год та розмірами сита 1200×2860 мм. Грохот оснащений одним ситом. Під час просіву відокремлюються гранули розміром більше 7 мм, які повертаються назад у дробарку для повторного подрібнення, тоді як гранули менші 7 мм проходять через сито на вивантажний лоток і далі транспортуються до бункерів-накопичувачів. У бункерах відбувається часткове вирівнювання вологості запасу порошку.

1.1.4 Процес напівсухого пресування цегли

Глиняна маса, що використовується для напівсухого пресування, має сипку порошкоподібну структуру, у якій кількість води недостатня для утворення суцільної водяної плівки навколо окремих зерен. Це забезпечує специфічні властивості матеріалу, що дозволяють ефективно формувати вироби без потреби в тривалому сушінні. Для виробництва цегли на цьому цеху застосовується прес моделі СМ-1085. Даний прес відноситься до механічних колінно-важільних пресів безперервної дії, які працюють за двостороннім одноступінчатим режимом пресування. Максимальне зусилля, яке може розвивати цей прес, становить 630 тонн, що забезпечує високу щільність і якість сформованої продукції. Така конструкція преса дозволяє підтримувати стабільний режим роботи та високу продуктивність виробництва.

1.1.5 Викладання цеглини-сирцю на обпалювальні транспортні пристрої

Основні вимоги до кладки цегли такі:

а) кладка має бути міцною та стійкою, здатною витримувати значну усадку цегли під час випалу, що забезпечується перев'язкою рядів цеглин;

б) кладка повинна бути досить проникною для газів у всіх напрямках і гарантувати рівномірний розподіл вогню по всьому перерізу печі, що досягається правильною конструкцією подовжніх і поперечних каналів. Зовнішній контур кладки має точно відповідати внутрішньому профілю обпалювального каналу, а відстань між кладкою і зведенням не повинна перевищувати 100 мм.

1.1.6 Переміщення вагонеток до печей

Перевезення обпалювальних вагонеток із кладкою цегли до тунельних печей здійснюється електровозами типу СМ-94 з вантажністю 12 тонн. Одночасно транспортується одна вагонетка зі швидкістю 0,4 м/с. Потужність електродвигуна становить 4 кВт.

1.1.7 Завантаження вагонетками тунельної печі

Загортання обпалювальних вагонеток із кладкою цегли у форкамеру та завантаження тунельної печі вагонетками з кладкою здійснюється за допомогою гідроштовхачів марки СМ-54 С. Процес завантаження проводиться відповідно до затвердженого графіка проштовхування вагонеток із сирцевою цеглою.

1.1.8 Процес випалення цегли

Випалення цегли здійснюється в тунельних печах, довжина яких становить 66 метрів, ширина обпалювального каналу — 2 метри, висота — 2,125 метра, а об'єм каналу — 164,5 кубічних метрів. Потужність печі дозволяє одночасно розмістити 32 обпалювальні вагонетки. Як паливо використовується природний газ. Випалення є заключним етапом виробництва цегли, від якого залежить її міцність, морозостійкість, зовнішній вигляд та колір. Основною характеристикою режиму випалення є температурна крива, що відображає зміну температури в процесі. Процес випалення полягає в тепловій обробці сирцю гарячими газами з

температурою від 100 до 1200 градусів Цельсія. За кількістю вагонеток, що перебувають одночасно в печі, вона має 32 позиції. Вздовж довжини піч умовно поділяється на три зони: зону підігріву (позиції 2–18), зону випалення (позиції 18–21) та зону гартування і охолодження (позиції 21–32). У кожній зоні підтримується певний температурний режим і відбуваються відповідні фізико-хімічні процеси.

1.1.9 Вивантаження з печі цегли та переміщення вагонетки з обпаленою цеглою на виставку

Вивантаження обпаленої цегли з печі здійснюється одночасно із завантаженням. Коли з завантажувального кінця печі вкатується одна вагонетка, одночасно з вивантажувального кінця виїжджає одна вагонетка з готовою цеглою.

1.1.10 Знімання цегли, укладання на піддони та відвантаження

На виставковому майданчику цеглу вручну знімають з обпалювальних вагонеток і укладають на піддони. Одночасно тут проводиться сортування цегли за сортами відповідно до встановлених еталонів. Готові піддони за допомогою козлового крана ККС-10 з вантажопідйомністю 10 тонн переміщують на майданчик для навантаження та розвантаження. Після цього піддони з цеглою завантажуються на автотранспорт для відвантаження.

Комбінована загальна схема технологічного процесу виробництва цегли напівсухим пресуванням представлена на слайді 01. Глина з кар'єру або глиносковища надходить у ящиківий подавач (2), а потім у каменевиділювальні вальці (3), де відокремлюються камені розміром понад 35 мм і відбувається їх дроблення. Передроблена глина транспортується похилим конвеєром (4) до сушильного барабана (5), де висушується до необхідної вологості. Кар'єрна вологість глиняної сировини коливається в межах 15–16% до 24–25% залежно від пори року і родовища. Для отримання прес-порошку з потрібним гранулометричним складом підсушену глину обробляють у дезінтеграторі (10).

Якщо ж сировина сушиться природним шляхом, її конвеєром (6) направляють безпосередньо у дезінтегратор, минаючи сушильний барабан.

На окремих цегельних заводах до складу прес-порошку вводять спіски — матеріали низької якості, такі як вугілля, шлак, зола тощо. Для подрібнення цих добавок використовують спеціальне додаткове обладнання.

Подрібнена глина зі спіканими добавками подається у шнековий або бігунковий змішувач 15 для рівномірного зволоження маси. Підготовлений прес-порошок надходить до преса 16. Відпресована цегла-сирець укладається на випалювальну вагонетку 17 і направляється або безпосередньо на випалювання, оминаючи сушіння, або спочатку у сушарку 18, а потім у тунельну піч 21, куди вагонетку переміщують за допомогою передавального візка 19 і штовхача 20. Випалену цеглу знімають із вагонетки і транспортують на склад готової продукції 22.

На деяких цегельних заводах процеси сушіння та помелу глиняної сировини поєднують у шахтних млинах, що дозволяє відмовитися від використання сушильного барабана та дезінтегратора.

1.2 Огляд способів формування керамічних матеріалів

Усі різновиди керамічних матеріалів, в основному, виготовляються за уніфікованою технологічною схемою, що включає такі етапи: видобуток сировини, підготовку сировинної маси, формування виробів, сушіння та випалювання. Виробництво керамічних стінових матеріалів може здійснюватися різними способами формування. При пластичному методі формування вологість шихти відповідає нормальним параметрам і залежно від властивостей глиняної сировини коливається в межах 18–22 %. Для жорсткого методу формування характерна формувальна вологість, що на 3–4 % менша за пластичну. Напівсухий спосіб виробництва передбачає формування виробів із сипких сумішей з вологою 7–10 %. Перші два способи формування здійснюються методом екструзії, а при напівсухому способі — ущільненням прес-порошку в колінчасто-важільних або гідравлічних пресах. Вибір методу виробництва залежить від різних факторів,

таких як кар'єрна вологість і щільність сировини, її чутливість до сушіння, передбачуваний асортимент продукції та можливість придбання відповідного обладнання.

Напівсухий спосіб виробництва цеглини був широко розповсюджений на заводах України та інших країн у 1950-х роках. Проте впродовж тривалого часу ця технологія вважалася застарілою і неперспективною через низку технічних та виробничих обмежень. Однак наприкінці 1970-х — на початку 1980-х років відбулися значні технічні удосконалення у процесі переробки глини, що значно покращило ефективність напівсухого методу. Завдяки цьому він знову став рекомендуватися як привабливий варіант для будівництва нових цегельних заводів та модернізації існуючих виробництв [1].

Основною перевагою традиційного напівсухого способу є відсутність необхідності перекладання цегли-сирцю між сушильною і пічною вагонетками, що зменшує трудовитрати та ризик пошкодження виробів. Крім того, ця технологія дозволяє використовувати широкий спектр глинистих порід — від звичайних, включаючи глини з карбонатними домішками, до щільних і слабо розмокаючих матеріалів, таких як глинисті сланці, а також відходи вуглевидобування і вуглезбагачення. Це розширює можливості застосування різноманітної сировини, що є суттєвою перевагою для виробництва [2].

Водночас, серед недоліків напівсухого способу слід відзначити неможливість виробництва високоефективних виробів з великою кількістю порот, які сьогодні користуються попитом через їх легкість і кращі теплоізоляційні властивості. Крім того, процес супроводжується значним запиленням виробничих приміщень, що ускладнює дотримання санітарних норм і вимагає додаткових заходів із очищення повітря. Не менш важливою проблемою є відносно низька продуктивність пресів, які застосовуються для напівсухого пресування, що обмежує обсяги виробництва і підвищує витрати [3]. Таким чином, хоча напівсухий спосіб і має свої переваги, сучасні виробники все частіше орієнтуються на більш прогресивні технології, але напівсухий метод залишається актуальним для певних умов і видів сировини.

Після проведення численних експериментів та аналізу роботи діючих заводів з виробництва керамічної цеглини методом напівсухого пресування, деякі фахівці дійшли таких висновків:

- для отримання керамічного виробу з високими фізико-технічними характеристиками необхідно ретельно усереднювати глиняну сировину за мінералогічним та хімічним складом. Наявні схеми підготовки прес-порошку не задовольняють цю вимогу [4].

- для виробництва лицьової цеглини сирець має бути укладений на ліжку у вагонетках для випалу, при цьому вологість сирцю при подачі в тунельну піч не повинна перевищувати 3,5%, а в кільцеву піч — 5%.

Водночас було встановлено, що міцність свіжозформованого сирцю варіюється в межах 2-5 МПа залежно від властивостей глинистої сировини. Після підсушування до залишкової вологості 3-5% міцність сирцю збільшується на 80-300%. Якщо свіжозформований сирець укладати на ліжку, нижні ряди зазвичай деформуються, тоді як підсушений сирець можна безпечно розміщувати на обпалювальні вагонетки на ліжку без ризику деформації [5].

Отже, підтримання заданих режимів пресування глиняної маси є надзвичайно важливою задачею, оскільки будь-які відхилення від оптимальних параметрів роботи пресового обладнання суттєво впливають на якість кінцевого виробу. Крім того, окрім досягнення необхідного стискаючого зусилля, потрібно також забезпечити поетапність процесу стискання матеріалу.

Розв'язання цієї задачі можливе лише за допомогою автоматизованих систем, які вимірюють технологічний параметр, порівнюють його із заданим значенням (яке може варіюватися залежно від характеристик вихідної сировини, температурно-вологісних умов навколишнього середовища тощо) та формують керуючий вплив у відповідності до знаку та величини різниці між заданим і фактичним значенням тиску у матеріалі. Оскільки безпосереднє технологічне вимірювання тиску в матеріалі під час стискування є складним, застосовують методи непрямой оцінки цього параметру. Саме розв'язанню цієї проблеми присвячена дана кваліфікаційна робота.

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИЙНЯТОГО ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ ВИРОБУ

2.1 Основні види обладнання, що застосовуються у цегляній промисловості

2.1.1 Технічні засоби для первинної переробки та регулювання кількості сировини

Глинорозрихлювачі призначені для переробки кар'єрної сировини великих розмірів до фракції 100 мм. Вони можуть бути як одновальними, так і двовальними з можливістю реверсивного обертання валів. Для точного дозування сировини на технологічну лінію застосовуються живильники стрічкового або пластинчастого типу з різною шириною стрічки. Живильники оснащені унікальним приводом потужністю 1,5 кВт, а швидкість руху стрічки регулюється за допомогою перетворювача частоти струму. Для видалення кам'янистих включень і подрібнення сировини використовуються каменевидільні вальці з ребристими валками різних діаметрів. Вальці мають економічний оригінальний привід і передбачене місце для встановлення проточного пристрою.

2.1.2 Обладнання для подрібнення та змішування сировини

Вальці для тонкого помелу застосовуються на заводах із різною продуктивністю. Валкові дробарки виготовляють із бандажами з різних зносостійких матеріалів — це можуть бути сталеві бандажі з гартуванням, з інструментальних сталей або з вибіленого чавуну. Для підтримки працездатності та підвищення якості помелу машини оснащуються шліфувальними або проточними пристроями. Для ефективного перемішування шихти різного складу рекомендується застосовувати двовальні змішувачі різних типів — лопатеві, зі шнеками або з фільтруючими ґратами. Ці змішувачі забезпечують інтенсивне стирання сировини під тиском і сприяють видаленню природних домішок [6, 7].

2.1.3 Обладнання для фінішної переробки сировини

Преси-гранулятори працюють під тиском, подрібнюючи сировину до гранул однакового розміру, що сприяє кращій гомогенізації матеріалу та забезпечує рівномірне його висушування при напівсухому способі виробництва. Для фінішної обробки глиняної маси та виготовлення лицьової цеглини при пластичному методі формування на багатьох цегельних заводах, у тому числі і на підприємствах з імпортом обладнання, незамінним є глинорозтирач — спеціальна машина, яка значно покращує якість маси перед пресуванням, підвищує її пластичність і покращує формувальні властивості глини.

Для подрібнення напівсухого прес-порошку особливо ефективними є стрижневі млини, які забезпечують подрібнення до необхідної фракції з мінімальними енерговитратами. Абсолютною новинкою за технічними характеристиками, а також затребуваними на багатьох цегельних заводах, є вальці-суперфініші з зазором 0,8 мм. Вальці «КРОК 45» здатні подрібнювати карбонатні включення, відомі як «дутики», до таких розмірів, при яких вони не спричиняють розтріскування цегли. Використання цього обладнання дозволяє виробляти облицювальну цеглу високої якості.

2.1.4 Огляд пресового устаткування

Виробництво пресів різних модифікацій для різноманітних типів керамічного та силікатного виробництв завжди залишалося одним із пріоритетних напрямів діяльності підприємства. На сьогоднішній день тут випускається широкий асортимент пресового обладнання, а також ведуться активні розробки нових моделей пресів.

Для напівсухого пресування керамічних та інших видів виробів використовуються преси двостороннього пресування, які забезпечують гіперзусилля, необхідне для якісного ущільнення матеріалу. Завдяки застосуванню суцільнометалевих прес-форм, на цих пресах можливо отримувати міцну цеглу-сирець із точною геометрією та високою однорідністю форми. Сучасні моделі пресів оснащені новітніми системами змащування, що

забезпечують довготривалу і безперебійну роботу, а також можливістю налаштування обладнання у ненавантаженому режимі для полегшення регулювання технологічних параметрів. Додатково передбачено регулювання глибини засипки прес-порошку, що дозволяє контролювати товщину та щільність сформованого виробу. Управління пресами здійснюється за допомогою електричних систем, створених на базі імпортованих комплектуючих, що гарантує високу надійність і точність роботи обладнання.

Для пластичного формування керамічних виробів пропонується кілька моделей пресів з різною продуктивністю та тиском у пресувальній головці, що дозволяє адаптувати виробництво під конкретні технологічні потреби [8, 9].

У рамках цієї кваліфікаційної роботи особлива увага приділяється автоматизації процесу стискування прес-порошку на коліно-важільному пресі моделі СМ-1085, що сприятиме підвищенню ефективності та якості виробництва.

2.2 Опис пресу напівсухого пресування СМ-1085

Механічний колінчасто-важільний прес моделі СМ-1085 призначений для пресування виробів із напівсухих вогнетривких мас, виготовлених на основі шамотних і багатошамотних порошоків з вологістю в межах 4...8 %. Крім того, прес дозволяє здійснювати напівсухе формування будівельної цегли з глиняних порошоків, вологість яких становить 8...12 % [10, 11]. Цей прес забезпечує високу продуктивність — до 2240 штук нормальної цегли (форматом 250×120×65 мм) за годину. Енергоспоживання агрегату визначається сумарною потужністю електродвигунів, що становить 45,4 кВт, включаючи двигуни приводу преса, регулятора глибини засипки, а також електропідігрівників.

Максимальне зусилля пресування досягає 6300 кН, що забезпечує необхідну щільність та міцність сформованих виробів. Загальна маса обладнання — 33 тонни. Прес розрахований на максимальну товщину виробу до 0,01 м, а глибина засипання прес-порошку може сягати 0,02 м. Режим роботи передбачає двостороннє, одноступеневе пресування з одночасним формуванням

чотирьох цеглин. Такий формат роботи забезпечує оптимальне поєднання продуктивності, якості та стабільності пресування у промислових умовах.

Прес СМ-1085 включає в свою конструкцію основні вузли: станину, пресувальний механізм, стіл, вали (привідний, проміжний і колінчастий), регулятор глибини засипання прес-порошку, засипну каретку, штамп, пневмоамортизаційний вузол, пневмознімач, привід і централізовану систему змащування [12–16].

Станина (поз. 23) виконана у вигляді суцільнозварної конструкції з опорними елементами для встановлення привідного, проміжного та колінчастого валів, а також столу й вала каретки. У її бічних частинах розміщені вертикальні стійки (поз. 16), призначені для монтажу пресувального механізму. У центральній передній частині станини встановлена ексцентрикова вісь з роликом (поз. 21), яка служить для виштовхування готових виробів.

Пресувальний механізм з'єднаний напрямними штангами (поз. 15) і складається з верхньої (поз. 13) та нижньої (поз. 11) серг, що об'єднані між собою осями (поз. 10, 12, 14). У нижній частині станини розташована фундаментна плита (поз. 22), яка забезпечує стабільність і жорсткість конструкції під час експлуатації.

Пресувальний механізм (рис. 2.1) являє собою жорстку рамну конструкцію, яка складається з двох напрямних штанг, об'єднаних у верхній частині віссю, а в нижній — пресувальною траверсою. Ця рама має можливість вертикального переміщення вздовж бічних стійок (поз. 16) станини, що необхідно для здійснення виштовхування виробів із форм і реалізації двобічного процесу пресування.

До осей (поз. 21, 23, 24), оснащених втулками (поз. 20, 22, 25), шарнірно кріпляться верхня (поз. 15) і нижня (поз. 14) серги. Разом із п'ятою (поз. 13), повзуном (поз. 12), верхньою (поз. 11) та нижньою (поз. 10) плитами, а також шатуном (поз. 4) і його кришкою (поз. 3), ці елементи утворюють кінематичну схему приводу, яка забезпечує ефективну роботу пресувального процесу.

Верхній пресувальний повзун (поз. 12) переміщується у вертикальному напрямку вздовж площин напрямних штанг (поз. 17 і 19), які жорстко закріплені до верхньої та нижньої траверс за допомогою спеціальних шпонок (поз. 16 і 18).

2.3 Деталізація завдання

На вхід мікроконтролерного пристрою від датчика положення $L_{и}$ надходять імпульсні сигнали з визначеними характеристиками: t_{imin} — мінімальна тривалість окремого імпульсу, $t_{\text{пи}}$ — загальна тривалість пачки імпульсів, T_{imin} — мінімальний період між послідовними імпульсами.

Завдання полягає у визначенні положення $L_{и}$ на основі отриманих імпульсів за інтервал часу $t_{\text{пи}}$. Розраховане значення потрібно щосекунди усереднювати та виводити на n – розрядний семисегментний світлодіодний або рідкокристалічний індикатор (РКІ) у вигляді десяткового числа. Відображення значення повинно здійснюватися методом динамічної індикації із заданою частотою оновлення всіх розрядів індикатора F_0 , що забезпечує стабільне та чітке відображення інформації.

Необхідно порівнювати рівень вхідного сигналу $L_{и}$ з двома пороговими значеннями — нижнім $L_{и1}$ і верхнім $L_{и2}$, які збережені в оперативній пам'яті мікроконтролера як константи $K1$ і $K2$. Залежно від результатів порівняння, повинні виконуватися такі дії:

1. Якщо значення $L_{и}$ знаходиться в межах допустимого діапазону ($K1 < L_{и} < K2$) — увімкнути зелений світлодіодний індикатор для сигналізації нормального режиму роботи.

2. Якщо рівень сигналу виходить за межі встановленого діапазону ($L_{и} < K1$ або $L_{и} > K2$) — увімкнути червоний світлодіодний індикатор, згенерувати імпульсну послідовність із заданою частотою F_3 та подати її на звуковий випромінювач (динамік) для звукової сигналізації. Додатково сформувати керуючий сигнал для зупинки електродвигуна приводу живильника, що подає прес-порошок.

2.4 Джерела інформації і приймачі інформації

Вхідні сигнали надходять від датчика положення, який має безконтактну конструкцію, що значно підвищує надійність системи в цілому та спрощує її технічне обслуговування. Така конструкція дозволяє уникнути механічного зносу та знижує ймовірність виходу з ладу внаслідок забруднення або вібрацій. На виході датчика розташована підсилювальна схема, яка формує прямокутні імпульси з рівнями, сумісними з логічними елементами цифрових пристроїв, що забезпечує надійну передачу сигналів до мікроконтролера.

Серед вихідних сигналів системи — сигнали тривоги, які активуються у разі виходу значення зчитаного параметра (положення) за межі попередньо заданого діапазону. Крім того, поточна швидкість обертання вала обчислюється і виводиться в реальному часі на п'ятирозрядний семисегментний світлодіодний індикатор, що забезпечує зручне візуальне спостереження за параметрами роботи пристрою.

2.5 Варіанти рішення задачі

Поставлену задачу можна реалізувати двома основними підходами — виключно апаратними засобами або з використанням мікроконтролера в поєднанні з програмним забезпеченням. Загальне завдання доцільно розбити на кілька функціональних підзадач (див. рис. 2.2), що дозволяє структуровано підходити до проектування системи.

Апаратна реалізація має переваги у вигляді високої швидкодії, оскільки обробка сигналів виконується безпосередньо на рівні електронної логіки. До того ж, зменшується загальний час на розробку і введення в експлуатацію, оскільки не потрібна складна етапність програмування.

Водночас, програмна реалізація на базі мікроконтролера дозволяє суттєво знизити загальну вартість системи за рахунок меншої кількості апаратних компонентів. Це також підвищує надійність, зменшує габарити і енергоспоживання, а найголовніше — дає можливість гнучко змінювати або

доповнювати функціональність системи простим перепрограмуванням. Такий підхід забезпечує вищий час безвідмовної роботи (MTBF).

У подальшому будуть розглянуті можливі варіанти структурних схем системи та проведено їх порівняльний аналіз. Зокрема, запропоновано два варіанти реалізації пристрою, структурні схеми яких наведені на рисунках 2.3 та 2.4.

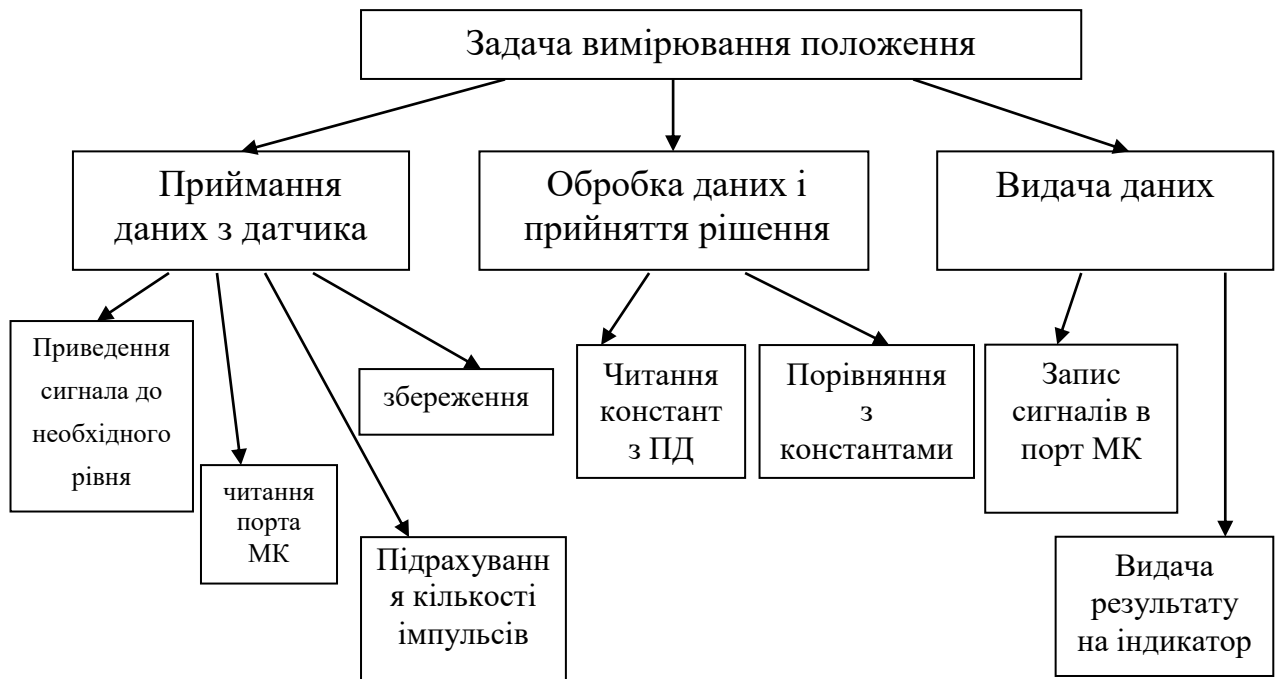


Рисунок 2.2 – Структура рішення задачі

Структурна схема із застосуванням двох дешифраторів (рис. 2.3) дає змогу оптимізувати використання виводів мікроконтролера, звільнивши частину його портів для інших задач. Такий підхід особливо актуальний у випадках, коли:

- система має велику кількість керуючих сигналів;
- використовується індикатор з великою розрядністю (наприклад, п'яти- чи шести-розрядний 7-сегментний індикатор);
- потрібно забезпечити одночасне управління декількома компонентами (індикаторами, світлодіодами, реле тощо) при обмеженій кількості доступних виводів.

Використання дешифраторів дає можливість реалізувати динамічну індикацію з мінімальними витратами ресурсів мікроконтролера, при цьому зберігаючи його універсальність і функціональність.

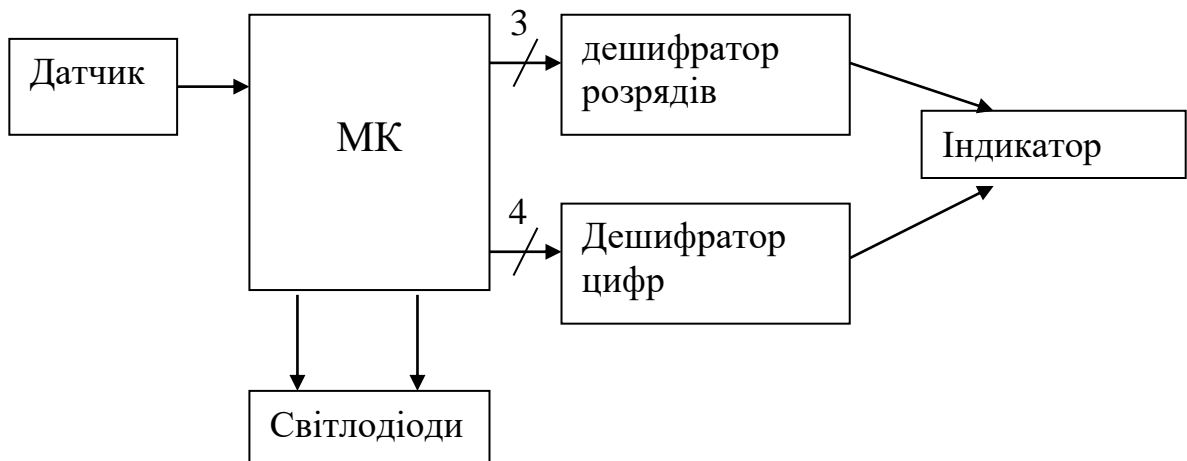


Рисунок 2.3 – Структурна схема з двома дешифраторами

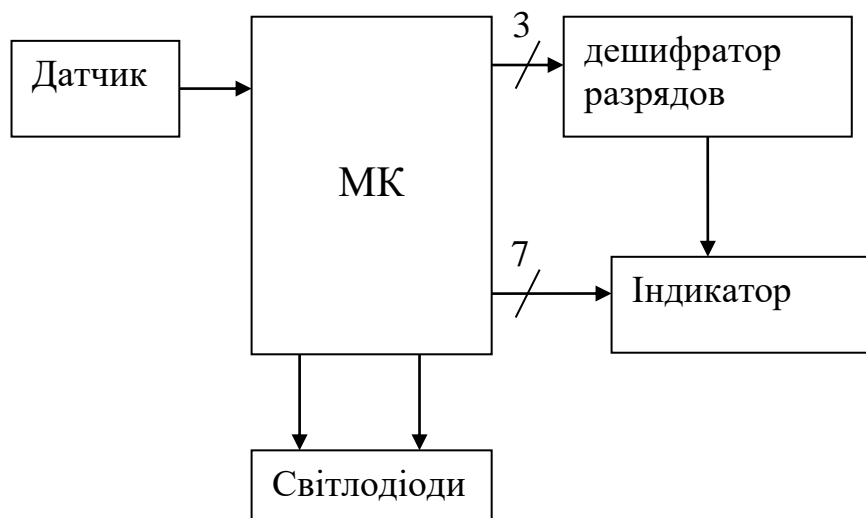


Рисунок 2.4 – Структурна схема з одним дешифратором

Схема з одним дешифратором (рис. 2.4) максимально задіює порти введення-виведення мікроконтролера, що дозволяє зменшити кількість необхідних корпусів для побудови пристрою.

Щодо визначення рівня засипки прес-порошку, замість традиційних кінцевих вимикачів, які використовуються у базовій системі (слайд 02.01), пропонується застосувати датчик, що працює за принципом підрахунку імпульсів, які залежать від зміни положення регулятора рівня засипки. Загальний вигляд такого датчика наведено на слайді 02.02.

3 ОПИС ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ТА КОНСТРУКЦІЙ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРЕСУ НАПІВСУХОГО ПРЕСУВАННЯ ЦЕГЛИ

3.1 Розробка функціональної схеми

На основі вищезазначеного матеріалу можна розробити функціональну схему системи, що створюється. Схема, представлена на слайді 03.01, включає такі основні компоненти: датчики положення Д1 і Д2, які контролюють регулятор рівня засипки секції; датчик струму електроприводу преса Д3 та відповідний перетворювач струму П; узгоджуючий каскад, який синхронізує сигнали з усіх датчиків перед їх подачею на мікроконтролер. Мікроконтролер, отримуючи та обробляючи ці вхідні дані, формує керуючий сигнал для виконавчих механізмів, які реалізують необхідні дії. До регулюючих елементів системи належать двигун приводу преса та двигуни регуляторів рівня засипки у відповідних секціях, що забезпечують точне управління технологічним процесом.

3.2 Проектування структурної схеми мікропроцесорної частини системи

Для реалізації пристрою обираємо структурну схему з одним дешифратором (рис. 2.4), оскільки в використовуваному мікроконтролері достатньо портів введення-виведення для безпосереднього керування індикатором. Крім того, зменшення кількості компонентів підвищує надійність системи, адже одним із найбільш уразливих елементів є паяні з'єднання. Також це сприяє деякому зниженню енергоспоживання пристрою. Після аналізу та обґрунтування вибору, зупиняємося саме на схемі з одним дешифратором. Розширена варіація цієї структурної схеми наведена на рисунку 3.1.

3.2.1 Вибір типу мікроконтролера

Мікроконтролери компанії ATMEL, що мають покращену архітектуру, оснащені ефективними апаратно-програмними ресурсами для виконання

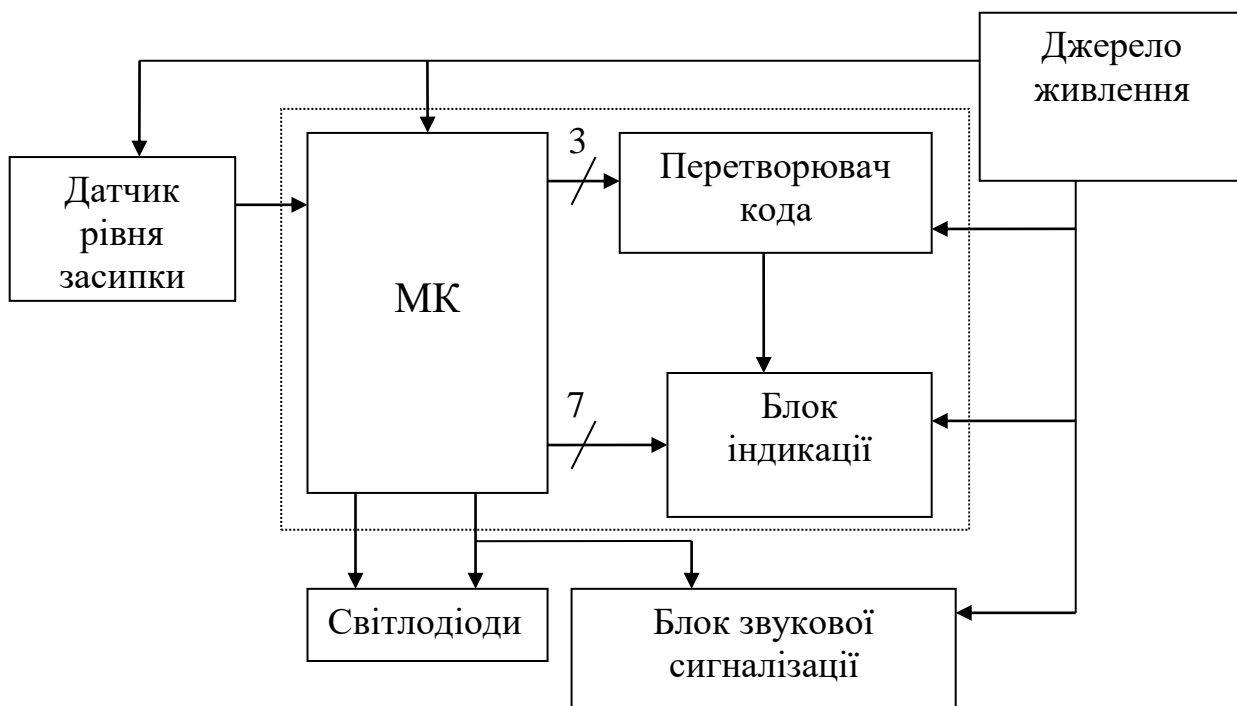


Рисунок 3.1 - Вибрана структурна схема пристрою

широкого спектра завдань. Сімейство мікроконтролерів AVR включає як прості моделі (наприклад, AT90S1200, AT90S2313, AT90S4433) з базовим набором функцій, так і потужні модифікації megaAVR, які відрізняються значно більшим обсягом пам'яті, числом портів введення-виведення та іншими розширеними можливостями. Висока продуктивність мікроконтролерів AVR забезпечується розвиненою системою команд, більшість яких виконуються за один робочий такт, а також апаратною підтримкою стандартних функцій — таймерів, ШІМ-модуляторів, паралельних і послідовних портів, компараторів, АЦП та інших. Крім того, вони підтримують внутрішньосистемне програмування, що дозволяє записувати програми і дані у ПЗП безпосередньо в схемі вже працюючого пристрою, що значно спрощує налагодження та оновлення програмного забезпечення.

Загальна архітектура мікроконтролерів AVR і їх програмна сумісність дозволяють застосовувати однакові алгоритми та робочі програми на різних моделях цього сімейства. Управління апаратними ресурсами мікроконтролера здійснюється через спеціальні керуючі регістри введення-виводу, які відповідають за налаштування параметрів і режимів роботи периферійних

пристроїв, а також забезпечують обмін даними між мікроконтролером і цими пристроями. Система переривань мікроконтролерів AVR дозволяє ефективно обробляти як внутрішні, так і зовнішні переривання, керовані через регістри введення-виводу. Всі апаратні внутрішні та зовнішні переривання мають чітко визначені та жорстко закріплені адреси векторів переривань, що забезпечує швидкий і надійний перехід до обробника події. Така архітектурна організація сприяє підвищенню продуктивності та гнучкості систем на базі мікроконтролерів AVR.

3.2.2 Вибір датчика рівня засипки прес-порошку

Прилади серії CI8 випускаються в різних модифікаціях, що відрізняються типом корпусу, видом вбудованих вихідних пристроїв та наявністю інтерфейсу зв'язку з комп'ютером (COM). Типи вихідних пристроїв, які можуть бути інтегровані в обраний датчик, включають:

- р — електромагнітне реле;
- к — транзисторні оптопари структури n-p-n;
- е — оптосимістори;
- інтерфейс RS485 для цифрового зв'язку.

Універсальний програмований 8-розрядний лічильник імпульсів серії CI8 призначений для виконання таких функцій:

- підрахунок кількості імпульсів, що надходять на входи пристрою у прямому та зворотному напрямках з подальшим перетворенням у фізичну величину шляхом множення на заданий коефіцієнт;
- вимірювання частоти та тривалості імпульсних сигналів;
- облік часу роботи обладнання;
- розрахунок середньої та сумарної витрати рідини у поєднанні з імпульсними або частотними датчиками.

Прилад оснащений двома вбудованими вихідними пристроями ключового типу, які призначені для керування включенням та вимкненням зовнішнього технологічного обладнання при досягненні встановлених уставок. Це робить CI8

універсальним та зручним рішенням для автоматизації процесів контролю рівня засипки прес-порошку.

Функціональна схема пристрою представлена на рис. 3.2. Пристрій оснащений трьома входами для підключення зовнішніх керуючих сигналів, які через симісторні входи надходять на блок обробки даних.

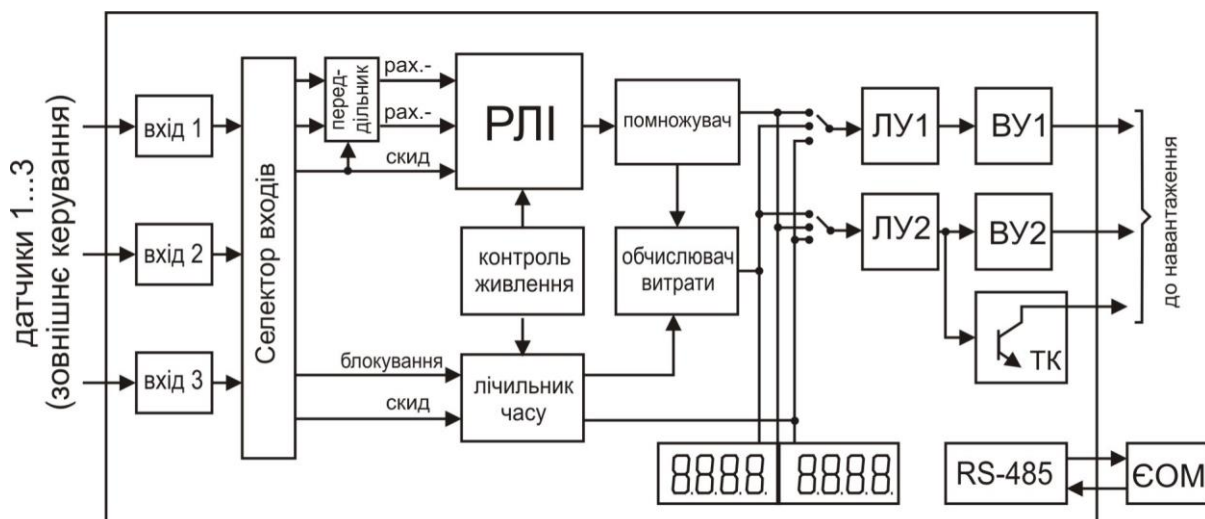


Рисунок 3.2 – Функціональна схема лічильника імпульсів CI8

Блок обробки даних включає лічильник імпульсів із передділником на вході та множником на виході, лічильник часу, обчислювач середньої витрати, а також два логічні пристрої, які відповідно до заданого користувачем алгоритму формують керуючі сигнали для вихідних приладів. Пристрій має три входи для підключення зовнішніх керуючих сигналів. До цих входів можуть бути під'єднані:

- контакти кнопок, вимикачів, геконів, реле тощо;
- активні датчики з транзисторним виходом n-p-n типу з відкритим колектором. Для живлення таких датчиків на клеми приладу подається напруга $+24\pm 3$ В (максимальний струм навантаження — 100 мА);
- інші типи датчиків, які видають вихідну напругу високого рівня від 2,4 до +30 В та низького рівня від 0 до 0,8 В. При низькому рівні вхідний струм не перевищує 15 мА.

3.2.3 Огляд типів вихідних пристроїв

Вихідні пристрої керування, які підключені до логічних блоків, можуть бути виконані у вигляді реле, транзисторних оптопар або оптосимісторів. Вони призначені для увімкнення або вимкнення навантаження як безпосередньо, так і через потужніші керуючі елементи, такі як пускачі, твердотільні реле, тиристори або симістори. Усі вихідні пристрої мають гальванічну розв'язку від основної схеми приладу.

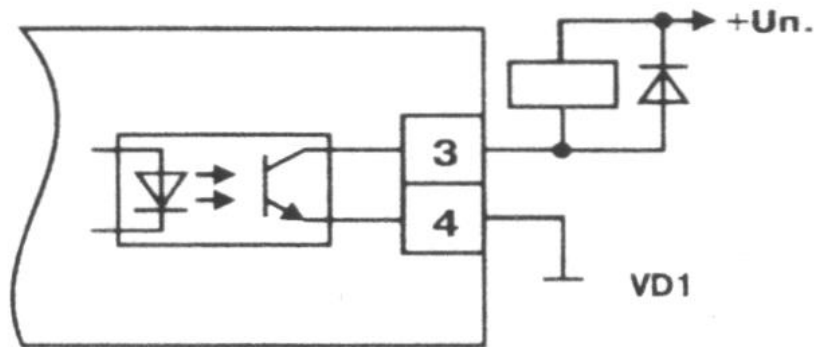


Рисунок 3.3 – Схема підключення транзисторної оптопари

Транзисторна оптопара зазвичай використовується для керування низьковольтними реле (до 50 В). Схема її підключення наведена на рис. 3.3. Щоб запобігти виходу транзистора з ладу через надмірний струм самоіндукції, паралельно обмотці реле слід встановити діод VD1 (типу КД103 або аналогічний). Оптосимістор включається в ланцюг керування потужного симістора через обмежувальний резистор R1 відповідно до схеми, показаної на рис. 3.4.

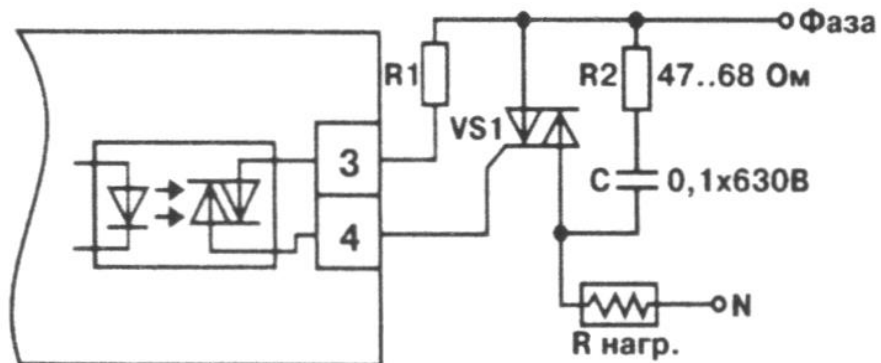


Рисунок 3.4 – Схема підключення оптосимістора

Оптосимістор також може керувати парою тиристорів, з'єднаних зустрічно-паралельно (див. рис. 3.5). Щоб запобігти пробію тиристорів або симісторів через високовольтні імпульси в мережі, до їх виводів рекомендується підключати фільтруючий RC-ланцюг.

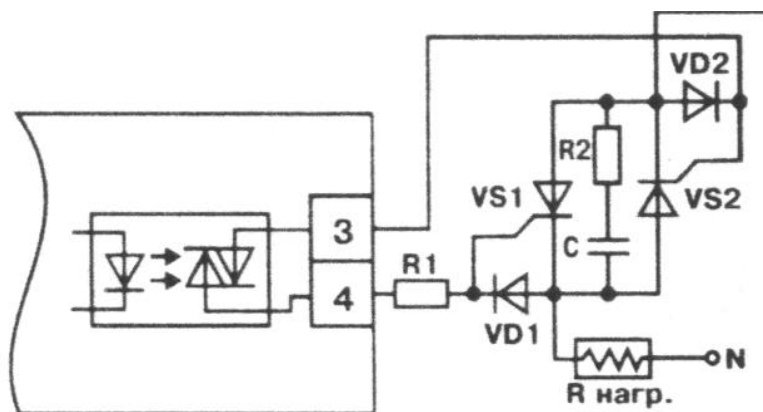


Рисунок 3.5 – Схема підключення зустрічно-паралельних тиристорів

Другий канал приладу оснащений дублюючим виходом у вигляді транзисторної оптопари, призначеної для керування іншими подібними пристроями, такими як лічильники, таймери тощо (див. рис. 3.8).

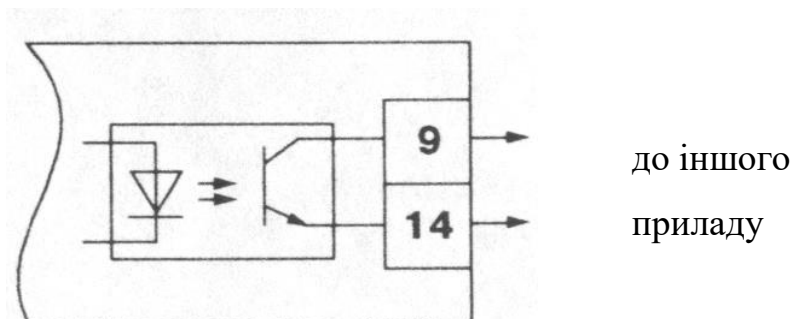


Рисунок 3.8 – Схема підключення подібних приладів до дублюючого виходу

3.2.4 Обґрунтування датчика струму електродвигуна преса

Прилад МТД-RS використовується у системах контролю, керування та захисту електродвигунів і електроустановок під час виконання технологічних процесів у різних галузях промисловості, сільського господарства та житлово-комунального господарства. Монітор струму двигуна з функцією обміну даними та керування через інтерфейс RS-485 (МТД-RS), у комплекті з первинними

перетворювачами — датчиками струму ДТ.005.007-02, призначений для вимірювання струму та захисного відключення навантаження в мережах змінного струму з частотою 50 Гц, напругою 220/380 В та номінальними струмами навантаження від 1 до 250 А. Для місцевого візуального контролю використовується ЖКІ-індикатор 16x2 із постійним підсвічуванням.

Функції датчика струму (рис. 3.9) включають:

- активацію функцій та можливість зміни заводських уставок користувачем;
- захисне відключення електроустановок у системах змінного струму при: тривалому перевантаженні, двократному перевантаженні споживаного струму, обриві будь-якого фазного дроту навантаження, а також при виході живлячої напруги за допустимі межі;
- контроль та індикацію струму, напруги і частоти кожної фази;
- передачу даних через послідовний інтерфейс RS-485 на EOM верхнього рівня за протоколом Х.3, що забезпечує захист інформації від спотворень і втрат;
- дистанційне налаштування параметрів приладу та навантаження: допустимих меж струму, напруги, часу тривалого перевантаження, часу спрацьовування захисту при перевищенні параметрів, часу спрацьовування захисту при обриві фази, а також захисного часу перемикання реверсу живлячих фаз;
- дистанційну діагностику функцій приладу.

КГВ призначений для ущільнення проходу окремих електричних кабелів і проводів. Він складається з цангового затиску, гумової втулки, обтискової гайки та кріпильної гайки. Матеріалом виготовлення КГВ є поліетилен відповідно до норм НД 277-73 (276-73, 273-79).

Схема підключення приладу МТД-RS наведена на слайді 06.04.

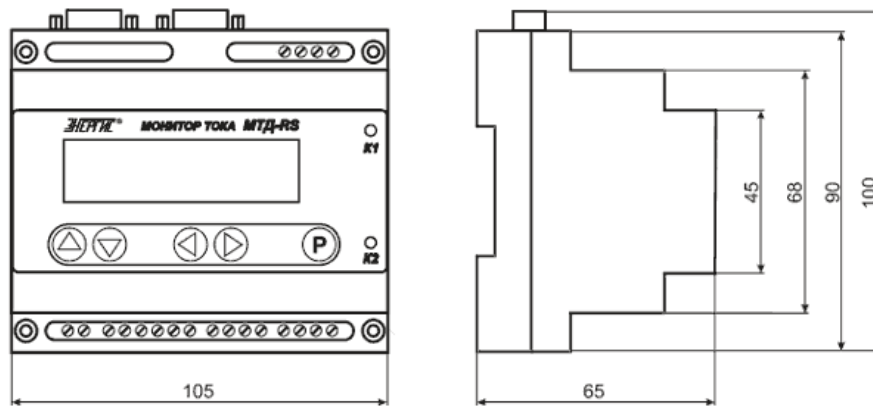


Рисунок 3.9 – Габаритні розміри приладу МТД-RS

3.2.5 Обґрунтування вибору перетворювача струму

Перетворювач струму ПНС-1 призначений для конвертації сигналів постійної напруги або струму (однополярних або двополярних) у уніфікований аналоговий сигнал постійного струму, який також може бути одно- або двополярним. Цей перетворювач використовується для контролю електричних мереж і установок, а також у системах телемеханіки та автоматизації технологічних процесів (АСУ ТП) на енергоємних промислових об'єктах різних галузей.

ПНС-1 призначений для використання як автономно, так і в складі систем АСУ ТП в енергетиці, металургії, хімічній промисловості та інших галузях. Середній час напрацювання на відмову, враховуючи планове технічне обслуговування згідно з експлуатаційними інструкціями, становить не менше 100 000 годин.

Термін служби пристрою становить не менше 10 років. Критерієм припинення експлуатації є економічна недоцільність подальшого використання.

Перетворювач виконаний у литому ударостійкому пластиковому корпусі. На задній панелі розташовані кріплення для монтажу на DIN-рейку. На передній панелі знаходяться індикатор наявності живлення та клеми для підключення вхідних і вихідних ланцюгів.

Схема ПНС-1 складається з таких функціональних блоків: вхідного пристрою з гальванічним розділенням вхідних ланцюгів від схеми перетворення, підсилювача сигналу гальванічного роздільника та перетворювача напруга-струм.

Живлення пристрою здійснюється від мережі змінного струму 220 В, 50 Гц або постійної напруги 24 В. Живлення проходить через мережевий трансформатор, що знижує напругу, далі – на випрямляч. З випрямляча струм надходить на імпульсний перетворювач, який формує необхідну напругу для живлення блоку, одночасно забезпечуючи гальванічну розв'язку між ланцюгами живлення, а також між схемою перетворювача і вхідним пристроєм.

3.2.6 Обґрунтування вибору блока індикації

Вибір рідкокристалічних індикаторів базується на твердженні, що для їх управління потрібне від'ємне джерело живлення та подача трирівневих керуючих імпульсів на кожен сегмент. Якщо кількість сегментів невелика (наприклад, у годиннику), це завдання досить просте, але при великій кількості сегментів застосовують модульну систему. Ідея модульної системи полягає в тому, що ЖК-дисплей оснащується драйверним модулем — контролером. Кожен виробник розробляє свої драйвери за власною схемою та технологією, проте для забезпечення сумісності всі драйвери підтримують командний набір, сумісний із драйверами типу HD44780 від фірми Hitachi. Для розробника головне — щоб драйвер у модулі працював коректно, незалежно від його внутрішньої реалізації.

Алфавітно-цифрові рідкокристалічні модулі з драйверами-контролерами зазвичай називають ЖК-дисплеями або LCD-дисплеями. Такий модуль складається з друкованої плати, на якій розміщено драйвер-контролер — у корпусі або без нього (залитий компаундом), а також рідкокристалічного індикатора, який через контактну гуму притиснутий металевією рамкою до плати. У цій роботі використовується дворядний індикатор.

Основні характеристики драйвера HD44780:

- живляча напруга для логіки в діапазоні 2,7–5,5 В;
- живляча напруга для вихідних формувачів — від 3 до 5 В;
- підтримка форматів символів 5×8 та 5×10;
- вбудований генератор.

8- або 4-розрядна шина даних забезпечує зв'язок із мікроконтролером. Максимальна частота обміну по цій шині становить 2 МГц. Об'єм дисплейної оперативної пам'яті (ОЗУ) — 80×8 (80 символів). Вбудований фіксований знакогенератор містить 9920 біт, а для користувача передбачено можливість завантаження власного знакогенератора обсягом 64×8 . Підтримується програмований мультиплекс із коефіцієнтами 1:8, 1:11, 1:16.

РК-дисплеї випускаються з різною кількістю рядків (від 1 до 4) та знаками в рядку (8, 10, 16, 20, 24, 30, 32, 40), а також різними розмірами. Кожне знакомісце складається з матриці 5×8 (40) точок, з яких формуються цифри, літери та символи. Усі символи збережені у ПЗП знакогенератора за власними адресами. Крайні ліві біти кодують молодший півбайт адреси знакогенератора, а старші біти — старший півбайт.

3.3 Розробка алгоритму функціонування системи

Перед початком оптимізації параметрів і формування керуючих дій в ЕОМ вводяться вихідні дані $I_{д.мах}$, $FinH$, $FinL$ від датчика положення секції. Спершу здійснюється опитування датчика струму електродвигуна преса з передачею отриманої інформації через інтерфейс введення до ЕОМ. Залежно від результатів опитування, або генерується сигнал керування приводом муфти гальма для зупинки двигуна преса, або розпочинається опитування датчиків положення регуляторів рівня засипки суміші.

Якщо рівень засипки відповідає встановленим вимогам, система продовжує свою роботу. У разі невідповідності, ЕОМ генерує відповідне керуюче діяння. При досягненні максимального рівня засипки прес-форм подається сигнал на двигун регулятора для зниження рівня засипки. І навпаки, при досягненні мінімального заданого рівня подається сигнал на двигун регулятора для збільшення рівня засипки суміші.

Загальний алгоритм роботи системи представлено на слайді 04.02.

3.4 Розробка схеми електричної принципової розроблюваної системи

На основі функціональної схеми розроблено електричну принципову схему. Швидкий розвиток мікропроцесорних технологій забезпечив їх широке застосування в різних галузях господарства. Завдяки функціональній гнучкості, надійності, компактності та невисокій вартості, мікропроцесорні засоби ефективно використовуються в автоматичних системах керування.

Сучасна цифрова елементна база дозволяє створювати програмні цифрові регулятори в реальному часі на основі мікропроцесорів. Зокрема, однокристальні мікроконтролери — це інтегровані схеми, які об'єднують мікропроцесор, пам'ять програм і даних, а також програмовані інтерфейси для зв'язку із зовнішніми пристроями. Використання мікроконтролерів у керуючих системах забезпечує високу ефективність при низьких витратах, невеликих габаритах і енергоспоживанні, а також достатній обчислювальний потенціал [17-20].

Структурна організація, набір команд і апаратно-програмні засоби вводу/виводу мікроконтролера оптимально підходять для керування та регулювання в автоматичних приладах і системах. При проектуванні мікропроцесорних систем автоматичного керування (САК) потрібно враховувати ряд факторів: забезпечення необхідної якості керування, ефективний розподіл функцій між апаратурою та програмним забезпеченням, а також інтеграцію цифрової і аналогової частин системи.

На такі параметри якості керування, як динаміка, точність і надійність виконання функцій, впливає цифрова реалізація алгоритму в мікроконтролері. Оскільки інформація подається у дискретній формі, процеси піддаються дискретизації у часі та квантуванню по рівню. Дискретизація, що визначається критеріями якості роботи САК, висуває вимоги до швидкодії мікроконтролера, тоді як квантування призводить до появи шумів квантування.

Розподіл функцій системи автоматичного керування між апаратною та програмною реалізацією потребує врахування низки чинників. Основними з них є потужність мікроконтролера, структура системи, формат вхідної та вихідної

інформації, а також особливості цифрової обробки сигналів. Для підключення аналогових сигналів до мікроконтролера використовують аналого-цифрові (АЦП) і цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі, до яких висуваються вимоги щодо високої швидкодії, точності та лінійності. Часто виникає потреба узгодження розрядності зовнішніх АЦП із параметрами мікроконтролера. Проте сучасні мікроконтролери часто мають вбудовані АЦП з достатньою розрядністю, що дозволяє уникнути використання додаткових мікросхем і спрощує електричну схему.

З урахуванням вищезазначених вимог, для побудови мікропроцесорної системи автоматичного керування доцільно застосувати однокристальний мікроконтролер типу AT90S4433.

Хоча цифрові регулятори з програмною реалізацією поступаються апаратним у швидкодії, вони є більш гнучкими, зручними для налаштування та мають кращі габаритно-масові характеристики. До того ж, мікропроцесорні САК мають вищу надійність порівняно з аналогічними системами на традиційній елементній базі.

ЦАП перетворює цифровий код у відповідний аналоговий сигнал, а АЦП виконує зворотну операцію — кодує аналоговий сигнал у цифровий. Важливою вимогою для таких перетворювачів є їх сумісність з мікропроцесором: по логічних рівнях, форматах даних і програмному інтерфейсу. Мікроконтролер AT90S4433 має вбудовані АЦП і ЦАП, що спрощує узгодження з аналоговими компонентами системи.

У системі автоматичного регулювання завантаження прес-порошку виділяють дві основні частини: слабкострумову (керуючу) та силову (енергетичну). Реалізація слабкострумової частини на базі одного мікропроцесора підвищує надійність та гнучкість САР, а також спрощує реалізацію алгоритмів керування.

Оскільки цифровий сигнал не несе енергетичного навантаження, а лише інформацію, він менш чутливий до перешкод та викривлень. Слабкострумова частина мікропроцесорної САР виконує програмну реалізацію цифрового регулятора та формує спеціальні кодові послідовності для керування силовою частиною, зокрема приводом заслінки.

Принципова схема мікропроцесорного блока системи автоматичного регулювання завантаження прес-порошку подана на слайді 06.01. Вона реалізована на базі мікроконтролера AT90S4433, який виконує алгоритм керування.

Мікросхема DD1 (AT90S4433) має вбудований тактовий генератор G1, частота якого задається зовнішнім кварцовим резонатором 12 МГц. Основні характеристики МК:

- виконання 131 операції за один такт,
- 32 регістри загального призначення,
- один машинний такт відповідає двом машинним циклам,
- підтримка до 64 КБ розширеної внутрішньої пам'яті,
- два 8-бітні таймери-лічильники з окремими режимами,
- вбудований аналоговий компаратор,
- 35 програмованих входів/виходів,
- корпуси PDIP (40 виводів) або TQFP (44 виводи),
- робоча напруга живлення: 2,8–5,5 В.

Сигнали з датчиків надходять до мікроконтролера через узгоджувальний блок, який забезпечує приведення входних сигналів до рівнів, сумісних із МК. Принципову схему цього блоку наведено на слайді 06.02. Вхідні масштабуючі підсилювачі, що перетворюють сигнали датчика та задавача, виконані на операційних підсилювачах типу К140УД17. Ці підсилювачі забезпечують:

- безспотворювальне підсилення сигналів,
- подавлення синфазних перешкод,
- малу напругу зміщення нуля та її дрейф,
- низький рівень шуму,
- високий вхідний опір.

Зміна масштабу підсилення досягається коригуванням коефіцієнта підсилення. Керуючі сигнали передаються до силових елементів системи через вихідний каскад, електричну схему якого подано на слайді 06.03. Поточні значення технологічних параметрів відображаються на рідкокристалічному індикаторі.

3.5 Робота схеми електричної принципової пресу

Електрична схема та обране обладнання забезпечують надійну роботу преса та відповідають технічним вимогам. Схему керування пресом СМ-1085 подано на слайді 04, а схему узгодження нового обладнання з наявним — на слайді 05.

Для запуску преса слід:

- встановити рукоятку рубильника SB1 на боковій стінці у положення «Включено»;
- увімкнути автоматичні вимикачі SQ1...SQ7 у щиті;
- вставити ключ у перемикач SA1 «Цепь управления» і повернути в положення «Включено».

Кнопкою SB4.1 подається звуковий сигнал. Перед запуском преса рекомендується попередньо увімкнути нагрівачі штампів і столу (ЕК1...ЕК6 секцій I та II) за допомогою кнопок 3SB1 і SB8, які активують магнітні пускачі КМ3 і КМ6. Живлення 36 В на нагрівачі подається від силового трансформатора.

Для запуску преса слід натиснути кнопку SB1 «Пуск преса» — вмикається магнітний пускач КМ1, який фіксується власними контактами та силовими контактами запускає двигун М1, готуючи ланцюг увімкнення реле КТ3.

Після повторної подачі звукового сигналу й переконання у відсутності сторонніх предметів на пресі, натискають кнопку SB4.1 «Муфта включена». Напруга подається на реле часу КТ1 і реле КV1. Контакти КV1 вмикають пускач КМ2, який розтискає гальма двигуна М2. Через 1 секунду контакт КТ1 замикає ланцюг пускача КМ7, що запускає двигун М6 муфти — муфта вмикається. В кінці ходу спрацьовує кінцевий вимикач SQ6, який вмикає двигун М6.

Під час роботи преса може змінюватися глибина засипки глиняного порошку. Датчики рівня в секціях I та II при досягненні заданого рівня передають сигнал на мікроконтролер, який керує виконавчими механізмами для корекції глибини засипки.

Схема передбачає два режими запуску системи змазки — автоматичний і ручний, що вибирається перемикачем SA2 на пульті керування. У режимі автоматичного запуску після увімкнення двигуна преса (пускач КМ1), через його контакт активується реле часу КТ3. Через 45–80 хв воно подає сигнал на реле КV2, яке вмикає пускач КМ6 та реле КТ2. Пускач КМ6 запускає двигун змазки М5 — мастило подається по магістралі І. Коли тиск досягає норми, кінцевий вимикач SQ8 розриває ланцюг, вимикаючи КV2, КМ6 та КТ2 — двигун М5 зупиняється.

Через 5 с КТ2 вмикає КТ3 для обнулення таймера. Після чергового запуску схема працює аналогічно, але вже через реле КV3, яке подає мастило по магістралі ІІ. Цикл повторюється по черзі для обох магістралей.

Схема передбачає захист преса від перевантажень або аварій. Це забезпечується датчиком струму МТД-RS, підключеним до мікроконтролера. Якщо під час роботи двигун М1 перевищує струм понад 1,3 номінального значення (наприклад, через перепресування або сторонній предмет у формі), мікроконтролер отримує сигнал і подає команду на відключення муфти та увімкнення гальма.

Також передбачено аварійне вимкнення вручну — кнопками SB16 або SB17. При їх натисканні активується реле КV4, яке вмикає звукову сигналізацію та миттєво знеструмлює муфту приводу.

На пульті керування є аварійна червона грибоподібна кнопка SB1 для миттєвого вимкнення муфти і зупинки пресу. Сигнальні лампочки HL1...HL15 інформують про стан преса: зелені – робота приводу, увімкнена муфта, підігрів секцій І і ІІ, подача змазки; червоні – увімкнена муфта і мінімальний рівень змазки.

Лампочка HL8 сигналізує про низький рівень змазки, що контролюється пливом вимикачем SQ5 на резервуарі. При цьому система змазки не вмикається, доки резервуар не буде заповнений.

У третьому розділі розроблено функціональну та структурну схему мікропроцесорної частини, вибрано та описано мікроконтролер, датчики рівня і струму, блок індикації, алгоритм роботи системи та принципову електричну схему пресу.

4 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ РОЗРОБЛЮВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Розрахунок випрямляча мостового

Оскільки розроблена схема регулювання процесу засипки прес-порошку має малу потужність, для її живлення доцільно застосувати однофазний двопівперіодний випрямляч змінного струму з двома обмотками на вторинній обмотці трансформатора. Такий тип випрямляча забезпечує ефективне перетворення змінної напруги на постійну з мінімальними втратами енергії.

Для зменшення пульсацій напруги на виході та забезпечення стабільної роботи електронних компонентів, у випрямлячі використовується ємнісний фільтр. Він згладжує коливання напруги після випрямлення, надаючи живленню більш постійного характеру. Це визначає ємнісний тип навантаження для випрямляча.

У якості випрямних елементів (вентилів) найчастіше застосовуються напівпровідникові діоди, зокрема кремнієві, які характеризуються високою надійністю, невеликими втратами на прямому переході та тривалим терміном служби.

Структурна схема мостового випрямляча з ємнісним фільтром представлена на рисунку 4.1, де показано принцип роботи випрямлення та фільтрації напруги.

Такий тип мостового випрямляча забезпечує двопівперіодне випрямлення напруги, що підвищує коефіцієнт використання трансформатора. Завдяки цьому зменшуються його габарити, маса та загальна вартість джерела живлення.

Вихідні дані для розрахунку:

- 1) коефіцієнт пульсації випрямленої напруги $K_{n1} = 2,5\%$; $K_{n2} = 1\%$;
- 2) середнє значення випрямленої напруги при номінальному значенні опору навантаження $U_d = 24 \text{ В}$;
- 3) струм навантаження $I_{d1} = 2,1 \text{ А}$; $I_{d2} = 0,3 \text{ А}$
- 4) частота мережі живлення $f_m = 50 \text{ Гц}$;
- 5) напруга мережі живлення $U_m = 220 \text{ В}$.

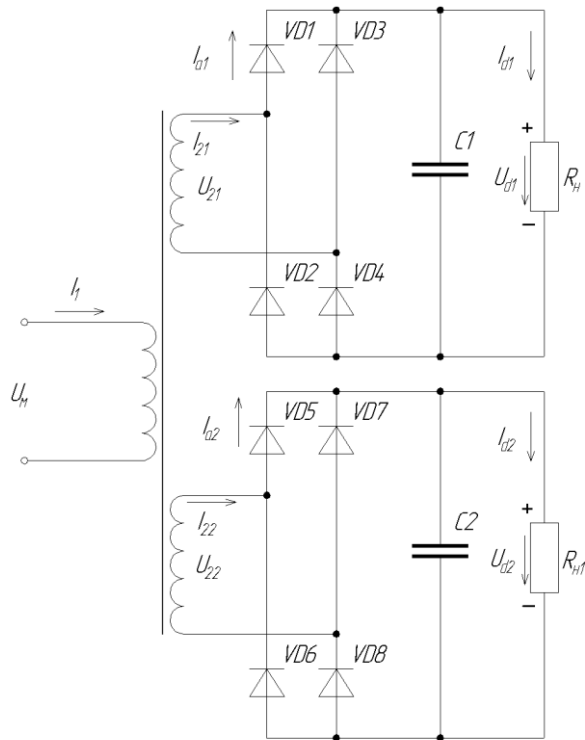


Рисунок 4.1 – Однофазний мостовий випрямляч з двома обмотками та ємнісним фільтром

В процесі проведення розрахунків необхідно визначити:

- 1) параметри і тип вентилів;
- 2) ККД випрямляча;
- 3) режими роботи схеми (значення напруги на елементах та струму в них);
- 4) Ємність та тип конденсатора фільтра.

Порядок розрахунку.

1. Для визначення орієнтовних параметрів випрямних елементів і розрахунку габаритної потужності трансформатора необхідно задати допоміжні коефіцієнти B , D та F . У випадку використання мостової схеми випрямлення ці коефіцієнти приймаються в межах таких типових діапазонів: $B = 0,95...1,1$; $D = 2,1...2,2$; $F = 6,8...7,2$.

Нехай $D = D_1 = D_2 = 2,15$; $B = B_1 = B_2 = 1,06$; $F = F_1 = F_2 = 7,0$.

В такому випадку амплітуда зворотної напруги на вентилі дорівнює:

$$U_{\text{вм}} = 1,5 U_d = 1,5 \cdot 24 = 32 \text{ В}$$

Середнє значення та амплітудне значення струму через вентиль відповідно дорівнює:

$$I_{a1} = \frac{I_{d1}}{2}; \quad I_{a2} = \frac{I_{d2}}{2}$$

$$I_{am1} = I_{d1} \cdot 0,5 \text{ F}; \quad I_{am2} = I_{d2} \cdot 0,5 \text{ F}$$

$$I_{a1} = \frac{2,1}{2} = 1,05 \text{ А}; \quad I_{a2} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ А};$$

$$I_{am1} = 2,1 \cdot 0,5 \cdot 7 = 7,35 \text{ А}; \quad I_{am2} = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 7 = 1,05 \text{ А}.$$

3. Визначимо габаритну потужність трансформатора:

Габаритна потужність трансформатора — це умовна розрахункова величина, яка враховує не тільки електричну потужність, що передається трансформатором, а й **теплові, конструктивні та масо-габаритні характеристики.

Вона дозволяє орієнтовно визначити розміри, масу та вартість трансформатора ще на етапі проектування.

Для чого потрібна габаритна потужність:

- Щоб орієнтовно вибрати трансформатор за розмірами й типорозміром.
- Щоб не перевантажити трансформатор теплово чи електрично.
- Щоб забезпечити оптимальні умови роботи випрямляча та навантаження.

Хоча габаритна потужність і не є фізично вимірюваним параметром, вона широко застосовується в інженерних розрахунках трансформаторів для живлення електронних схем, особливо у джерелах живлення малої та середньої потужності.

$$S_{T1} = I_{d1} U_d \cdot 0,707 B_1 D_1; \quad S_{T2} = I_{d2} U_d \cdot 0,707 B_2 D_2;$$

$$S_T = S_{T1} + S_{T2};$$

$$S_{T1} = 2,1 \cdot 32 \cdot 0,707 \cdot 1,06 \cdot 2,15 = 108,28 \text{ ВА};$$

$$S_{T2} = 0,3 \cdot 32 \cdot 0,707 \cdot 1,06 \cdot 2,15 = 15,46;$$

$$S_T = 206,24 + 15,46 = 123,74 \text{ ВА}$$

За обчисленим значенням габаритної потужності визначаємо максимально допустиму індукцію B_{tV_tVt} для сталі марки Э360, при цьому забезпечується виконання умови $S_T > 123,74 \text{ В} \cdot \text{А}$:

$$B_m = 1,43 \text{ Гц для } S_T = 200 \text{ ВА.}$$

3. Вибираємо Тип вентилів вибираємо з таблиць. При цьому слід забезпечити виконання наступних умов:

$$I_{a \text{ max}} > I_a$$

$$U_{\text{вм max}} > U_{\text{вм}}$$

$$I_{am \text{ max}} = \pi I_a > I_{am}$$

Для першої обмотки в якості вентилів вибираємо кремнієві діоди типу КД202В, з такими параметрами:

$$U_{\text{вм max1}} = 100 \text{ В} > 32 \text{ В};$$

$$I_{am \text{ max1}} = \pi I_{am1} = 3,14 \cdot 3,5 = 10,99 \text{ А} > 7,35 \text{ А}$$

$$I_{a \text{ max1}} = 3,5 \text{ А} > 1,05 \text{ А}$$

$$U_{np} = 1 \text{ В}$$

Для другої обмотки в якості вентилів вибираємо кремнієві діоди типу КД205В, з такими параметрами:

$$U_{\text{вм max2}} = 300 \text{ В} > 32 \text{ В};$$

$$I_{am \text{ max2}} = \pi I_{am2} = 3,14 \cdot 0,5 = 1,57 \text{ А} > 1,05 \text{ А}$$

$$I_{a \text{ max2}} = 0,5 \text{ А} > 0,15 \text{ А}$$

$$U_{np} = 1 \text{ В}$$

4. Знаходимо далі опір діода у провідному стані:

$$r_{np1} = \frac{U_{np}}{I_{a \text{ max1}}}; r_{np2} = \frac{U_{np}}{I_{a \text{ max2}}}$$

$$r_{np1} = \frac{1}{3,5} = 0,29 \text{ Ом}; \quad r_{np2} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ Ом}.$$

5. Знайдемо також величину активного опору обмоток трансформатора:

$$r_{T1} = \frac{k_r U_{d1}}{I_{d1} f_m B_m} \sqrt[4]{\frac{S f_m B_m}{U_d I_{d1}}}, \quad r_{T2} = \frac{k_r U_d}{I_{d2} f_m B_m} \sqrt[4]{\frac{S f_m B_m}{U_d I_{d2}}},$$

де k_r – коефіцієнт, який визначається типом схеми випрямлення: для мостової схеми матимемо $k_r = 3,5$;

S – число стержнів трансформатора, на яких розміщено обмотки: в нашому випадку для броньового трансформатора з Ш-подібними пластинами магнітопроводу $S = 1$;

B_m – амплітуда магнітної індукції в середині магнітопровода трансформатора, Тл.

$$r_{T1} = \frac{3,5 \cdot 32}{2,1 \cdot 50 \cdot 1,43} \sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1,43}{32 \cdot 2,1}} = 0,758 \text{ Ом};$$

$$r_{T2} = \frac{3,5 \cdot 32}{0,3 \cdot 50 \cdot 1,43} \sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1,43}{32 \cdot 0,3}} = 8,626 \text{ Ом}.$$

6. Також знаходимо індуктивність розсіювання обмоток трансформатора

$$L_{S1} = k_L S \frac{U_d}{I_{d1} f_m B_m} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\frac{S f_m B_m}{U_d I_{d1}}}}, \quad L_{S2} = k_L S \frac{U_d}{I_{d2} f_m B_m} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\frac{S f_m B_m}{U_d I_{d2}}}}.$$

де k_L – коефіцієнт, який визначається типом схеми випрямлення: для мостової схеми, матимемо $k_L = 5 \cdot 10^{-3}$.

$$L_{S1} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \frac{32}{2,1 \cdot 50 \cdot 1,43} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1,43}{32 \cdot 2,1}}} = 1,049 \cdot 10^{-3} \text{ Гн},$$

$$L_{S2} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \frac{32}{0,3 \cdot 50 \cdot 1,43} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1,43}{32 \cdot 0,3}}} = 4,515 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}.$$

7. Знаходимо кут φ , який визначається співвідношення між індуктивним та активним опором випрямляча:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{2\pi f_m L_{S1}}{r_1}, \quad \varphi_2 = \arctg \frac{2\pi f_m L_{S2}}{r_2},$$

де r_1, r_2 – активний опір випрямляча.

У загальному випадку матимемо

$$r_1 = r_{T1} + n_q r_{np2}, \quad r_2 = r_{T2} + n_q r_{np2}$$

де n_q – кількість одночасно працюючих вентилів, що послідовно увімкнені, для мостової схеми $n_q = 2$.

$$r_1 = 0,758 + 2 \cdot 0,29 = 1,338 \text{ Ом};$$

$$r_2 = 8,626 + 2 \cdot 2 = 12,626 \text{ Ом};$$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1,049 \cdot 10^{-3}}{1,338} = 14^\circ,$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 4,515 \cdot 10^{-3}}{12,626} = 6^\circ.$$

8. Визначаємо величину основного розрахункового коефіцієнта:

$$A_{01} = \frac{I_{d1} r_1}{m U_d}, \quad A_{02} = \frac{I_{d2} r_2}{m U_d},$$

де m – число фаз випрямляча (у випадку мостової схеми $m = 2$).

$$A_{01} = \frac{2,1 \cdot 1,338}{2 \cdot 32} = 0,044; \quad A_{02} = \frac{0,3 \cdot 12,626}{2 \cdot 32} = 0,059;$$

9. За визначеними значеннями A_0 і кута φ за графіками встановимо величини відповідних допоміжних коефіцієнтів:

$$B_1 = 0,95; \quad D_1 = 2,26; \quad F_1 = 6,45; \quad H_1 = 10,8 \cdot 10^3.$$

$$B_2 = 0,95; \quad D_2 = 2,18; \quad F_2 = 6,2; \quad H_2 = 15,1 \cdot 10^3.$$

Знаючи величини відповідних коефіцієнтів B , D , F і H , знаходимо уточнені параметри вентиля і трансформатора, за якими перевіримо правильність їх вибору.

10. Знайдемо діюче значення напруги вторинної обмотки трансформатора для кожної обмотки, яке в даному випадку становить:

$$U_2 = BU_d;$$

$$U_2 = U_{21} = U_{22} = 0,95 \cdot 32 = 30,4 \text{ В.}$$

11. Знайдемо діюче значення струму вторинної обмотки трансформатора:

$$I_{21} = 0,707D_1I_{d1}; I_{22} = 0,707D_2I_{d2};$$

$$I_{21} = 0,707 \cdot 2,26 \cdot 2,1 = 3,36 \text{ А}; I_{22} = 0,707 \cdot 2,18 \cdot 0,3 = 0,46 \text{ А};$$

12. Знайдемо повну потужність вторинної обмотки трансформатора за наступним виразом:

$$S_{21} = 0,707 B_1D_1 I_{d1} U_d; S_{22} = 0,707 B_2D_2 I_{d2} U_d;$$

$$S_{21} = 0,707 \cdot 0,95 \cdot 2,26 \cdot 2,1 \cdot 32 = 102,005 \text{ ВА};$$

$$S_{22} = 0,707 \cdot 0,95 \cdot 2,18 \cdot 0,3 \cdot 32 = 14,056;$$

$$S_2 = S_{21} + S_{22};$$

$$S_2 = 102,005 + 14,056 = 116,061 \text{ ВА.}$$

13. Знайдемо діюче значення струму первинної обмотки трансформатора:

$$I_1 = (I_{21} + I_{22})n,$$

де $n = U_2/U_1$ – коефіцієнт трансформації трансформатора ($U_1 = U_M$).

$$n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{30,4}{220} = 0,14;$$

$$I_1 = (3,36 + 0,46) \cdot 0,14 = 0,54 \text{ А}$$

14. Знайдемо повну потужність первинної обмотки трансформатора, яка в даному випадку дорівнюватиме:

$$S_1 = U_1I_1$$

$$S_1 = 220 \cdot 0,54 = 118,8 \text{ ВА.}$$

15. Встановимо габаритну потужність трансформатора:

$$S_T = \frac{S_1 + S_2}{2};$$

$$S_T = \frac{118,8 + 116,061}{2} = 117,43 \text{ Вт} < 200 \text{ Вт.}$$

16. Також уточнимо значення параметрів діода:

$$U_{\text{ем}} = 1,41 BU_d; I_a = \frac{I_d}{2}; I_{\text{ам}} = 0,5 FI_d.$$

Для першої обмотки трансформатора матимемо:

$$U_{\text{ем1}} = 1,41 \cdot 0,95 \cdot 24 = 32,148 \text{ В} < 100 \text{ В};$$

$$I_{a1} = \frac{2,1}{2} = 1,05 \text{ А} < 3,5 \text{ А};$$

$$I_{\text{ам1}} = 0,5 \cdot 6,45 \cdot 2,1 = 6,77 \text{ А} < 10,99 \text{ А.}$$

Для другої обмотки трансформатора матимемо:

$$U_{\text{ем2}} = 1,41 \cdot 0,95 \cdot 24 = 32,148 \text{ В} < 300 \text{ В};$$

$$I_{a2} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ А} < 0,5 \text{ А};$$

$$I_{\text{ам2}} = 0,5 \cdot 6,2 \cdot 0,3 = 0,93 \text{ А} < 1,57 \text{ А.}$$

Таким чином, типи діодів обрано правильно.

17. Далі визначимо величину ємності конденсатора фільтра:

$$C > \frac{100H}{rK_n f_m};$$

де K_n – коефіцієнт, який визначається типом схеми випрямлення, для мостової схеми він дорівнює $K_n=2,5$

$$C_1 = \frac{100 \cdot 10,8 \cdot 10^3}{1,338 \cdot 2,5 \cdot 50} = 6,46 \cdot 10^3 \text{ мкФ},$$

обираємо тип конденсатора К50-18 з ємністю 10000 мкФ, який розрахований на напругу $U = 63 \text{ В} > \sqrt{2} U_2 = 1,41 \cdot 30,4 = 42,99 \text{ В};$

$$C_2 = \frac{100 \cdot 15,1 \cdot 10^3}{12,626 \cdot 2,5 \cdot 50} = 0,956 \cdot 10^3 \text{ мкФ},$$

обираємо тип конденсатора К50-35 з ємністю 1000 мкФ, який розрахований на напругу $U = 63 \text{ В} > \sqrt{2} U_2 = 1,41 \cdot 30,4 = 42,99 \text{ В}$

18. Побудуємо зовнішню (навантажувальну) характеристику випрямляча у вигляді залежності $U_d = f(I_d)$. Ця характеристика дозволяє оцінити відхилення випрямленої напруги U_d від номінального значення при зміні струму навантаження I_d , а також визначити напругу холостого ходу $U_{dх.х.}$, струм короткого замикання $I_{к.з.}$ та внутрішній опір випрямляча r_0 .

Для побудови графіка будемо задавати значення струму I_d в діапазоні від нуля до номінального значення і відповідно обчислювати допоміжний коефіцієнт:

$$\gamma_{01} = \frac{I_{d1} r_1}{m U_2}; \quad \gamma_{02} = \frac{I_{d2} r_2}{m U_2};$$

$$\gamma_{01} = I_{d1} \frac{1,338}{2 \cdot 30,4} = 0,022 I_{d1}; \quad \gamma_{02} = I_{d2} \frac{12,626}{2 \cdot 30,4} = 0,208 I_{d2}.$$

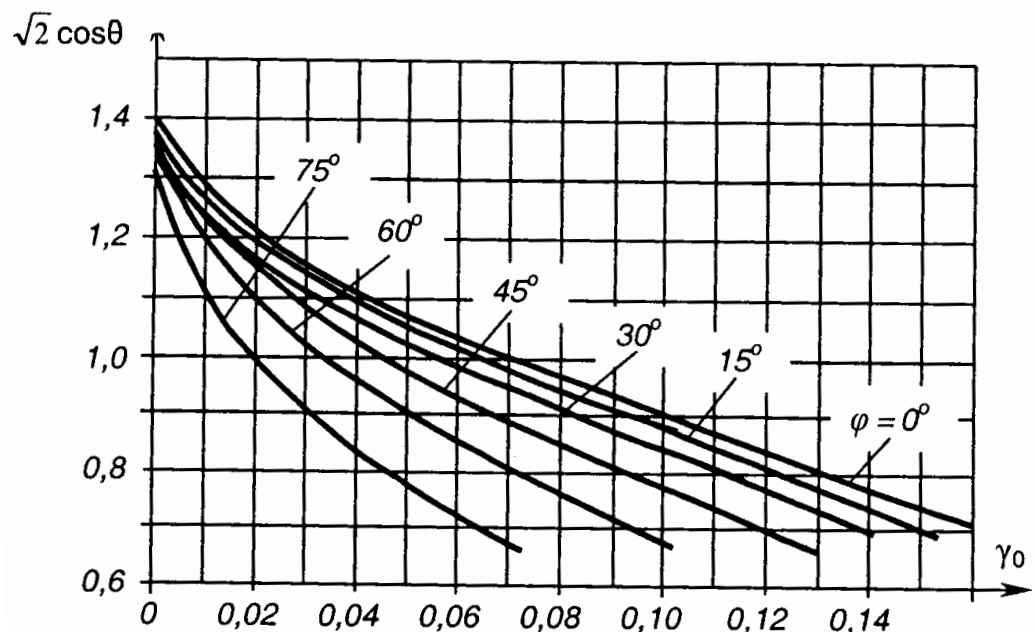


Рисунок 4.2 – Залежність величини $\sqrt{2} \cos \theta$ від коефіцієнта γ_0 для різних значень кута φ

За графіком (рис 4.2) встановимо значення величини $\sqrt{2} \cos\theta$ у певній залежності від γ_0 та φ , де θ – це значення кута відтинання. Тоді відповідні до них можна розрахувати значення вихідної напруги випрямляча за формулою:

$$U_d = U_2 \sqrt{2} \cos\theta; \text{ матимемо}$$

$$U_d = 30,4 \cdot \sqrt{2} \cos\theta.$$

У таблицю 4.1 зведені результати розрахунку (для першої обмотки) та в таблицю 4.2 (для другої обмотки)

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку відповідної навантажувальної характеристики випрямляча за $U_d = 24$ В та $I_{d1} = 2,1$ А

$I_{d1}, \text{ A}$	γ_0 для $\varphi = 14^\circ$	$\sqrt{2} \cos\theta$	$U_d, \text{ В}$
0	0	1,39	32,3
0,7	0,015	1,23	27,4
1,4	0,031	1,14	24,7
2,1	0,046	1,07	22,53

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку відповідної навантажувальної характеристики випрямляча за $U_d = 24$ В та $I_{d2} = 0,3$ А

$I_{d2}, \text{ A}$	γ_0 для $\varphi = 6^\circ$	$\sqrt{2} \cos\theta$	$U_d, \text{ В}$
0	0	1,39	32,3
0,1	0,02	1,2	26,48
0,2	0,04	1,1	23,44
0,3	0,06	1,02	21,008

За результатами розрахунків робимо висновок: параметри розрахованого випрямляча відповідають завданню, оскільки при $I_{d1} = 2,1$ А маємо $U_d = 23,53$ В. Та при $I_{d2} = 0,3$ А маємо $U_d = 22,008$ В, що відрізняється від значення, вказаного у завданні на 3,1%. Це відповідає точності, допустимій при проведенні інженерних розрахунках (5%).

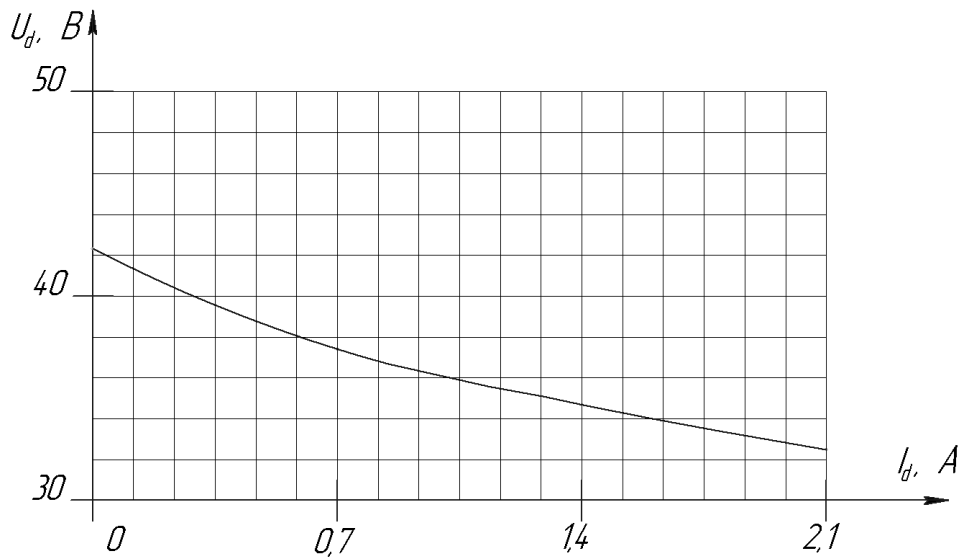


Рисунок 4.3 – Графік навантажувальної характеристики випрямляча на першій обмотці за $I_{d1} = 2,1$ А та $U_d = 32$ В.

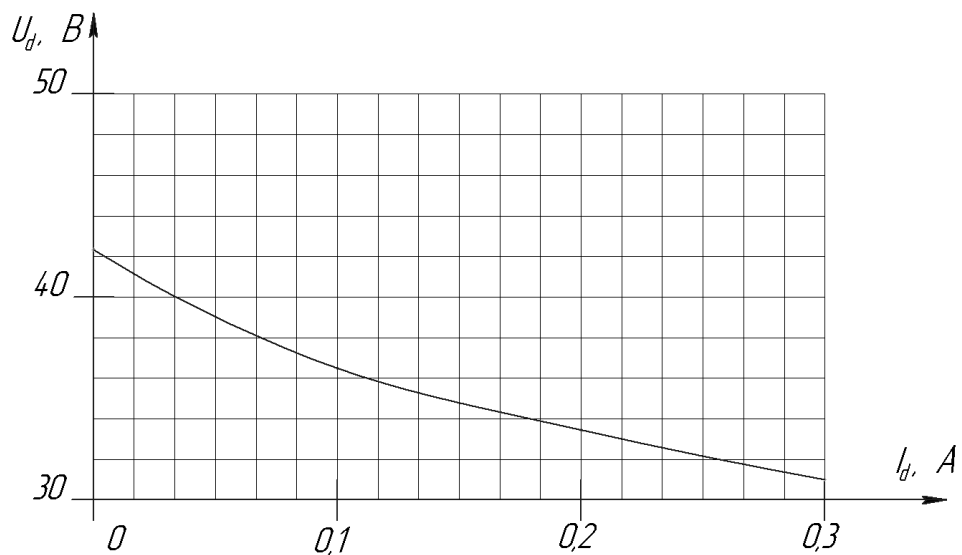


Рисунок 4.4 – Графік навантажувальної характеристики випрямляча на другій обмотці за $I_{d2} = 0,3$ А та $U_d = 32$ В

19. Далі визначимо значення напруги холостого ходу випрямляча:

$$U_{d_{x.x.}} = U_{2m} = U_2 \sqrt{2};$$

$$U_{d_{x.x.}} = 30,4 \cdot 1,41 = 42,86 \text{ В.}$$

20. Визначимо величину струму короткого замикання, яка в даному випадку становить:

$$I_{d1К.З.} = \frac{\sqrt{2}U_2}{r_1}; I_{d2К.З.} = \frac{\sqrt{2}U_2}{r_2};$$

$$I_{d1К.З.} = \frac{1,41 \cdot 30,4}{1,338} = 32,04 \text{ А}; I_{d2К.З.} = \frac{1,41 \cdot 30,4}{12,626} = 3,39 \text{ А}.$$

21. Визначимо величину внутрішнього опору випрямляча, яка в даному випадку становить:

$$r_{01} = \frac{U_{dX.X.} - U_d}{I_{d1}}; r_{02} = \frac{U_{dX.X.} - U_d}{I_{d2}};$$

$$r_{01} = \frac{42,86 - 32}{2,1} = 5,17 \text{ Ом}; r_{02} = \frac{42,86 - 32}{0,3} = 36,2 \text{ Ом}.$$

22. Знайдемо коефіцієнт корисної дії випрямляча:

$$\eta = \frac{U_d I_d}{U_d I_d + P_T + P_B},$$

де P_B – втрати потужності у одночасно працюючих діодах: $n_q = 2$;

P_T – втрати потужності в трансформаторі з ККД $\eta_T = 0,96$.

Втрати потужності в трансформаторі визначимо за виразом

$$P_T = S_T(1 - \eta_T);$$

$$P_T = 117,43(1 - 0,96) = 4,69 \text{ ВА}.$$

Втрати потужності в діодах визначимо за виразами

$$P_{B1} = I_{a1} U_{np1} n_q; P_{B2} = I_{a1} U_{np2} n_q;$$

$$P_{B1} = 1,05 \cdot 1 \cdot 2 = 2,1 \text{ ВА};$$

$$P_{B2} = 0,15 \cdot 1 \cdot 2 = 0,3 \text{ ВА};$$

Загальні втрати:

$$P_B = 2,1 + 0,3 = 2,4 \text{ ВА.}$$

Тоді матимемо коефіцієнт корисної дії випрямляча

$$\eta = \frac{U_d I_{d1} + U_d I_{d2}}{(U_d I_{d1} + U_d I_{d2}) + P_T + P_B},$$

$$\eta = \frac{32 \cdot 2,1 + 32 \cdot 0,3}{(32 \cdot 2,1 + 32 \cdot 0,3) + 4,69 + 2,4} = 0,915;$$

23. На рисунку 4.5 наведено електричну принципову схему розрахованого випрямляча .

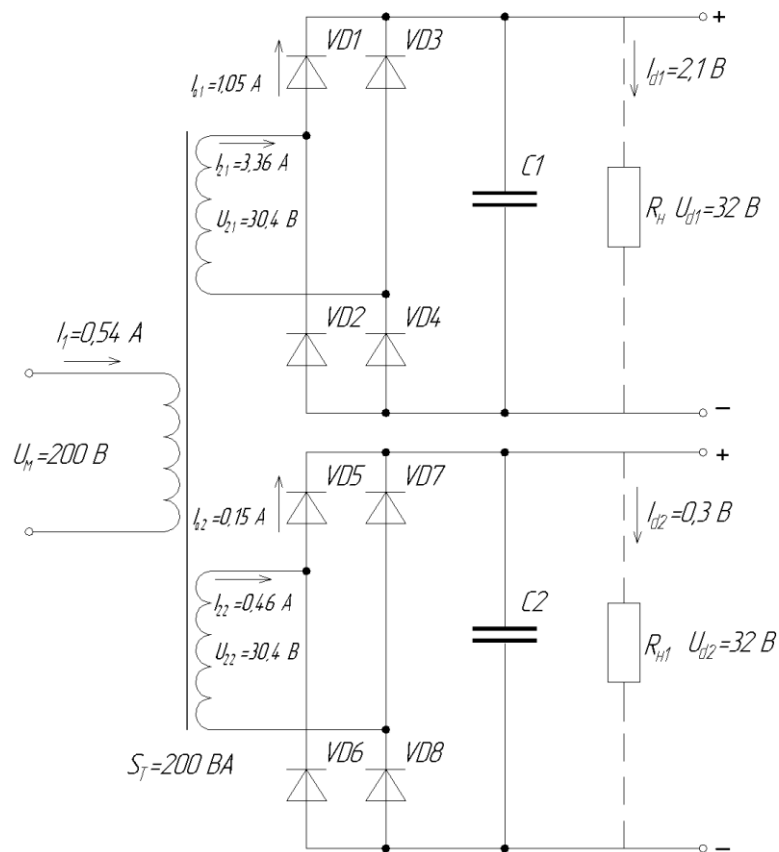


Рисунок 4.5 – Схема електрична принципова.

Однофазний мостовий випрямляч з двома обмотками та ємнісним фільтром.

4.2 Розрахунок надійності системи

Надійність — це здатність пристрою зберігати свої параметри в установлених межах протягом часу, забезпечуючи виконання заданих функцій у визначених режимах та умовах експлуатації.

Безвідмовність означає здатність пристрою безперервно підтримувати працездатність протягом певного часу без збоїв, зупинок або порушень у роботі, аж до виникнення першої відмови.

Довговічність — це властивість пристрою функціонувати без втрати працездатності до досягнення граничного (критичного) стану.

Основними показниками надійності приладів виступають:

а) імовірність безвідмовної роботи впродовж часу t , яка визначається за виразом:

$$P(t) = Nt / N_0,$$

де N_0 — кількість виробів, які поставлені на випробування;

Nt — число виробів, які продовжують нормально працювати впродовж часу t .

Розглядають також імовірність відмов — величина обернена імовірності безвідмовної роботи дорівнює:

$$\bar{P}(t) = 1 - P(t),$$

Розрахунки імовірності безвідмовної роботи проводяться на десятитисячних напрацюваннях.

б) наступний показник — інтенсивність відмов:

$$\lambda_t = \Delta n / \Delta t N_{cp},$$

де N_{cp} — середнє значення елементів, які справно-працюють;

Δn — число елементів, які відмовили за час Δt .

в) середній час безвідмовної роботи:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot t_{cpi}}{N_0},$$

де n_i — число виробів, які вийшли із ладу у i — му інтервалі часу;

t_{cpi} – середній час i – го інтервалу часу,

$$t_{cpi} = \frac{t_{in} - t_{ik}}{2},$$

де k – число інтервалів спостереження;

N_0 – число виробів, які поставлені на випробування.

Інтенсивність відмов дозволяє визначити середній час безвідмовної праці:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda},$$

а також імовірності безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Надійність усієї системи можна визначити на основі показників надійності її окремих складових елементів.

Найпростішим випадком для розрахунку є ситуація, коли система не має резервування, а вихід з ладу будь-якого одного елемента призводить до відмови всієї системи.

Такий тип системи, за аналогією з електричними колами, у теорії надійності називають послідовним.

У цьому випадку для обчислень доцільно використовувати теорему добутку ймовірностей:

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t)$$

де N – кількість комплектуючих елементів;

$P_i(t)$ – імовірність безвідмовної праці i – го елемента .

$$\text{Маємо } P_c(t) = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t_c}$$

Система є прийнятною, якщо імовірність безвідмовної роботи при $t = 1000$ – х складає значення 0.7 чи 70 %.

Побудуємо далі таблицю інтенсивності відмов використовуючи довідкові дані.

Підставляючи значення $\sum \lambda$ з таблиці до рівняння $P_c(t) = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t}$, та задаючись різними значеннями t , визначаємо $P_c(t)$.

Таблиця 4.1 – Інтенсивності відмов радіоелементів

№ п/п	Найменування різнотипових елементів	Кількість однотипних елементів, n	Інтенсивність відмови елементів $\lambda \cdot 10^{-6}$, 1/год	Регулююча інтенсивність відмов, $\sum \lambda \cdot 10^{-6}$, 1/год
1	Конденсатори	14	0,1	1,4
2	ІМС	7	0,001	0,007
3	Діоди	4	0,02	0,08
4	Транзистори	4	0,3	1,2
5	Резистори	20	0,03	0,6
6	Пайка	66	0,001	0,066
7	Резонатор	1	0,001	0,01
Всього				3,363

Середній час безвідмовної роботи пристрою за формулою знайдемо:

$$T_{ocmin} = \frac{1}{D_{cmax}} = \frac{1}{3,363 \times 10^{-6}} = 297400 \text{ год.}$$

Таблиця 4.2 – Результатів розрахунку імовірності безвідмовної роботи системи

t, год	$\sum \lambda \cdot 10^{-6}, 1/z$	$\sum \lambda t \cdot 10^{-6}, 1/z$	$e^{-\sum \lambda t}$
1000	3,363	3363	0.997
100	3,363	336,3	0.999
2000	3,363	6726	0.993
3000	3,363	10089	0.99
4000	3,363	13452	0.987
7000	3,363	23541	0.977
5000	3,363	16851	0.983
6000	3,363	20178	0.98
9000	3,363	30267	0.97
8000	3,363	26904	0.974
10000	3,363	33630	0.967

Знаходимо і записуємо результати розрахунків імовірність відмов в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку імовірності відмов пристрою

t, год	100	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
P(t)	0.999	0.997	0.993	0.99	0.987	0.983	0.98	0.977	0.974	0.97	0.967
$\bar{P}(t)$	0.001	0.003	0.007	0.01	0.013	0.017	0.02	0.023	0.026	0.03	0.033

З таблиці видно, що зі збільшенням часу роботи пристрою ймовірність його безвідмовної роботи зменшується, тоді як імовірність відмови зростає. Результати розрахунків показують, що при напрацюванні на відмову в 10 000 годин імовірність відмови становить 96,7 %.

Графічне зображення залежності ймовірності безвідмовної роботи розроблюваної системи за 10 000 годин представлено на рисунку 4.6 та на кресленні (слайд 08.01).

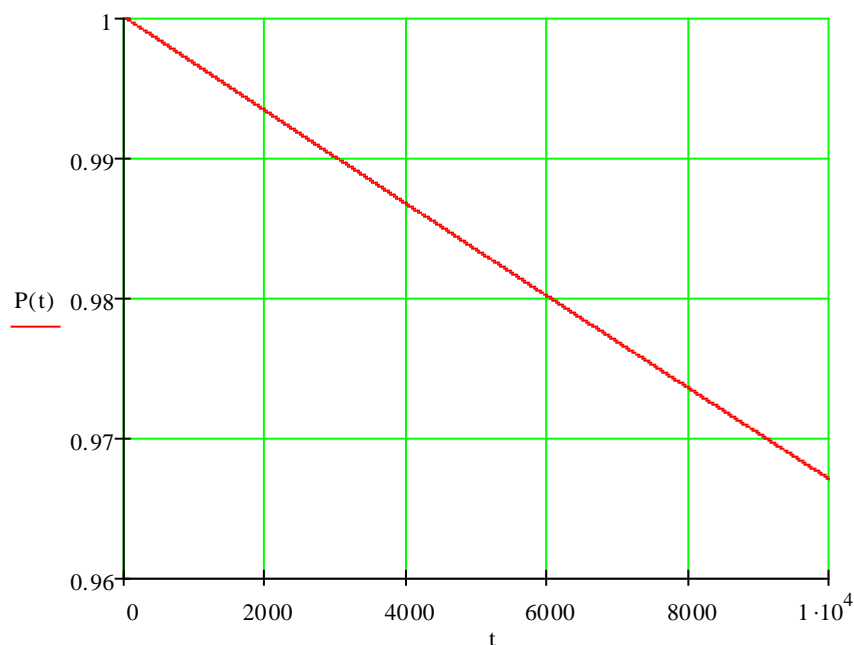


Рисунок 4.6 - Імовірність безвідмовної роботи розроблюваної системи

5 ОПИС ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ, ЩО ПОВ'ЯЗАНІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МАДЕРНІЗУЄМОГО АГРЕГАТУ

5.1 Вказівки по експлуатації пресового обладнання

Під час підготовки преса до запуску, а також періодично в процесі експлуатації, виконуються такі перевірконо-налагоджувальні роботи:

1. Перевіряють надійність кріплення прес-форми до станини преса, а також кріплення копирів приводу живильної каретки до шестерень (рис. 5.1). У разі послаблення болтів 2 через наявність прорізів 1 один із копирів 3 може повернутися на шестерні (ці прорізи призначені для регулювання положення копіра), що може призвести до поломки приводу.

2. Перевіряють та налаштовують механізм виштовхування плитки. У момент набігання сегмента на ролик механізму, робоча поверхня нижнього штампа повинна зрівнятися з верхньою площиною прес-форми. Для регулювання положення штампа здійснюють вертикальне переміщення шарніра виштовхувального коромисла шляхом обертання гайки.

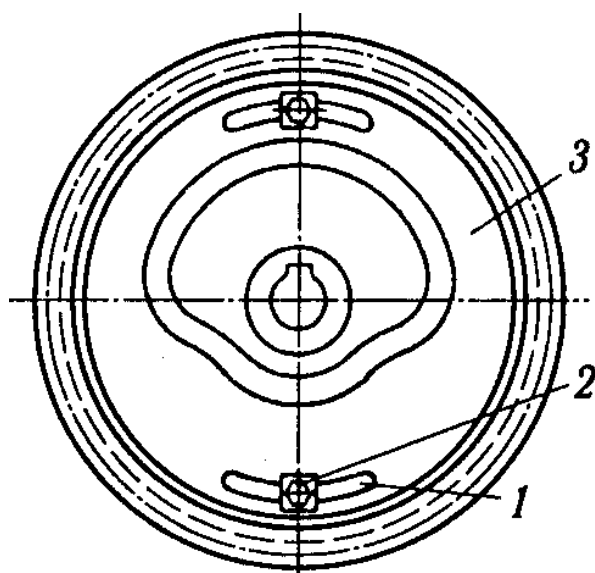


Рисунок 5.1 – Схема кріплення копіра на шестерні колінчасто-важільного преса

3. Перевіряють і регулюють механізм подачі матеріалу до прес-форми, а також координують його роботу з іншими механізмами.

Каретка повинна бути справною, без деформацій, а її поверхня та напрямні не повинні мати залишків або налипань маси. Під час руху каретка має щільно прилягати до опорних роликів столу та до прес-форми. Зазор між кареткою та живильним бункером недопустимий, оскільки через нього може висипатися маса.

До правильно відрегульованого

механізму висуваються такі вимоги:

а) під час засипання маси в прес-форму решітки, що транспортують масу, повинні зміщуватись ліворуч за край прес-форми на 5–7 мм (рис. 5.2), щоб забезпечити рівномірне заповнення форми.

Бічні краї каретки також мають знаходитись на відстані 5–7 мм від країв отвору прес-форми.

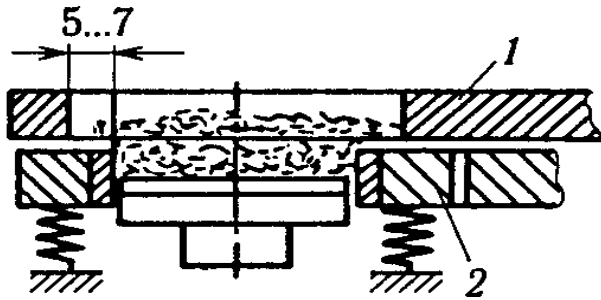


Рисунок 5.2 – Положення каретки під прес-формою при засипанні маси:
1 – каретка; 2 – прес-форма

Кінцеве положення каретки регулюється обертанням стяжних гайок на її тягах: у разі подовження тяг каретка зміщується ліворуч.

Положення каретки щодо прес-форми можна також відрегулювати шляхом зміщення столу каретки на його основі;

б) У момент підходу каретки до прес-форми верхній штамп повинен бути піднятий на достатню висоту, щоб уникнути зіткнення з кареткою та запобігти пошкодженню її приводу.

в) Коли каретка досягає крайнього положення над прес-формою, нижній штамп має опуститися — при цьому ролик виштовхувального механізму зісковзує із сегмента. Якщо це трапляється занадто рано (ролик "падає"), передня частина прес-форми, розташована ближче до приймального конвеєра, може залишитися незаповненою через передчасне висипання маси з решіток у центральну частину форми. Якщо ж штамп опускається надто пізно, вже після відходу каретки, та сама передня зона форми також не буде заповнена.

Щоб узгодити рух каретки з рухами інших механізмів у циклі, змінюють фазу її роботи: у пресі типу «Робот» — поворотом обох копіїв 3 на шестернях на однаковий кут після послаблення болтів 2 (рис. 5.1); у пресі К/РКн-125 — регулюванням довжини плеча важеля механізму переміщення каретки.

г) Каретка повинна своєчасно займати положення під бункером, щоб опускаючийся штамп не притис її до прес-форми.

4. Перевіряють коректність установлення прес-форми. Її робоча поверхня повинна бути розташована горизонтально, паралельно площинам верхнього та нижнього штампів, а також перебувати на одному рівні зі столом.

Лицювальні пластини мають бути без задирок і рівномірно зношені.

Допустимий зазор між штампом і пластинами прес-форми становить 0,15–0,25 мм — це запобігає утворенню надмірних задирок на плитці.

Занадто малий зазор може спричинити заклинювання штампів у формі, зависання нижнього штампа та пошкодження лицювальних пластин.

5. Перевіряють працездатність електронагрівника штампів: після ввімкнення штамп повинен прогріватися протягом 10–15 хвилин. У разі несправності нагрівника маса, а іноді й уся плитка, прилипає до штампа, що може спричинити аварійну ситуацію або пошкодження деталей преса (див. нижче).

Згідно з даними виробника, індукційні електронагрівники значно надійніші в експлуатації порівняно з нагрівниками на основі активного опору.

Наприклад, строк служби нагрівників із ніхромовими спіралями становить 1–2 місяці, тоді як індукційні нагрівники безперебійно працюють 18 місяців і більше.

Індукційні котушки нагрівника містять 110–120 витків проводу типу ПСД, а площа поперечного перерізу осердя становить 50 см².

6. Перевіряють справність та готовність до роботи гідравлічної системи протитиску.

За 15 хвилин до запуску преса вмикають електронагрівник штампа, після чого поетапно запускають допоміжне обладнання: спочатку чистильну машину, потім електродвигун, і на завершальному етапі — сам прес за допомогою вмикання фрикційної муфти.

Зупинення преса відбувається у зворотній послідовності.

Нижче наведені несправності преса, які призводять до появи браку плиток.

1. Недопресування — недостатня міцність і щільність плитки. При цьому манометр показує низький тиск вторинного пресування. Можливі причини такої несправності:

а) Наявність повітря в мастилі гідравлічної системи протитиску або витік мастила через неплотності. Мастило, насичене повітрям, потрібно замінити на свіже, а неплотності — усунути.

б) Недостатнє занурення верхнього штампа в прес-форму. Для усунення проблеми обертанням гвинта кульової п'яти у повзуні пресувального механізму опускають штамп до досягнення нормального тиску вторинного пресування.

в) Пружина пропускного клапана гідравлічної системи протитиску зламалась. Через це клапан не притиснувся до сідла і не роз'єднав гідравлічний циліндр від повітряного балона під час вторинного пресування. Потрібно замінити несправну пружину.

г) Витік мастила з гідравлічного циліндра через зношені або пошкоджені манжети.

2. Обламування кутів ребер плитки — можливі причини:

а) Краї плитки недостатньо спресовані через недосипання маси біля пластин прес-форми. Це може бути викликано налипанням маси на решітках каретки або неправильним регулюванням крайнього положення каретки відносно прес-форми.

б) Кінці лицевальних пластин прес-форми неплотно прилягають один до одного, через що в зазори, що відповідають кутам плитки, набивається маса. При виштовхуванні плитки ця маса затримується між пластинами, що призводить до обламування кутів. Потрібне щільне припасування країв пластин і заміна укорочених пластин.

в) Різна товщина плитки, викликана відносним перекосом штампа та прес-форми.

г) Неповне виштовхування плитки з прес-форми під час наближення каретки.

3. Розшаровування плитки спостерігається в таких випадках:

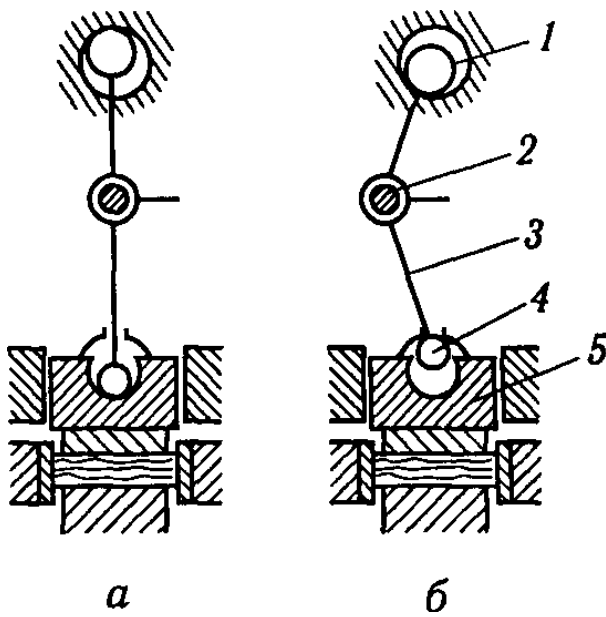


Рисунок 5.3 – Схема зменшення висоти підйому верхнього штампа внаслідок спрацювання з'єднань у пресувальному механізмі

а) Під час інтервалу між первинним і вторинним пресуванням верхній штамп піднімається недостатньо високо або тримається в піднятому положенні надто короткий час. Внаслідок цього повітря не встигає повністю вийти з плитки після первинного пресування. Така ситуація може виникати, наприклад, при наявності повітря в мастилі гідравлічної системи протитиску. Щоб підвищити тиск вторинного пресування та усунути недопресування, обертанням гвинта кульової п'яти збільшують заглиблення верхнього штампа в прес-форму. Проте

при цьому не забезпечується достатній підйом штампа для випускання повітря.

Недостатній підйом штампа може бути спричинений зносом деталей кульового з'єднання між шатуном і повзуном (рис. 5.3), а також зношенням корінних підшипників і шийок пресувального колінчастого вала (порівняйте положення пресувального механізму на схемах а і б).

Розшаровування плитки спостерігається навіть за добре затягнутих напрямних клинах повзуна, коли штамп не зміщується відносно горизонтальної осі і не випускає повітря. Ознакою зносу цих деталей є стукіт під час роботи преса. Необхідно відновити або замінити зношені вузли.

б) Занадто малий зазор між верхнім штампом і лицевальними пластинами прес-форми.

4. Відхилення товщини плитки від номінального розміру може бути спричинене надлишком або нестачею маси в прес-формі.

Основною причиною є неправильне положення нижнього штампа під час засипання — він може бути встановлений занадто низько або занадто високо.

Інші можливі причини ненормальної товщини плитки:

а) Маса прилипає до столу і каретки, яка під час відходу від прес-форми не знімає надлишок матеріалу, внаслідок чого товщина плиток збільшується.

б) При зависанні нижнього штампа в прес-формі — через малий зазор між штампом і прес-формою, зсув прес-форми під час роботи або перекис штока — відбувається зменшення засипання маси, що змінює товщину плитки.

Для забезпечення зняття надлишку маси при недостатньому приляганні каретки до прес-форми у каретці встановлюють плаваючі решітки.

5. Великі задирки на плитці виникають через зношення країв пластин штампів або лицевальних пластин прес-форми. Спрацьовані деталі слід замінити на нові.

Для запобігання поломок преса під час запресовування необхідно правильно відрегулювати запобіжний клапан гідравлічної системи протитиску за допомогою затягування пружини.

1) клапан має бути налаштований на тиск, що перевищує робочий тиск пресування на $10,1 \times 10^5$ Па. Перевірка регулювання клапана здійснюється таким чином: якщо при опусканні верхнього штампа гвинтом кульового з'єднання тиск вторинного пресування не перевищує задане значення, це свідчить про правильне налаштування запобіжного клапана.

2) зсув копіїв 3 (див. рис. 5.1) механізму засипання маси на шестернях може виникати через недостатнє затягування болтів у пресі «Робот» або через зношення з'єднань в аналогічному механізмі преса К/РКн-125. Неправильний рух каретки здатен спричинити її затискання верхнім штампом, що призведе до поломки деталей механізму засипання та його кронштейнів.;

3) надмірний зазор між повзуном і напрямними преса може спричинити зміщення осі верхнього штампа відносно прес-форми і нижнього штампа, а також задирання пластин прес-форми. Сумарний зазор між обома напрямними, вимірний щупами біля однієї бокової станини, не повинен перевищувати 0,5 мм. Регулювання зазору здійснюється за допомогою регулювальних клинів.

5.2 Рекомендації по ремонту устаткування

Періодичність проведення поточного ремонту обладнання, що розглядається в кваліфікаційній роботі, становить 1300 годин фактичної роботи (без урахування простоїв). Під час поточного ремонту слід виконувати перелік робіт, сформований на основі досвіду експлуатації преса. Цей перелік може змінюватися та доповнюватися за рішенням заводу-експлуатанта залежно від потреб:

- виконання усіх робіт, передбачених технічним обслуговуванням;
- підтяжка всіх різьбових з'єднань;
- огляд редукторів та оцінка їх стану;
- перевірка стану підшипників і усунення виявлених дефектів;
- огляд огорож і, за необхідності, їх ремонт;
- перевірка стану штампів і прес-форм;
- виконання поточного ремонту згідно з графіком, що передбачає

обов'язкове проведення після відпрацювання встановленого часу роботи.

Поточний ремонт преса виконується безпосередньо на місці його експлуатації кваліфікованим ремонтним робітником-слюсарем, який має відповідну підготовку та досвід роботи з цим видом обладнання. Для забезпечення ефективності ремонту та швидкого усунення несправностей до процесу також залучається персонал, який безпосередньо обслуговує прес і добре знайомий з його конструкцією та експлуатаційними особливостями. Такий підхід дозволяє мінімізувати простої обладнання та забезпечити його стабільну роботу.

У процесі експлуатації, залежно від реального стану преса та умов його роботи, може виникати необхідність у додаткових ремонтних роботах, які не були передбачені початковим планом. Крім того, з урахуванням накопиченого досвіду експлуатації та аналізу технічного стану обладнання можуть вноситися корективи до графіка проведення ремонтів. Ці заходи спрямовані на підвищення надійності преса, попередження виникнення несправностей та подовження загального строку його служби, що у підсумку зменшує витрати на ремонт та обслуговування, а також підвищує продуктивність виробничого процесу.

5.3 Правила зберігання устаткування з виробництва цегли

Зберігання преса та його запасних частин має здійснюватися у спеціально відведених закритих приміщеннях або під надійними навісами, що гарантують повний захист від атмосферних опадів та інших зовнішніх факторів. Обраний спосіб зберігання повинен виключати будь-який контакт обладнання з дощем, снігом, морозом, пилом та іншими несприятливими умовами, які можуть спричинити корозію, механічні пошкодження або зниження технічних і експлуатаційних характеристик обладнання.

Перед безпосередньою упаковкою всі складові частини преса, які не мають захисних гальванічних або лакофарбових покриттів, обов'язково піддаються процесу консервації. Цей процес включає нанесення спеціальних захисних мастил або інших консерваційних матеріалів, що запобігають утворенню іржі та інших видів пошкоджень протягом періоду зберігання.

Такі заходи дозволяють зберегти працездатність та надійність преса, а також забезпечити його готовність до подальшої експлуатації без необхідності проведення додаткових ремонтних робіт після тривалого зберігання.

Консервація здійснюється шляхом нанесення спеціальних мастил або інших консерваційних засобів згідно з вимогами, що встановлені для виробів групи II-1, категорії умов зберігання 4 (Ж2), та варіанту захисту В 3-1 за ГОСТ 9.014-78.

Гарантійні строки зберігання визначаються так:

- для самого преса — не менш ніж 1 рік;
- для запасних частин — не менше 3 років.

Дотримання цих вимог забезпечує надійне збереження технічного стану обладнання та його готовність до подальшої експлуатації після тривалого періоду зберігання.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі поставлено та успішно розв'язано задачу автоматизації процесу регулювання рівня засипки глиняної суміші у прес-форми, а також забезпечено захист електродвигуна преса від перевантажень під час його роботи.

В межах проекту проведено детальний огляд устаткування, яке використовується у виробництві цегли, при цьому особливу увагу приділено пресовому обладнанню, оскільки саме воно є ключовим елементом у технологічному процесі формування цегли.

В результаті проведеного аналізу вибрано об'єкт автоматизації — прес напівсухого пресування СМ-1085. Розглянуто його конструкцію та принцип дії, а також визначено основні напрями автоматизації цього агрегату. Зокрема, розроблено та описано функціональну схему системи автоматичного регулювання, побудовано структурну схему мікропроцесорної частини системи, а також створено функціональну схему, яка забезпечує автоматичне регулювання рівня засипки суміші у прес-форми та реалізує захист електродвигуна від перевантажень.

Такий підхід дозволяє підвищити ефективність роботи преса, знизити ймовірність аварійних ситуацій і оптимізувати технологічний процес виробництва цегли.

У рамках проекту розроблено принципову електричну схему слабкострумової частини системи автоматизації на базі мікроконтролера АТ90S4433. Наведено основні технічні характеристики обраного мікроконтролера, що обґрунтовують його застосування для керування та контролю параметрів преса.

Здійснено вибір і детальний опис датчиків, необхідних для роботи системи: датчика рівня засипки прес-порошку та датчика струму електродвигуна преса. Для відображення інформації використано рідкокристалічний індикатор, який забезпечує наочність та зручність моніторингу параметрів.

Розроблено алгоритм функціонування системи, що передбачає автоматичний контроль рівня засипки глиняної суміші із підтримкою заданих порогових значень, а також оперативне реагування на перевищення допустимого струму електродвигуна преса для захисту обладнання від перевантаження.

Крім того, у проекті виконано розрахунок мостового випрямляча джерела живлення для мікропроцесорної частини системи, що забезпечує стабільне живлення контролера та периферійних пристроїв. Також проведено розрахунок надійності розробленої системи, що підтверджує її ефективність та довговічність у експлуатації.

Загалом запропоноване технічне рішення сприяє підвищенню автоматизації процесу, поліпшенню контролю технологічних параметрів і забезпеченню безпеки роботи пресового обладнання.

У описі організації робіт, пов'язаних із застосуванням механічного колінчасто-важільного пресу СМ-1085, детально розглянуто ключові аспекти підготовки агрегату до експлуатації. Зокрема, висвітлено процедури технічного обслуговування, які забезпечують надійну та безперебійну роботу преса протягом усього строку служби. Окрему увагу приділено умовам і правилам зберігання преса, що гарантують збереження його технічних характеристик і запобігають передчасному зношуванню або пошкодженню. Також у документі наведено рекомендації щодо правильного транспортування обладнання з метою мінімізації ризиків механічних пошкоджень. Крім того, викладено основні вимоги та заходи безпеки, яких необхідно дотримуватись під час експлуатації преса, що сприяє підвищенню ефективності роботи та запобіганню аварійних ситуацій.

Перелік скорочень, символів та спеціальних термінів

ЕМ	–	електромагніт;
АЦП	–	аналогово-цифровий перетворювач;
Вп	–	виконавчий пристрій;
РКІ	–	рідкокристалічний індикатор;
МК	–	мікроконтролер;
РТК	–	роботизовані технологічні комплекси;
РО	–	регулює мий об'єкт;
ПП	–	підсилювач потужності;
ККД	–	коефіцієнт корисної дії;
ОЗП	–	оперативний запам'ятовуючий пристрій;
ЕППЗУ	–	електрично перепрограмуємий постійний запам'ятовуючий пристрій;
ПК	–	персональний комп'ютер;
БЖ	–	блок живлення;
БП	–	блок підсилювачів;
ПЗП	–	постійний запам'ятовуючий пристрій;
ВВА	–	вузол встановлення адреси;
ЦАП	–	цифро-аналоговий перетворювач.

Список літератури

1. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ютер.-інтегр. технології» / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.
2. Хімічна технологія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів. Дипломний проект бакалавра [Текст]: метод. вказівки для студ. напряму підготовки «Хімічна технологія» / Уклад.: Ю.М. Величко, М.М. Племянніков, С.О. Бондаренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 71 с.
3. Єрмоленко М.Г., Терновий В.І., Скрипник М.А. та ін. Технологія будівельного виробництва: Підручник / За ред. М.Г.Ярмоленко. – К.: Вища шк., 1993. – 303 с.
4. Панченко В.О., Костюк М.Г., Качура А.О., Окуневський Л.М. - Навчально-методичний посібник. - Х.: ХНАМГ, 2005. – 243 с.
5. Циприанович И.В., Старченко А.Ю. Комплексные системы сухого строи-тельства. – К., 1998. – 114 с.
6. Технология строительного производства / Под ред. О.О.Литвинова, Ю.И.Белякова. – К.: Высш. шк., 1984. – 479 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-60:97: Сировина глиниста для виробництва керамічних будівельних матеріалів. Класифікація. [Текст]. – Чинний від 1997-07-01.
8. ДСТУ Б В.2.7-61-2008. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови. [Текст]. – Чинний від 2008-12-25.).
9. Ярмоленко М.Г. та ін. Технологія будівельного виробництва К.: Вища шк., 2005. — 342 с.
10. Черненко В.К., Ярмоленко М.Г. та ін. Технологія будівельного виробництва Підручник. — К.: Вища шк. , 2002. — 430с.
11. Костинюк Л.Д. Паранчук Я.С. Мікропроцесорні засоби та системи. Навчальний посібник Львів 2001. - 200с.

12. Коцій Я.Й., Іваник І.Г. Технологія будівельного виробництва Курс лекцій для студентів інженерно-будівельного профілю / Укл.: Я. Й. Коцій, к. т. н., доц.; І.Г. Іваник, к. т. н., доц.; С. І. Віхоть, м. н. с. – Львів: 2006. -94 с.
13. Кондратець В.О. Теорія і технічні засоби систем Підручник.— К.: Вища шк., 1993.— 319 с: іл. — (Автоматика та автоматизація вир-ва с.-г. машин:У 2 ч.; Ч. 1).
14. Ніколаєнко А.М. Міняйло Н.О. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації Навчальний посібник. — Запоріжжя: ЗДІА, 2011. — 444 с.
15. Беляєв Ю.Б., Киричук С.А., Сідлецький В.М., Іванченко М.Г. Технічні засоби автоматизації Курс лекцій. – К: НУХТ, 2009. –101 с.
16. Бабіченко А.К. та ін. Промислові засоби автоматизації. Ч2. Регульовальні і виконавчі пристрої Харків: ХІІІ. 2001 р. - 260с.
17. Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. Автоматизація виробничих процесів Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016. — 352 с.
18. Медвідь В.Р., Пісціо В.П., Козбур І.Р. Проектування мікропроцесорних систем керування Навчальний посібник. — Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. — 360 с.
19. Патон Б.Є. (ред.) Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин Збірник наукових статей за результатами, отриманими в 2013—2015 рр. Київ: Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, 2015. – 816 с.
20. Бабіченко А.К. та ін. Основи вимірювань та автоматизації технологічних процесів Підручник - Х.: Вид-во ТОВ "С.А.М. 2009 р. - 616 с.
21. Шабрацький В.І. Експлуатація і обслуговування механізмів і машин Навчальний посібник. - Рубіжне: ІХТ СНУ ім. Володимира Даля, 2010. - 243 с.