

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка та дослідження автоматизованого комплексу
для виготовлення котушок

Виконали: студенти VI курсу, групи КАмз-61
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Більчук М.Р.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Прохоровський О.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Медвідь В.Р.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Шовкун О.П.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Савків В.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Голотенко О.С.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Анотація

У кваліфікаційній роботі здійснено автоматизацію технологічного процесу виготовлення та контролю катушок.

В процесі проєктування пророблено наступні питання:

- проведено опис конструкції та принципу роботи напівавтомату намотування катушок;
- здійснено розрахунки вібробункера та вібротранспортера;
- розроблено систему керування технологічним процесом виготовлення катушок;
- розроблено систему контролю опору катушок;
- проведено моделювання системи автоматичного управління процесом намотування катушки;
- проведено аналіз функціонування системи автоматичного управління в програмному середовищі MATLAB.

Обсяг пояснювальної записки 123 сторінок. Обсяг графічного матеріалу 10 аркушів.

ЗМІСТ

Анотація	4
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Верстати для рядового намотування катушок.	8
1.1.1 Механізми намотування катушок.	9
1.1.2 Механізми розкладки.	11
1.2 Кінематичні схеми верстатів для намотування катушок.	13
1.3 Верстати для намотування тороїдальних катушок.	17
1.4 Аналіз технології тороїдального намотування катушок.	21
2 Технологічна частина	25
2.1 Опис технологічного процесу виготовлення катушок.	25
2.2 Аналіз проблем управління технологічним процесом намотування катушок.....	26
2.2.1 Управління швидкістю намотування.....	26
2.2.2 Управління переміщенням розкладальника.	30
2.2.3 Управління процесом намотування.	32
2.3 Будова та принцип роботи основних вузлів напіватомата намотування катушок.....	33
2.3.1 Пристрій нанесення клею.	33
2.3.2 Пристрій подачі та встановлення каркасів.	34
2.3.3 Поворотний стіл.	36
2.3.4 Пристрій намотування катушки.....	38
2.3.5 Пристрій натягування проводу.	39
2.3.6 Пристрій розпилення та зняття напливів розчинника.	41
2.3.7 Пристрій сушіння каркасів катушок.	42
2.3.8 Пристрій відгинання та відрізання проводів.	43

2.3.9 Пристрій формування І	44
2.3.10 Пристрій формування ІІ.....	46
2.3.11 Пристрій формування ІІІ.....	47
2.3.12 Пристрій знімання котушок.	49
3 Конструкторська частина	51
3.1 Розроблення пневматичної схеми напіватомату.	51
3.2 Розроблення конструкції бункерного вібраційного живильника.	52
3.3 Розрахунок бункерного вібраційного живильника.....	55
3.4 Розроблення конструкції вібраційного лотка.	67
3.5 Розрахунок коливальної системи вібралотка.	70
3.6 Розроблення системи автоматизованого управління лінією виготовлення котушок.	73
3.7 Розроблення принципової електричної схеми системи управління..	80
3.8 Розроблення принципової електричної схеми автоматизованої системи контролю опору котушок.....	89
3.9 Аналіз похибок вимірювання опору котушок.	90
4 Науково-дослідна частина.....	93
5 Спеціальна частина.	99
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	109
6.1 Заходи з охорони праці	109
6.1.1 Розрахунок занулення.	109
6.1.2 Розрахунок віброопор.	113
6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.	115
6.2.1. Залежність розмірів осередків ураження від маси продуктів вибуху СДОР, їхнього тиску, метеоумов і місцевості.	115
6.2.2. Оцінка хімічної обстановки.....	118
Висновки	122
Перелік посилань.....	123

Вступ

Автоматизація верстатів намотування катушок дозволяє різко підвищити їх продуктивність, і при цьому зменшити час завантажувальних операцій. Лише по завантаженню і розвантаженню деталей цей час приблизно становить 40% від загального часу, який необхідно затратити на обробку деталі. Автоматизацію холостих ходів, які пов'язані з завантаженням і розвантаженням оброблюваних деталей, здійснюють механізмами живлення, які розробляють при проектуванні нового або модернізації існуючого верстата.

Автоматизація виробничих процесів являється характерною рисою сучасного прогресу. Без автоматизації неможливі високі темпи подальшого росту виробничої праці.

Одним з головних завдань автоматизації є створення автоматизованого обладнання для виконання технологічних операцій в небезпечних або шкідливих для здоров'я людини умовах.

1 Аналітична частина

1.1 Верстати для рядового намотування котушок.

Для рядового намотування будь-яких довгомірних матеріалів на різноманітні змінні каркаси використовують спеціальні верстати, які можуть бути з ручним або автоматичним управлінням швидкістю обертання валу намотування (планшайби). Вони мають механізми розкладки, формування, обрізання та ін. Зовнішній вигляд типового верстата рядового намотування СРНС-0,5-150 та його основних вузлів наведено на рисунках 1.1-1.4.



Рисунок 1.1 - Верстат для намотування котушок СРНС-0,5-150.

Принцип роботи всіх верстатів для рядового намотування однаковий. Спочатку каркас котушки закріплюється на валу намотування і додатково центрується конусом задньої бабки, або кріпиться консольно на вал, або закріплюється на планшайбі. Вал намотування приводиться в обертання механізмом намотування, намотуваний матеріал подається через механізм розкладки [4, 5, 6, 7].

Всі верстати мають високомоментний двигун постійного струму з незалежним збудженням для приводу валу намотування, і крокові двигуни для приводу механізму розкладки. Час реверсування розкладальника 1/300с для всіх верстатів. Верстати управляються уніфікованими блоками ЧПУ.

Верстати даної групи виконують всі види намотування: рядове, ортоциклічне, секційне, ступінчасте, пірамідальне, конічне, ортодоксальне, логарифмічне, або комбінація цих видів. Вони дозволяють виконувати каркасне або безкаркасне намотування, намотувати обмотки електродвигунів, виконувати перемотування якорів та колекторів.

Ці верстати мають просту систему натягу проводу та формування котушки, стабілізацію обертового моменту і дуже точну розкладку проводу при намотуванні.

Верстати мають систему програмно-керованого намотування та розкладки, енергонезалежну пам'ять, електродинамічні і електромеханічні гальма, просторово-орієнтовану систему розкладки та багатфункціональні кнопки дистанційного керування.

1.1.1 Механізми намотування котушок.

На верстатах СНП-0,1-150, СНС-1,5-300, СНС-3,0-300, СНС-5.0-400 механізм намотування є зварною рамою з прикріпленим двигуном, зубчато-ремінною передачею, передньою та задньою бабками. Передня

бабка має електромеханічне гальмо, фотодавач для підрахунку, фотодавач ортоциклу, фотодавач підрахунку автореверсу, вал намотування.

На верстатах СНС-8,0-400, СН-10СП-300(200), СН-10С-500, СН-10С-1200, СН-10К-900, СН-10К-600, СН-10СИ-1600, СН-20, СН-20С-3000, СН-10Р механізмом намотування (передня бабка) є корпус з двигуном, прямою або понижуючою ремінною зубчатою передачею, черв'ячним редуктором, фотодавачем підрахунку, фотодавачем ортоциклу, планшайбою, планшайбою намотування з внутрішнім конусом або без нього, задньою бабкою.

На верстатах СНП-0,1-150, СНС-1,5, СНС-3,0-300, СНС-5,0-400, СНС-8,0-400 корпус задньої бабки може пересуватися і фіксуватися на направляючій для приблизної установки положення. На корпусі задньої бабки встановлений гвинт пінолі. З одного боку на ній встановлений швидкознімний конус з підшипником, з іншого боку ручка обертання. Цією ручкою регулюється точне положення конуса задньої бабки відносно конуса передньої. На деяких моделях задня бабка є подібною до збройового затвора, тобто має два положення закрито або відкрито.

На верстатах СН-10С-1200, СН-10К-900, СН-10К-600, СН-10СИ-1600, СН-20-3000, СН-20С-3000 задня бабка є масивною зварною конструкцією, яку легко можна переміщати на підпружинених роликах по направляючих. Для фіксації є чотири гвинтових затискача. На зварній рамі кріпиться піноль з внутрішнім конусом, аналогічно як на токарних верстатах.

На верстатах СН-10М-70, СН-10СП-300(200), СН-10Ш2-1500, СНБ-1600, задня бабка відкидається на поворотному кронштейні і при закритті фіксується зручним затвором важеля.

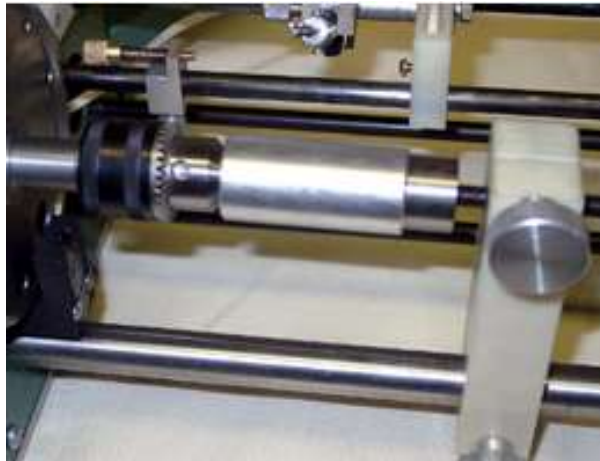


Рисунок 1.2 - Каркас для намотування котушок, закріплений на намотувальному верстаті.

1.1.2 Механізми розкладки.

Механізм розкладки призначений для розкладання (переміщення) довгомірного матеріалу уздовж осі намотування. Для забезпечення якості розкладки, розкладальник виконує складні переміщення, синхронізовані з обертанням валу намотування. Для якісного переходу з однієї секції на іншу на швидкостях більших 6000 об/хв, необхідна дуже висока швидкість руху розкладальника з високою точністю, висока динаміка старту-стопу розкладальника. Тільки крокові двигуни володіють такою динамікою і точністю. Блок ЧПУ намотувального верстата [8, 9, 10, 11, 12] у поєднанні з якісним кроковим двигуном та електронним варіантом редуктора, дозволяє змінювати за 1/300 секунди передавальне відношення, а також змінювати напрям переміщення по будь-якому закону.

Розкладальник є зварною конструкцією, по якій переміщається каретка розкладальника. Сам розкладальник, на верстатах СНП-0.1-150, СНС-1.5-300, СНС-1.5-300-2В, СНС-3.0-300, СНС-3.0-250-4В, СНС-5.0-400, СНС-8.0-400, кріпиться на раму механізму намотування з можливістю переміщення, для зручності організації робочого процесу. На каретці розкладальника розташовані направляючі і формуючі ролики для

довгомірного матеріалу.

Привід каретки здійснюється кроковими двигунами. Залежно від виконуваних завдань, конструкції механізму розкладки відрізняються габаритами, точністю, лінійною швидкістю переміщення розкладальника, кількістю направляючих роликів, ходом розкладальника та іншими технологічними вимогами до процесу намотування.



Рисунок 1.3 - Розкладальник намотувального верстата.



Рисунок 1.4 - Розкладальник для намотування надтонкого проводу на намотувальному верстаті СРНС-0,5-150.

1.2 Кінематичні схеми верстатів для намотування котушок.

Намотувальні верстати, залежно від приводу та можливостей виконувати намотування різних типів котушок поділяються на ряд груп. Залежно від приводу верстати можуть бути з ручним приводом і з електромеханічним [13, 14, 15, 17].

Верстати з ручним приводом використовуються у рідкісних випадках, як правило для виконання пірамідальної обмотки, або коли мало витків у котушці, або коли котушка намотується проводом великого діаметру (наприклад при $d > 1,5$ мм).

Верстати з електроприводом, залежно від виду виконуваного намотування, діляться на рядові, універсальні та тороїдальні.

Основними елементами намотувальних верстатів є: станина; електропривод з пусковим пристроєм; система узгодження обертання шпинделя та переміщення повідця, що укладає провід; стійка для закріплення котушок з проводом і механізм для натягу проводу при намотуванні.

Для рядового намотування застосовуються верстати різної конструкції. На рисунку 1.5 приведена схема верстата, що отримав найширше застосування.

Шпиндель 7, на якому закріплюється каркас котушки 9, обертається за допомогою двигуна 1 через ремінну передачу і проміжний вал 2 та шестерню 6. На валу є фрикційний пристрій 3 для плавного включення і виключення верстата, керований важелем 4 з вилкою 5.

Обертання від шпинделя через зубчасту передачу 11 передається на черв'ячну пару 12. Від черв'ячної пари повертається кулачок 13 і зміщує кулісну тягу 14. Зміщуючись, куліса 15 тягне повідець 16 з водилом проводу 18 і проводом 19.

Повідець рівномірно укладає витки на каркас котушки. Для підрахунку витків є лічильник 10, пов'язаний з шпинделем. Щоб провід укладався по всій ширині котушки, встановлюють розмах куліси за допомогою кулісного упору 17, переміщуваного гвинтом 20. Міняючи шестерні 11, можна наструювати верстат на різний крок намотування.

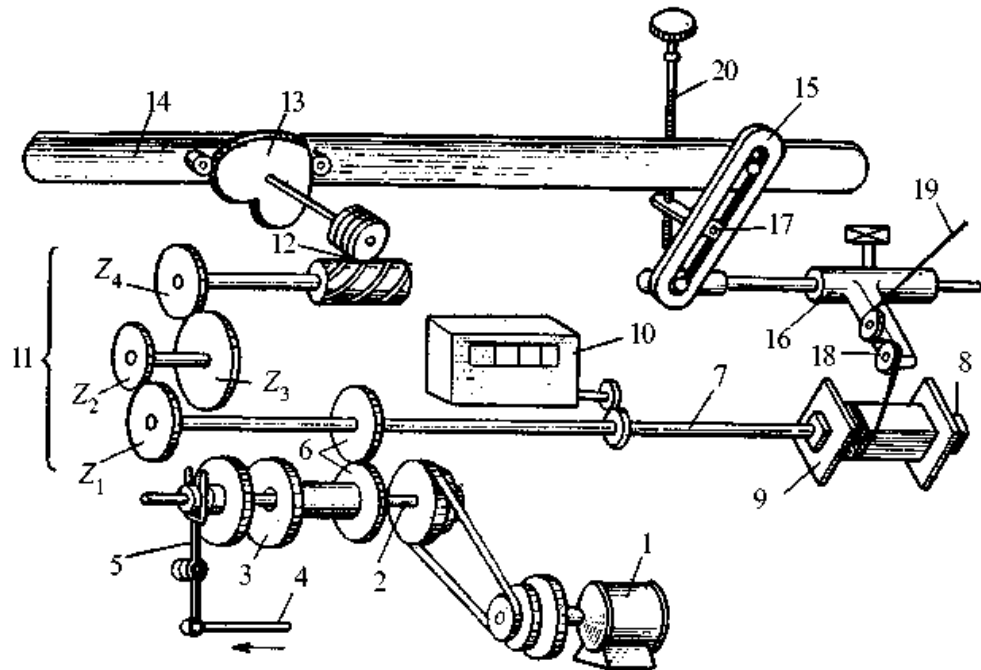


Рисунок 1.5 - Кінематична схема верстата для рядового намотування.

При підготовці верстата до намотування необхідно встановити натяг проводу. Від натягу проводу залежить коефіцієнт заповнення обмотки, габарити котушки і електромагнітні характеристики намотувального виробу. Для зручності роботи на виробництвах користуються таблицями, в яких приведені допустимі натяги для проводів різних діаметрів.

Верстат для універсального і перехресного намотувань відрізняється від верстата рядового намотування тим, що повідець за один оборот каркаса і у зворотному напрямі переміщається стільки раз, скільки є перегинів при намотуванні, і в цьому верстаті відсутня постійна

черв'ячна пара. Кінематична схема верстата представлена на рисунку 1.6.

Повідець 10 закріплений на тязі 8, на кінці якої є ролик 15. Ролик притискається до робочої поверхні кулачка 7 за допомогою пружини 9. Переміщення повідця залежить від форми і розміру виступу кулачка, тому для кожної котушки повинен бути спеціальний кулачок. Повідець в процесі намотування щільно прилягає до поверхні обмотки. Шпиндель 14 обертається від двигуна 1 через ремінну передачу і зубчасту пару 4. Від шпинделя 14 через зубчаті колеса 6 обертання передається на кулачок 7, який, повертаючись, переміщає тягу з повідцем і водієм проводу 11. Переміщаючись, повідць укладає на певну ширину провід, пропущений через вічко 16, на каркас 12, встановлений на оправку 13. Для плавного пуску і зупинки верстата є фрикційна муфта 2 і важіль 3. Витки підраховуються лічильником 5.

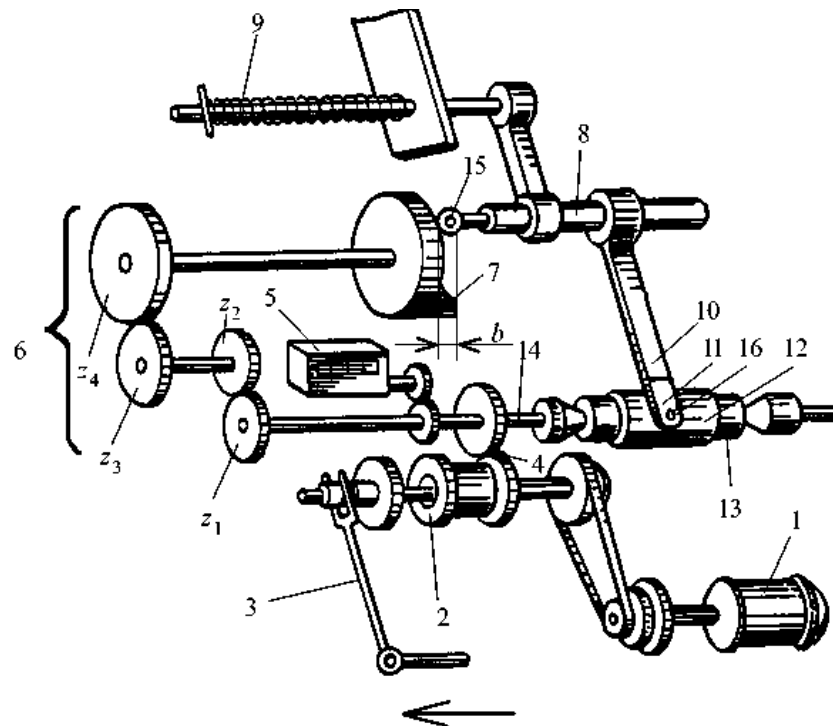


Рисунок 1.6 - Схема верстата для універсального намотування.

Передавальне відношення від шпинделя до кулачка визначається

підбором шестерень 6 виходячи з необхідної кількості перегинів в обмотці і числа витків в циклі. Підбір шестерень проводять розрахунком по формулах або по спеціальних номограмах для таких обмоток.

Намотувальні верстати для тороїдальних котушок відрізняються від раніше описаних конструкцією і принципом роботи. Основним елементом цього верстата є човник, що обертається.

Намотуваний провід може бути укладений безпосередньо на човнику або на шпулі закріпленій на човнику, що обертається. Човник в обох випадках має зубчатий вінець і приводиться в обертання за допомогою двох зубчатих коліс. На рисунку 1.7 представлений човниковий механізм з шпулею, закріпленою на ободі човника.

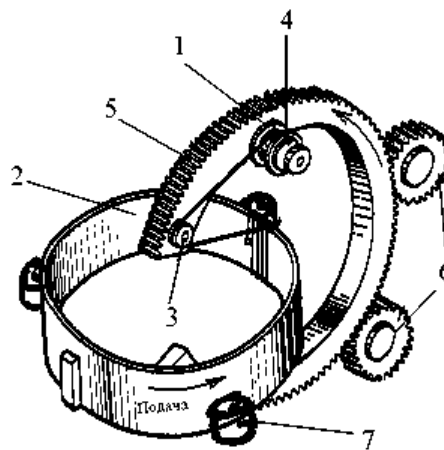


Рисунок 1.7 - Човниковий механізм для намотки на тороїдальні каркаси.

При кільцевому намотуванні, каркас 2 повертається навколо своєї осі на певний кут, залежно від кроку намотування. Поворот здійснюється за допомогою регульованих прижимних резинових роликів 7. Човник 5 з шпулею 4 обертається за допомогою зубчатих коліс 6. Провід з шпулі через ролик 3 змотується і укладається на тороїдальний каркас. Натягу проводу здійснюється пружинною шайбою 1, яка створює гальмування при обертанні шпулі. За один оборот човника на каркас укладається один виток.

1.3 Верстати для намотування тороїдальних котушок.

Верстати цієї групи (рис. 1.8) призначені для виконання всіх видів намотування на тороїдальні сердечники проводу або ізолювальних матеріалів.



Рисунок 1.8 - Верстат для намотування тороїдальних котушок.

У верстатах розподіленого намотування (намотувальна система - шестерня і шпуля) шпуля встановлюється на роликах, що вільно обертаються, і пов'язана з шестернею проводом, який перекидається через знімач і ролик укладання і закріплюється на виробі (рис. 1.9). Під дією змотуваного з шпулі проводу вона обертається із змінною швидкістю. Натяг проводу, необхідний для щільного укладання витків, забезпечується гальмівним пристроєм [16, 18, 19, 20].

Імпульсний режим намотування забезпечує рівномірність

навантаження на тор, що гарантує високу якість і продуктивність. Надійна система натягу проводу забезпечує рівномірність намотування і високу повторюваність в серії. Забезпечується намотування "виток до витка".

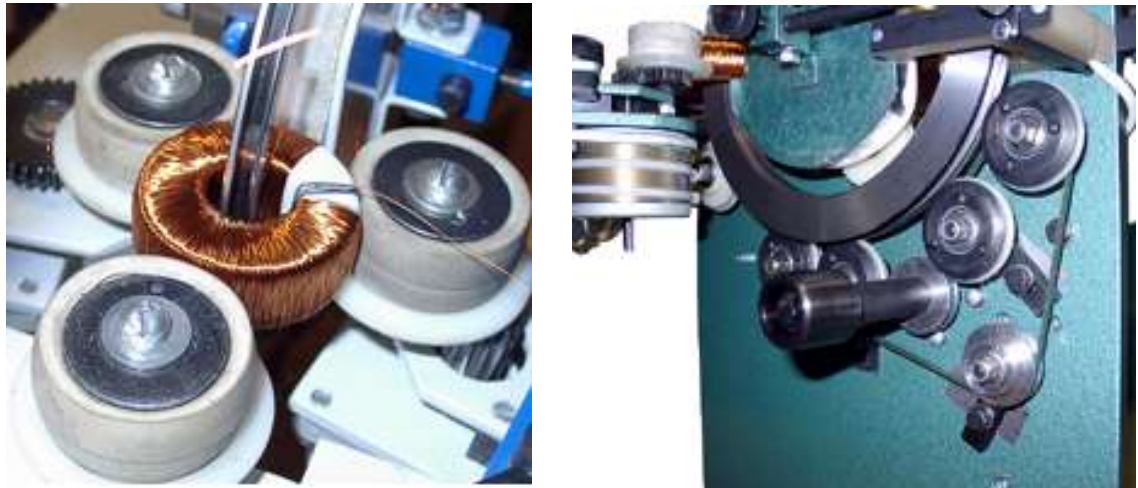


Рисунок 1.9 – Намотування тора.

У верстатах довільного намотування (шпуля і бігунки) приводиться в обертання сама шпуля. Знімання проводу здійснюється спеціальною деталлю - бігунком. Дана технологія дозволяє досягти високих швидкостей намотування при задовільній якості розкладки.

Верстати даного типу є досить спеціалізованим обладнанням. Універсальні верстати, які б перекривали весь діапазон типорозмірів каркасів, проводу та кількості витків, насправді нереально створити.

Верстат СНТ-5 призначений для кругового і секційного намотування тороїдів з наступними параметрами:

- найменший зовнішній діаметр намотуваного проводу 0,15 мм, найбільший - 0,4 мм;
- найменший зовнішній діаметр тороїда 30 мм, найбільший 120мм;
- центральний найменший кут секційного намотування тороїда 25 град, найбільший 270 град.

Кінематична схема верстата СНТ-5 приведена на рис. 1.10.

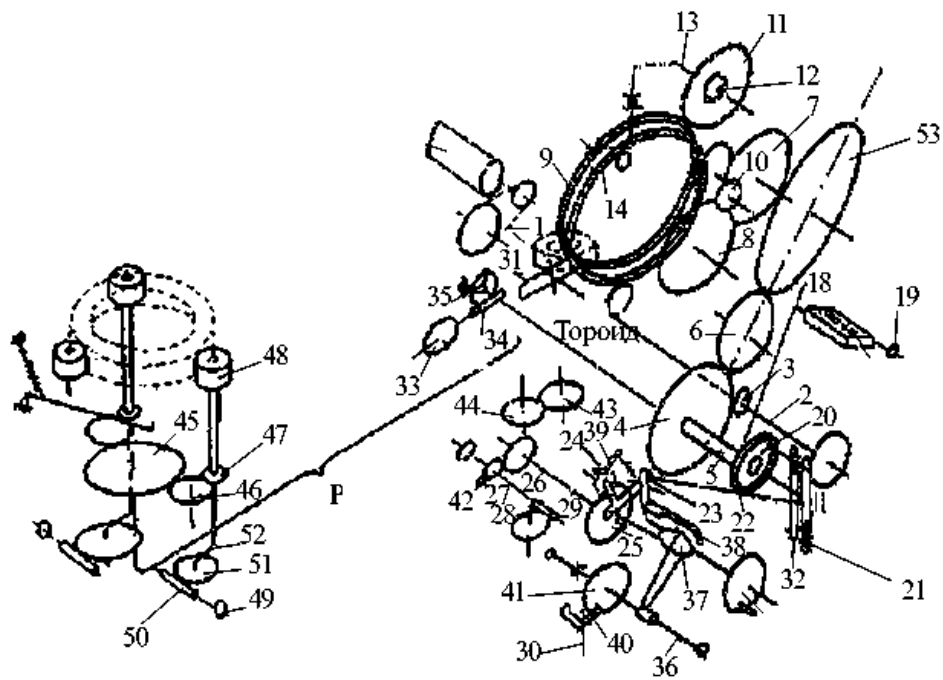


Рисунок 1.10 - Кінематична схема верстата СНТ-5.

Рух від електродвигуна передається через ремінну передачу 1 на вал 2 і через зубчаті колеса 3 і 4 на розподільний вал 5, з якого рух передається в трьох напрямках:

Перший напрям - привід човника і робота гальма. Рух передається через зубчаті колеса 4, 6, 5, 3, 7, 10, 8 і 11 на човник 9, виконаний у вигляді зубчатого вінця. На зубчатому колесі 11 закріплений кулачок 12. При обертанні зубчатого колеса 11 кулачок 12 через важіль 13 періодично, відповідно до циклограми, пригальмовує шпулю 14, що обертається в роликах 15, створюючи тим самим натяг проводу.

Другий напрям – робота лічильника. При намотуванні проводу на шпулю човник 9 зчіплюється з шпулю 14. Зубчате колесо 4 і ексцентрик 20, що знаходяться на розподільному валу 5, обертаються проти годинникової стрілки. При обертанні ексцентрика важіль 18 передає коливальний рух механізму лічильника, і він проводить відлік кількості обертів шпулі.

Перед намотуванням проводу з шпулі на виріб необхідно скинути

покази лічильника за допомогою кнопки скидання 19. При перемотуванні проводу з шпулі на виріб зубчате колесо 4 і ексцентрик 20 обертаються за годинниковою стрілкою. Відлік числа витків аналогічний першому випадку.

Третій напрям – подача виробу. Ексцентрик 20 передає коливальний рух важелю 23 з собачкою 24. Від собачки, через храпове колесо 25, зубчаті колеса 26 і 27, черв'ячну пару 28 і 29 передається переривистий рух обертання на вісь 30 і стіл секційного намотування 31, що забезпечує укладання проводу на виріб з певним кроком.

Величина подачі (кроку) може регулюватися в процесі роботи поворотом куліси 32 за допомогою маховичка 33 і черв'ячної пари 34 і 35. При повороті куліси змінюється кут гойдання важеля 23 з собачкою, і храпове колесо повертається на 1, 2, 3, і до 30 зубців на один оберт човника. Реверс подачі відбувається за рахунок переміщенням стержня 36, на якому укріплений повідець 37, що повертає важіль 38, пов'язаний з притиском 39, що перемикає собачку. Собачка 24, яка входить у зачіплення з храповою зірочкою 25 правим та лівим зубом, забезпечує реверс подачі.

Автоматичний реверс подачі потрібний при секційній намотці, і виконується упорами 40, що змонтовані на осі 30. Обертання осі 30 при допомозі диска 41, дозволяє упорам по чергово переміщати стержень 36 вправо або вліво, автоматично змінюючи напрямок подачі. Намотуючи провід на шпулю, необхідно рукояткою 42, що виводить зубчате колесо 27 із зачеплення із зубчатим колесом 26, включити подачу. При роботі рух від осі 30 через зубчаті колеса 43 і 44 передається на вал А, від нього через зубчаті колеса 45, 46 і 47 приводяться в обертання ролики 48, які затискають виріб. Для поєднання осі тороїдів з віссю 30 є пристрій, що дозволяє за допомогою маховика 49, черв'ячної пари 50–51 і важеля 52, переміщати вісь обертання шестерні 47 і роликів 48.

Управління верстатом здійснюється з пульта. Всі органи управління розташовані на передній частині пульта. При перемиканні тумблера «Шпуля–тороїд» подається живлення через автотрансформатор на електродвигун. Число обертів двигуна встановлюється повзунком автотрансформатора. Реверс електродвигуна здійснюється перемиканням тумблера.

Робота верстата - напіваавтоматична і поділяється на чотири етапи: установка виробу на робочий столик; усунення ексцентриситету; заповнення шпулі проводом; перемотування проводу з шпулі на виріб.

1.4 Аналіз технології тороїдального намотування котушок.

Основні чинники, що впливають на процес намотування і параметри обмотки, розглянуто раніше. Точність розмірів обмотки, точність форми обмотки і щільність обмотки залежать від точності укладання витків, визначаються похибкою кроку намотування [21, 22, 23].

Похибка кроку намотування викликана кінематичними ланцюгами намотувальних верстатів, що найнаочніше можна прослідкувати при намотці на тороїдальний каркас. Відхилення кроку намотування потенціометра від заданого, можуть викликати значні похибки його технічної характеристики, оскільки при переміщенні повзунка потенціометра у вихідний ланцюг може включатися різне число витків, відмінне від розрахункового.

У загальному випадку лінійний і кутовий крок визначаються із співвідношень:

$$t = \frac{R_m I_b \pi D_{cp}}{R_0}; \quad \gamma_n = \frac{R_m I_b \times 360}{R_0}.$$

Якщо обмотка укладається не по всьому колу каркаса, то в ці формули вводиться кут намотування φ :

$$t_n = \frac{R_m l_B \pi D_{cp}}{R_o} \times \frac{\varphi}{360}; \quad \gamma_n = \frac{R_m l_B}{R_o} \times \varphi.$$

Геометричний центр каркаса повинен співпадати з віссю обертання каркаса на поверхні намотування.

Якщо геометричний центр каркаса зміщений від осі обертання на величину ексцентриситету e , то необхідно розглядати похибку кроку намотування, пов'язану з похибкою установки каркаса.

Похибка одного кроку намотування в цьому випадку може бути знайдена з виразу

$$\Delta t_{ed} = \int_{\alpha - \frac{\gamma_n}{2}}^{\alpha + \frac{\gamma_n}{2}} e \sin \alpha d\alpha = e \sin \alpha 2 \sin \frac{\gamma_n}{2} \approx e \gamma_n \sin \alpha,$$

а похибка при n кроках намотування

$$\Delta t_{сум} = 2e \sin \left(\frac{\gamma_n}{2} \right).$$

На крок намотування може впливати люфт провідних роликів. Наявність люфта в двох провідних роликах (рис. 1.11) призводить до того, що вісь каркаса, як і в першому випадку, відхилятиметься від осі обертання на якусь величину.

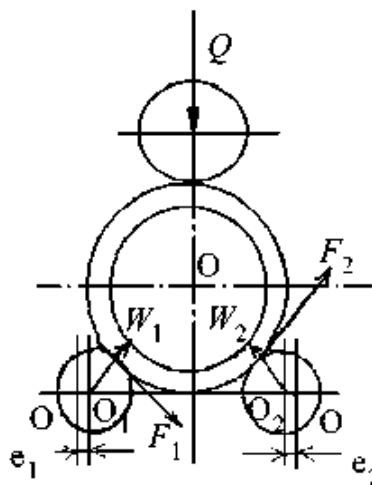


Рисунок 1.11 - Вплив люфтів провідних роликів на крок намотування тороїда.

Якщо люфт одного і іншого провідного ролика приводить до появи ексцентриситету (відповідно e_1 і e_2), то, враховуючи, що ролики братимуть участь в передачі обертання на каркас по черзі на половині дуги, сумарна похибка кроку намотування може бути знайдена по відомому рівнянню

$$\Delta t_{\text{сум}} = (e_1 + e_2) \sin\left(\frac{n\gamma_{\text{н}}}{2}\right).$$

Відхилення кроку намотування можливе унаслідок осьових люфтів човника і шпулі (рис. 1.11). Осьовий люфт роликів, що обертають шпулю, Δp_{max} менше осьового люфту човника, тому впливом Δp_{max} можна при розрахунках нехтувати. Лінійне відхилення кроку намотування $\Delta t_{\text{н}}$, що з'являється унаслідок осьового люфту човника, визначається із співвідношення

$$\frac{\Delta t_{\text{н}}}{\Delta r} = \frac{h}{l},$$

як і видно з рис. 1.12.

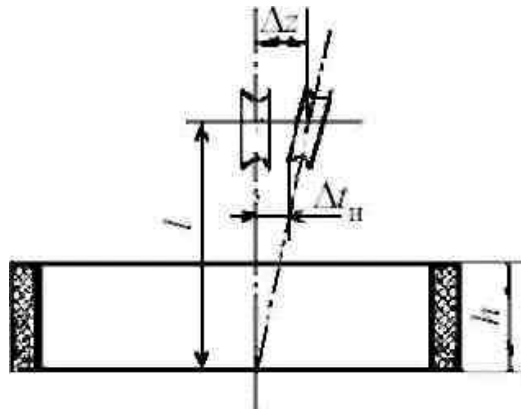


Рисунок 1.12 - Вплив люфту човника на крок намотування тороїда.

Таким чином, $\Delta t_{\text{н}} = f(\Delta r)$, але човник в процесі намотування може займати будь-яке положення в межах люфту, тобто зміна величини Δr носить випадковий характер, тому зміна кроку $\Delta t_{\text{н}}$ теж має випадковий характер. Розрахунок, як правило, ведуть на максимальну величину похибки $\Delta t_{\text{н. max}}$.

Окрім розглянутих чинників на величину впливають неперпендикулярність торця каркасу і площини обертання, похибки кінематичного ланцюга, що складається із зубчатих коліс і ін.

Для знаходження похибки по кроку намотування треба підсумовувати всі похибки з урахуванням знака $\Delta t_{\text{сум. max}} = \sum \Delta t_{\text{сум. i}}$, а потім, знайти зв'язок цієї похибки з характеристикою потенціометра.

2 Технологічна частина

2.1 Опис технологічного процесу виготовлення катушок.

Технологічний процес виготовлення катушок включає в себе наступні стадії [24, 25, 26, 27]:

- а) транспортування;
- б) нанесення клею на каркаси (заготовки);
- в) попереднє сушіння;
- г) намотка катушок і розпилення розчинника (здійснюються одночасно);
- д) сушіння;
- е) відрізка і формування виводів катушки;
- є) упаковка, складування готового продукту.

Заготовки, які використовуються для виготовлення катушок (паперові каркаси), засипаються в чашу вібробункера 1 (див. графічну частину КР). Тоді вони подаються вібродоріжкою 2 до пристрою нанесення клею на каркаси 3, де на них наносяться клеєвий поясок під слідуючу приклею гнучкого виводу і здійснюється їх встановлення на конвеєр висушування 4. Після закінчення процесу висушування каркаси з допомогою вакуумного захвату потрапляють на вібродорожку 5 і по ній до пристрою подачі і встановлення каркасів 6, з допомогою якого встановлюються на цанговій оправці столу поворотного 8 і фіксуються пристроєм фіксуючим 7.

Провід з попередньо нанесеним на його поверхню клеєм, подається в пристрій намотування катушок 10 з пристрою натяжного 9, причому одночасно з процесом намотування пристрій розпилення розчинника здійснює розпилення розчинника, що необхідно для кращого зчеплення

витків між собою.

Для викачування парів розчинника використовують пристрій вентиляції 12. Після намотування котушки відбувається їх висушування потоком теплого повітря, яке подається пристроєм 13. Відрізання і формування виводів котушки відбувається за чотири послідовних переходи 14, 15, 16, 17.

Після цього проводиться розфіксація цангової оправки і готові котушки знімаються з оправки пристроєм знімання катушок 18 і встановлюються на конвеєр 19, звідки здійснюється упаковка і складування готового продукту.

2.2 Аналіз проблем управління технологічним процесом намотування катушок.

Процес намотування катушок починається з обертання каркаса і розподілу нитки по каркасу. Поняття управління намотуванням включає наступні фази:

- управління швидкістю намотування;
- управління переміщенням розкладальника;
- управління процесом намотування;
- управління натягом намотуваного проводу.

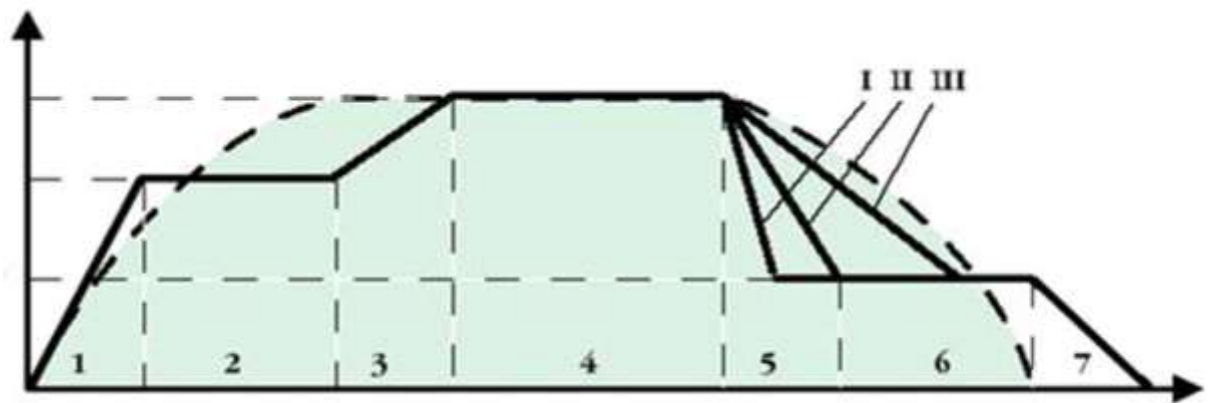
Висока якість катушок визначається ефективним управлінням всіма системами.

2.2.1 Управління швидкістю намотування.

Можливість досягнення максимальних швидкостей намотування багато в чому визначається динамікою розгону і гальмування. В ідеальному випадку, з початком намотування швидкість обертання каркаса

повинна плавно збільшуватися, забезпечуючи відсутність надмірного натягу проводу через інерційність пристроїв змотування і натягу. Під час намотування швидкість повинна залишатися сталою і плавно зменшуватися до моменту завершення намотування, не допускаючи ослаблення натягу із-за тієї ж інерції.

Типовий графік зміни швидкості валу намотування приведений на рис. 2.1. В більшості випадків ідеальна крива добре апроксимується кривою з двома точками перегину. Для реалізації подібного варіанту достатньо трьох ступенів регулювання швидкості: «СТАРТ», «НАМОТУВАННЯ» і «ДОМОТКА».



(1-2) - витки старту

(2-6) - витки намотки

(5-7) - витки домотки

I - II застосування динамічного гальмування

III - без застосування динамічного гальмування

Рисунок 2.1 - Графік зміни швидкості обертання валу намотування при відпрацюванні повного циклу.

Для простоти використання і надійної повторюваності, зміна ступенів прив'язана до кількості намотаних витків. З приведенного графіка

видно, що повний цикл намотування розбивається на сім ділянок, що характеризуються різними процесами:

- ділянка (1-2) витки старту;
- ділянка (2-6) витки намотки;
- ділянка (5-7) витки домотки.

Плавне збільшення потужності намотування встановлюється регулятором «ШВИДКІСТЬ СТАРТУ». Тривалість етапу визначається дозволеною пусковою потужністю двигуна намотування і положення регулятора «СТАРТ». Швидкість наростання потужності регулюється, тому тривалість цього етапу не прив'язана до витків.

При сталій потужності на двигуні, каркас поступово розкручується, долаючи сили тертя та інерції. Тривалість етапу прив'язана до кількості витків і вибирається користувачем. Кількість витків указується у відповідній змінній при програмуванні роботи напівавтомата. При використанні програмного методу регулювання швидкості, на стартових витках йде постійний приріст потужності намотування, що підводиться до двигуна. Крок приросту визначається з різниці швидкості намотування і швидкості старту, а також кількості витків старту.

Плавне збільшення потужності що підводиться до двигуна, від рівня встановленого регулятором «СТАРТ», до рівня встановленого регулятором «НАМОТУВАННЯ». Тривалість етапу залежить від положення регуляторів.

Підтримка сталої швидкості намотування.

На двигун намотування підводиться потужність, вибрана регулятором швидкості «НАМОТУВАННЯ». Не рівномірність швидкості, викликана не круглим каркасом, згладжується системою стабілізації моменту валу намотування.

Перехід на швидкість домотки.

Різко знижується потужність, що підводиться до двигуна

намотування, до рівня встановленого регулятором швидкості «ДОМОТКА». Для погашення інерції системи «якір двигуна намотування-каркас» додатково може застосовуватися електродинамічне гальмування двигуном намотування. Інтенсивність гальмування може змінюватись часом дії динамічного гальмування. На графіку (рис. 2.1) приведені можливі криві зниження швидкості обертання валу намотування. Цифрами I і II позначені можливі криві при застосуванні динамічного гальмування різною. Цифра III вказує на криву зміни швидкості без застосування динамічного гальмування. При виборі дуже великого часу дії динамічного гальмування, швидкість валу намотування може навіть впасти до нуля, через тертя та натяг нитки. Після закінчення часу дії динамічного гальмування, на двигун намотування буде плавно подана потужність, вибрана регулятором швидкості «ДОМОТКА». При використанні інерційного змоточного пристрою, різке гальмування валу намотування неприпустимо. В цьому випадку динамічне гальмування не використовують, а застосовують програмні методи зниження швидкості. Цей метод полягає в плавному переході від швидкості намотування на швидкість домотки за деяку кількість витків - витків домотки.

Підтримка швидкості, встановленої регулятором «ДОМОТКА».

Остаточна зупинка, включення динамічного, а також механічних гальм. Через інерцію утворюється залишковий вибіг проводу. Для усунення вибігу швидкість домотки слід вибирати так, щоб гальмівна система із залишковою інерцією справлялася достатньо надійно.

Таким чином, для управління швидкістю намотування вказуються наступні значення:

- кількість витків намотування, основна швидкість намотування;
- кількість витків старту, швидкість старту;
- кількість витків домотки, швидкість домотки;
- ступінь використання динамічного гальмування — наявність і

- тривалість;
- напрям обертання валу намотування.

2.2.2 Управління переміщенням розкладальника.

Виконуючи намотування, потрібно не тільки намотувати провід на каркас, але і розподіляти його. Для розподілу проводу необхідно переміщати направляюче пристосування. Направляючим пристосуванням можуть бути ролики, фільєри й інші подібні пристрої [28, 29, 30, 31].

При намотуванні котушок використовують термін «КРОК РОЗКЛАДКИ». Під цим поняттям розуміють відстань між центрами сусідніх витків. Для щільного рядового укладання, виток до витка, необхідно переміщати направляюче пристосування – розкладальник, так, щоб відстань, по каркасу, від точки знімання нитки на розкладальнику до точки укладання на каркасі була сталою і рівною діаметру проводу. При зміні цієї відстані, кожен подальший виток може накладатися на попередній, або створювати прогалини. В деяких випадках цього добиваються спеціально, тому при управлінні розкладкою, під терміном «КРОК РОЗКЛАДКИ», ми прийматимемо відстань, на яку переміщається розкладальник за час намотування одного витка.

Витки, що намотуються з постійним кроком, називають секцією. Секція може включати будь-яку кількість витків, в межах розрядності лічильника.

У деяких системах розкладки крок розкладки забезпечується узгодженням швидкості переміщення розкладальника із швидкістю обертання валу намотування. Такі системи складні в регулюванні, не точні і малонадійні. Перспективніші цифрові системи, засновані на стеженні за виконанням кожного витка. У цих системах розкладальник переміщається синхронно з обертанням каркаса. Тут чинник часу, а отже, і динаміки процесів розгону, гальмування і підтримки швидкості намотування,

повністю виключений, тому не потрібна складна настройка, а результати легко повторювані.

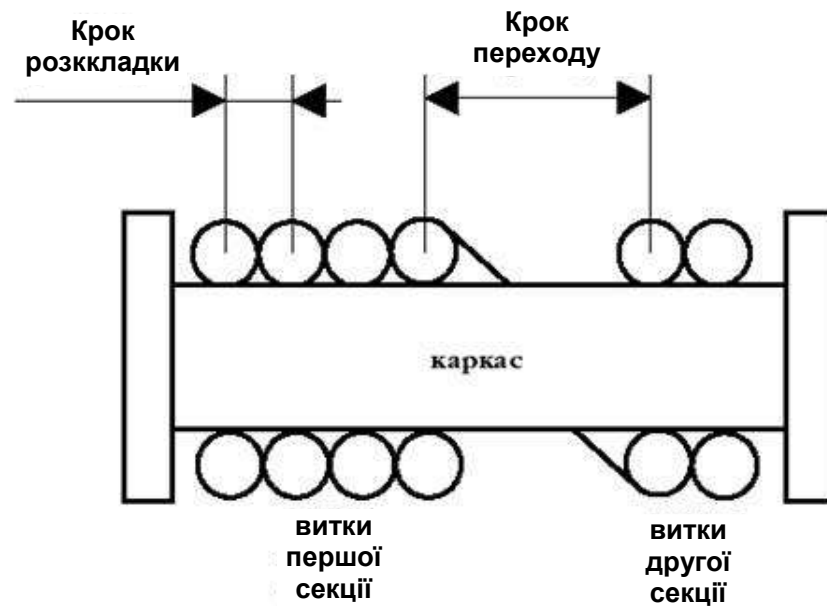


Рисунок 2.2 – Етапи розкладки нитки проводу.

Застосування в приводі розкладальника крокового двигуна з малим мікрокроком дозволяє отримувати надзвичайно точну розкладку. Перетворення обертового руху ротора крокового двигуна в поступальний рух розкладальника найпростіше виконується за допомогою шестерні і зубчатої рейки. Використовувані модулі передачі не дозволяють отримати круглі числа в коефіцієнті перетворення обертового руху в поступальний. Тому для кожного напівомата визначається свій коефіцієнт відповідності одиничного кроку двигуна приводу і реального переміщення розкладальника. Для оператора напівомата цей коефіцієнт приводиться у вигляді відповідності умовного одиничного кроку певному лінійному переміщенню розкладальника в міліметрах.

Будь-який рух визначається не тільки величиною, але і напрямом. Напрямок руху розкладальника на напівоматах визначається великим числом чинників. Тому при заданні напрямку руху розкладальника можна

говорити тільки про задання початкового напрямку.

Складні намотувальні вироби можуть складатися з декількох секцій, рознесених одна від одної на деяку відстань. Типовим прикладом багатосекційної котушки є контурна котушка радіоприймача довгохвильового діапазону, або обмотка статора електродвигуна, намотана на спеціальний каркас. Відстань між останнім витком попередньої секції і першим витком подальшої називають «КРОК ПЕРЕХОДУ» між секціями. Для цього кроку також є коефіцієнт відповідності логічного кроку лінійному переміщенню в міліметрах.

Логіка відпрацювання переходу на намотувальних напіватомах не передбачає зміну напрямку руху розкладальника після початку виконання переходу.

Таким чином, для управління рухом розкладальника вказуються наступні значення:

- крок розкладки;
- початковий напрям руху розкладальника;
- крок переходу;
- напрям переходу.

2.2.3 Управління процесом намотування.

Технологічний процес виготовлення моточного виробу може включати не тільки власне намотування, але і різноманітні додаткові операції, такі як прокладка міжшарової ізоляції, фіксація виводів, просушування та інші. З погляду процесу виконання намотування, додаткові технологічні процеси представляються як паузи обертання каркаса і переміщення розкладальника. Такі паузи можуть мати як відому тривалість, так і продовжуватися невизначений час [32, 33, 34].

Крім того, технологічний процес намотування виробу може включати послідовне намотування секцій з різним кроком розкладки і

різними переходами між ними. Різні завдання вимагають і різних правил виконання переходів і зміни секцій. Для виконання переходу з високою точністю потрібна зупинка валу намотування. Інакше комбінація обертання каркаса і лінійного переміщення розкладальника не дозволить визначити траєкторію укладання нитки. А там де висока точність не потрібна перехід можна виконувати без зупинки, знижуючи час виконання всього намотування.

Таким чином, для управління процесом намотування вказуються наступні значення: наявність і тривалість технологічних пауз; правила виконання переходу.

2.3 Будова та принцип роботи основних вузлів напівомата намотування катушок.

2.3.1 Пристрій нанесення клею.

Пристрій нанесення клею на каркаси (див. графічну частину КР) встановлено на рамі шафи підготовки повітря на загальній плиті з конвеєром висушування. Він складається з приводу виконавчих кулачків, механізму горизонтального переміщення каркасів, механізму підйому і повороту каркасу і приводу прижимного ролика.

Вихідне положення пристрою, виконання команд на подачу повітря в дозатор і вакуум-захват конвеєра сушіння контролюється мікровимикачами. Наявність каркасу під дозатором перед нанесенням на нього клею і переповнення вібраторіжки каркасами визначається фотодавачами.

У вихідне положення поданий вібраторіжною каркас знаходиться під тримачем 1 (див. графічну частину КР). Мотор-редуктор 2 з допомогою ланцюгової передачі приводить в рух кулачки 3 і 4. Кулачок 3 реагує на

важіль 5, який через шарнірну тягу переміщає вертикально вниз повзунок 6 і зв'язаний з ним повзунок 7. Всередині повзунка 7 на підшипниках встановлений корпус 8, який тримає важіль 9 і тримач 1. В свою чергу тримач 1 встановлений на підшипникових опорах в корпусі 8 і міцно з'єднаний з зубчастим колесом 10. Тримач 1 захоплює каркас і піднімається з ним до обмежуючої планки 11, яка нажимає на важіль 9 і розвертає корпус 8 з тримачем на 90 градусів в напрямі шприца 12.

В наступний момент кулачок 4 діє на важіль 13, який через шарнірну тягу і важіль 14 переміщає горизонтально повзунок 7 до доторкання зубчатого колеса 10 з прижимним роликом 15, який до цього знаходився в обертівому русі від мотор-редуктора 16. Тримач 1 разом з каркасом приводиться в рух. Після визначення каркасу фотодавачем, посилається команда на подачу клею шприцом 12. Після нанесення клею на каркас, повзунок 6 опускається, при цьому тримач 1 під дією пружини повертається на 90 градусів в протилежну сторону, заходячи між важелями 17, які в цей момент розведені. Змикання і розмикання важелів 17 досягається дією на них кулачка 3 через важіль 18, шарнірну тягу і важіль 19. Стягнуті пружиною при підйомі тримача 1, важелі 17 зводяться і встановлюють каркас на супутник конвеєра висушування, який проходить під ним.

2.3.2 Пристрій подачі та встановлення каркасів.

Пристрій подачі і встановлення каркасів (рис. 2.3) кріпиться до основи столу, змонтованого на загальній несучій плиті 1 і включає: привід виконавчих кулачків, механізм горизонтального переміщення каркасу, механізм підйому каркасу, механізм знімання каркасу.

Вихідний стан пристрою і крайнє положення повзунка 2 контролюється мікровимикачем 3. Наявність каркасу в зоні його встановлення на оправку стола визначається давачем провідності.

У вихідному положенні каркас, який подається вібраторною, знаходиться на планці 4. Після повороту стола на одну позицію вмикається мотор-редуктор. Кулачок 5, діє на важіль 6 через проміжні шарнірні тяги переміщає вгору повзунки 7 з встановленою на ньому планкою 4. При цьому каркас встановлюється на цангу 8. Цанга 8 має можливість повертатися на 90 град. кругом нерухомої осі повзунка 2 і горизонтально переміщатися разом з ним.

Встановлення каркасу на оправку столу відбувається приводом від кулачка через важіль 9, проміжні шарнірні тяги, повзунки 2.

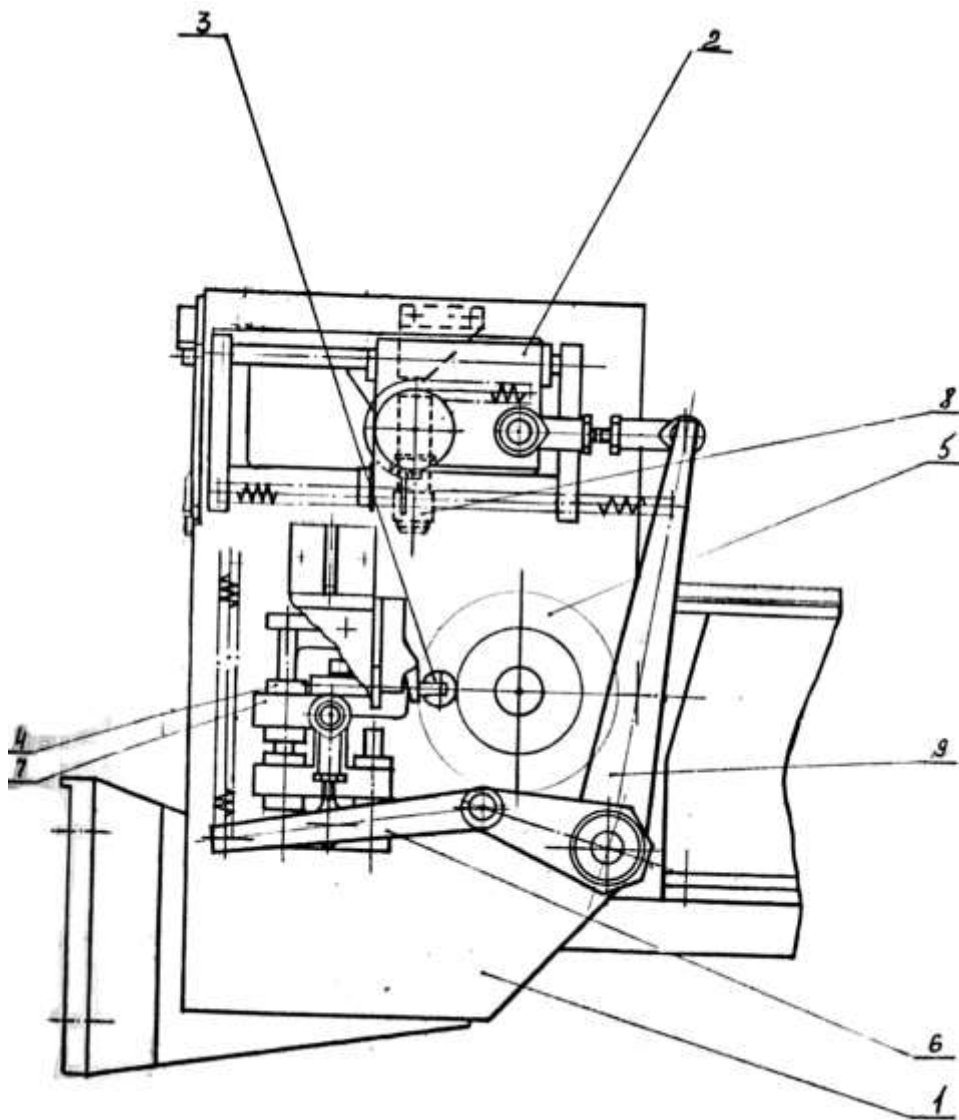


Рисунок 2.3 - Пристрій подачі та встановлення каркасів.

2.3.3 Поворотний стіл.

Стіл поворотний (рис. 2.4) представляє собою станину 1 з розташованим в середині нього приводом 30-ти позиційного стола 2, основою 3 з кільцеподібними пазами для встановлення виконавчих пристроїв, кулачковим механізмом 4 перервного обертання стола 2.

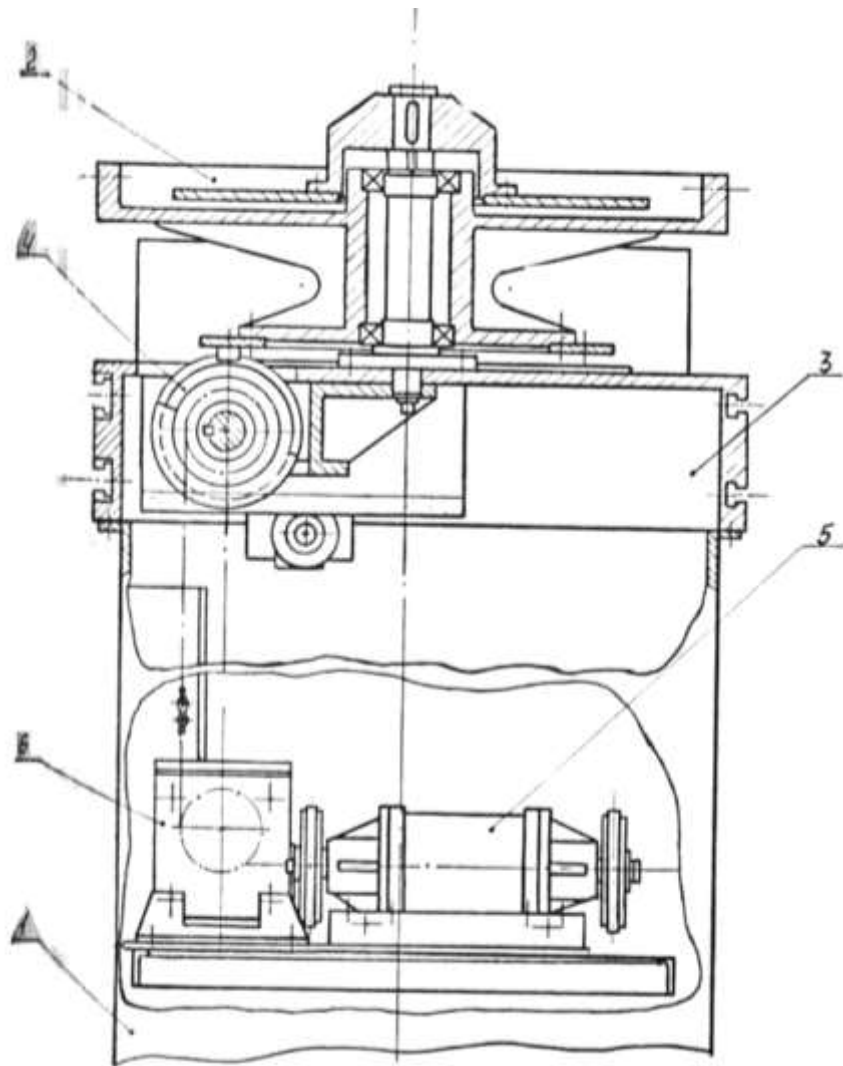


Рисунок 2.4 - Стіл поворотний.

Привід столу здійснюється від двигуна через клинопасову передачу, муфту-гальмо 5, ланцюгову передачу на валу кулачка 4. Муфта-гальмо

забезпечує неперервну роботу двигуна і періодичну його зупинку з необхідною тривалістю в циклі по команді від пристрою керування давачами.

Запобіжник приводу від перевантажень виконує фрикційна муфта на вихідному валу редуктора 6, доступ до приводу відбувається через вікна в станині 1. Для віброізоляції стола 2 станина 1 встановлена на опори типу “ОВ”.

У верхній частині столу розміщується фіксуючий пристрій (рис. 2.5). Він включає в себе ролики 1, фіксуючий кулачок 2, розфіксовуючий кулачок 3.

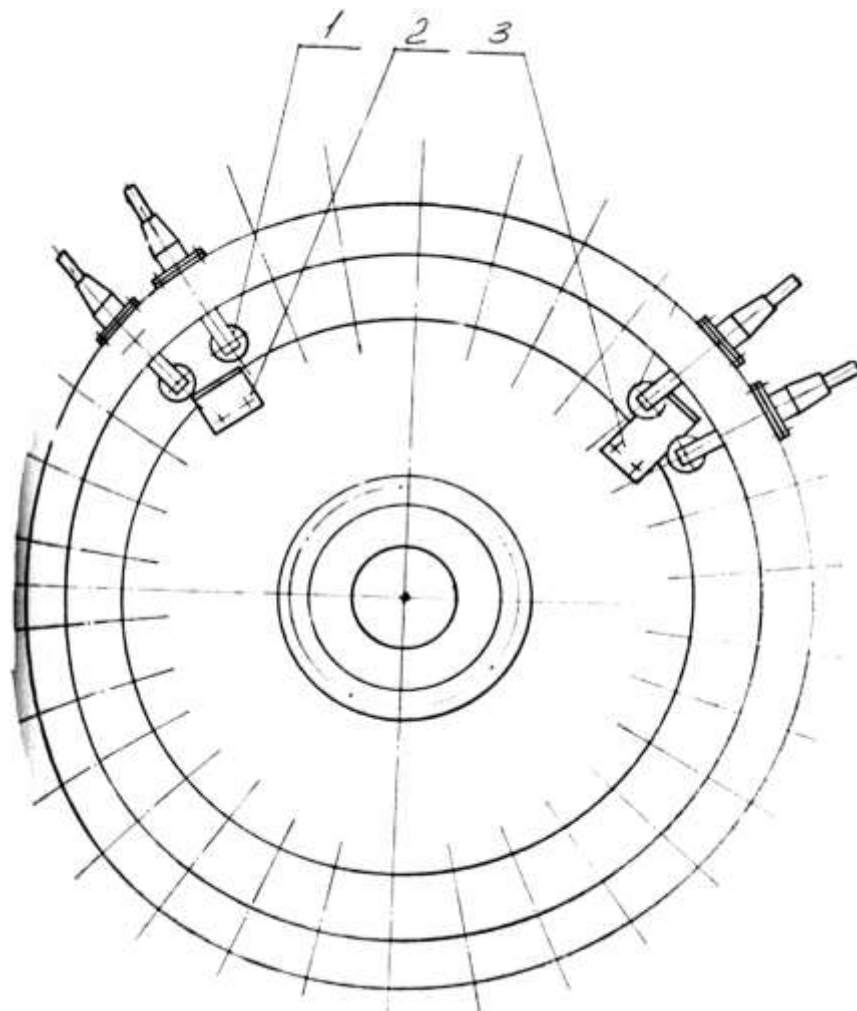


Рисунок 2.5 - Фіксуючий пристрій.

При повороті столу на одну позицію ролик 1 наїжджає на фіксуючий кулачок 2. При цьому цанга розтискається і фіксує каркас. Після закінчення виготовлення котушки ролик 1 наїжджає на розфіксуючий кулачок 3, і через тягу витягує шток цанги. При цьому каркас розфіксується.

На стійках до верхньої нерухомої частини поворотного столу кріпиться пристрій вентиляції і являє собою осьовий вентилятор, один фланець якого прикріплений до несучого кронштейну, а другий до вентиляційної труби. Він призначений для витягування шкідливих випарів розчинника на позиції намотування котушок.

2.3.4 Пристрій намотування котушки.

Пристрій намотування котушок (див. графічну частину КР) прикріплюється до основи столу. Цей пристрій змонтовано на загальнім несучім кронштейні 1, він має: привід розташування і намотування, механізм розкладки і намотування, механізм відбірника.

Підрахунок числа витків (в два ряди), що намотуються і контроль вихідного положення повідка 2 і кулачка 3 здійснюється від стійки керування.

Привід розкладки і намотування здійснюється від двигуна постійного струму з регульованою частотою обертання через клинопасову передачу, муфту-гальмо 4, зубчастопасову передачу – на вал редуктора 5, кулачок 3 і одночасно на вал 6 механізму розкладки і намотування.

Ширина проводу, що намотується, регулюється обмежувачем намотування, який розташований на столі верстата під оправкою.

Перед намоткою першої котушки провід пропускається з пристрою натягування через порожнинний вал 7, обвідні ролики повідка 2, отвір в планці 8 і декількома витками вручну намотується на каркас, розміщений на оправці столу.

У вихідному положенні поводок 2 розміщений в площині, перпендикулярній площині обертання столу. Стакан 9 відведений в крайнє заднє положення.

Після повороту столу на одну позицію вмикається двигун постійного струму. Одночасно з намоткою починається розміщення першого ряду витків котушки. Кулачок 3, діючи на важіль 10, тримач 11, переміщає поводок 2, здійснює розкладку. Поводок 2 отримує два незалежних рухи – обертання і поступальне переміщення так як втулка 12 з'єднується з валом 13 за допомогою шліців, а з валом 6 – торцевими виступами.

Перекидання проводу на другий ряд виконує стакан 9 механізму відбійника. По команді від фотодавача 14 вмикається пневмоциліндр 15, який через шарнірну тягу, важіль 16, тримач 17 переміщає вал 7 з надітим на нього стаканом 9.

Для кращого зняття проводу стакан 9 має направляючий конус і в момент перекиду на другий ряд намотування центрується на оправці стола.

Вал 7 зі стаканом 9 отримують також, як і вал 13, два незалежних рухи – обертальне і поступальне переміщення завдяки тому, що втулка 18 з'єднується з валом 7 шліцями, а з валом 13 – торцевими виступами.

Пристрій забезпечує намотку котушок з різним числом витків і шириною рядів. Це досягається регулюванням положення осі 19 і зміною плеча важеля 10 та зміною шківів на вхідному валу редуктора 5. Крім того, при необхідності, можна зменшити цикл роботи регулювання частоти обертання вала двигуна.

2.3.5 Пристрій натягування проводу.

Пристрій натяжний (рис. 2.6) призначений для натягування і подачі проводу до пристрою намотування котушок. Він встановлений на загальній плиті 1 і має: направляючі 2, затискач 3, механізм змотування 4,

механізм натягування 5, важіль 6.

Механізм змотування 4 складається з піддону, прикріпленого на затискачі баланообмежувача, який поміщають в піддон. Котушка прикріплюється на болті 7 гайкою 8. Привід котушки проходить через вушко баланообмежувача до механізму натягування 5.

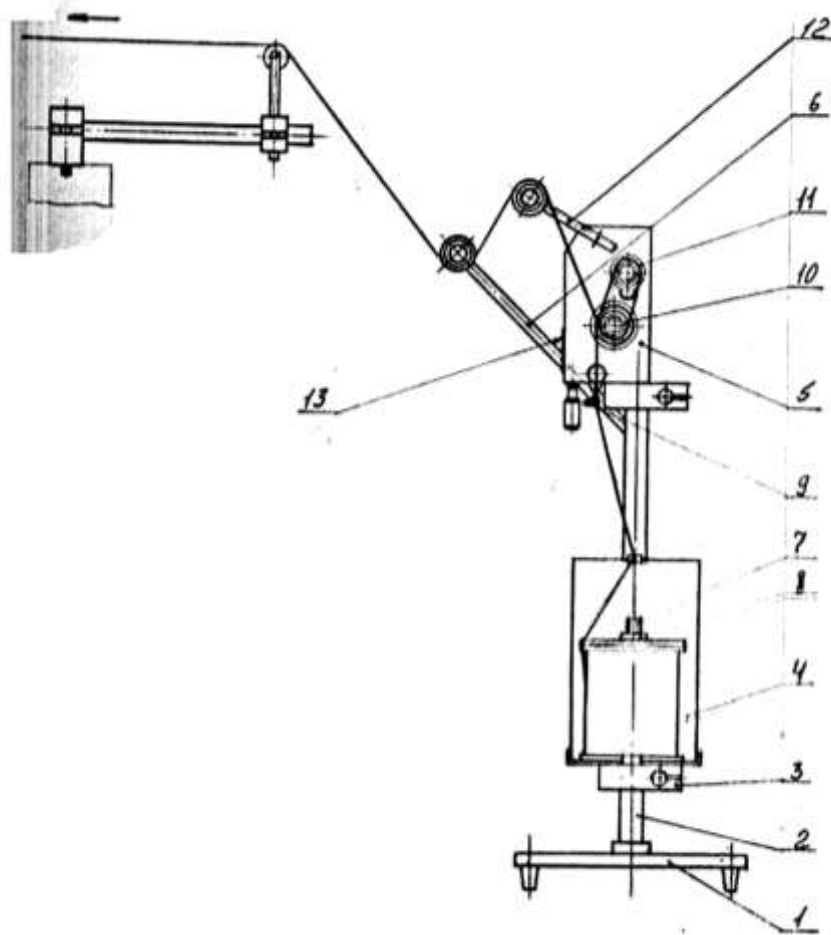


Рисунок 2.6 - Пристрій натяжний.

Контроль обриву проводу відбувається фотодавачем. Провід з механізму змотування проходить через направляючу 9, один виток кладеться на ролик 10 і далі провід поступає на ролики 11.

Підпружинення важеля 12 необхідне для демпфування коливань проводу на ділянці між натяжним пристроєм і каркасом намотування котушки.

Налаштування і контроль величини натягування проводу

проводиться по шкалі 13.

2.3.6 Пристрій розпилення та зняття напливів розчинника.

Пристрій розпилення і зняття напливів розчинника (рис. 2.7) встановлено на загальному несучому кронштейні пристрою намотування катушок. Він має: чотири форсунки для розпилення розчинника 1, 2, які працюють по принципу пульверизатора, ванни 3, 4 і 5 з розчинником, які прикріплені на стійках до нерухомої частини столу поворотного напівомата, бачки з запасом розчинника, форсунку 6, яка здуває краплі розчинника з катушки.

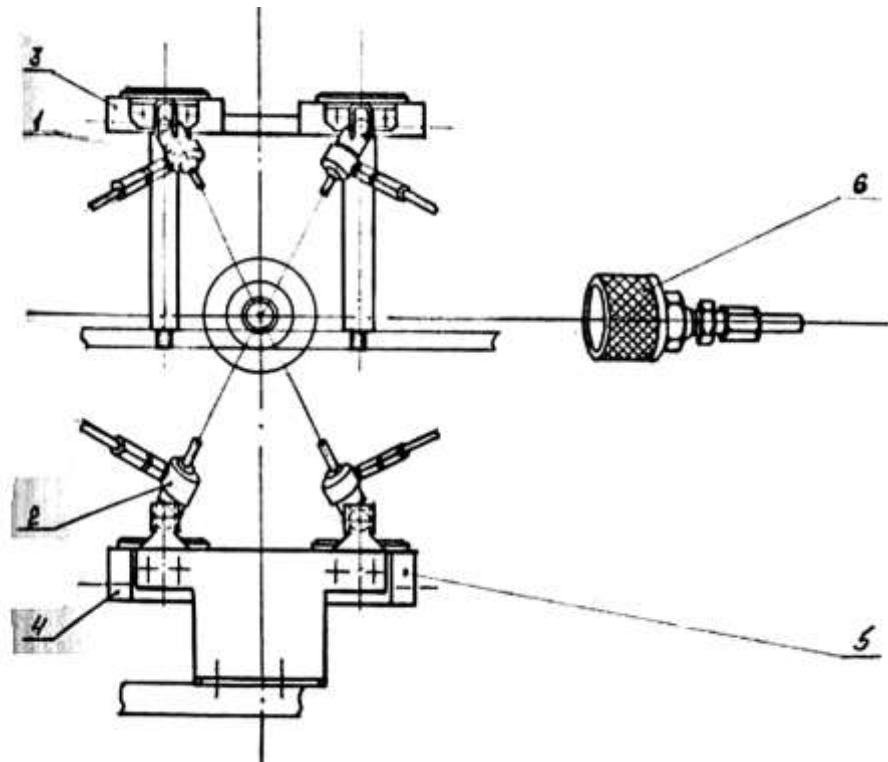


Рисунок 2.7 - Пристрій розпилення і зняття напливів розчинника.

Наповнення ванн 3, 4 і 5 розчинником і подача його в форсунки 1, 2 відбувається завдяки різниці висоти їх розташування по відношенню до бачків. Стиснуте повітря у форсунки 1 і 2 подається від пневмопанелі з регульованим тиском попарно на верхні і нижні форсунки.

2.3.7 Пристрій сушіння каркасів катушок.

Пристрій сушіння (рис. 2.8) прикріплюється до основи столу 1. Пристрій складається з пневмоциліндра повороту, кронштейна і теплового пристрою 2.

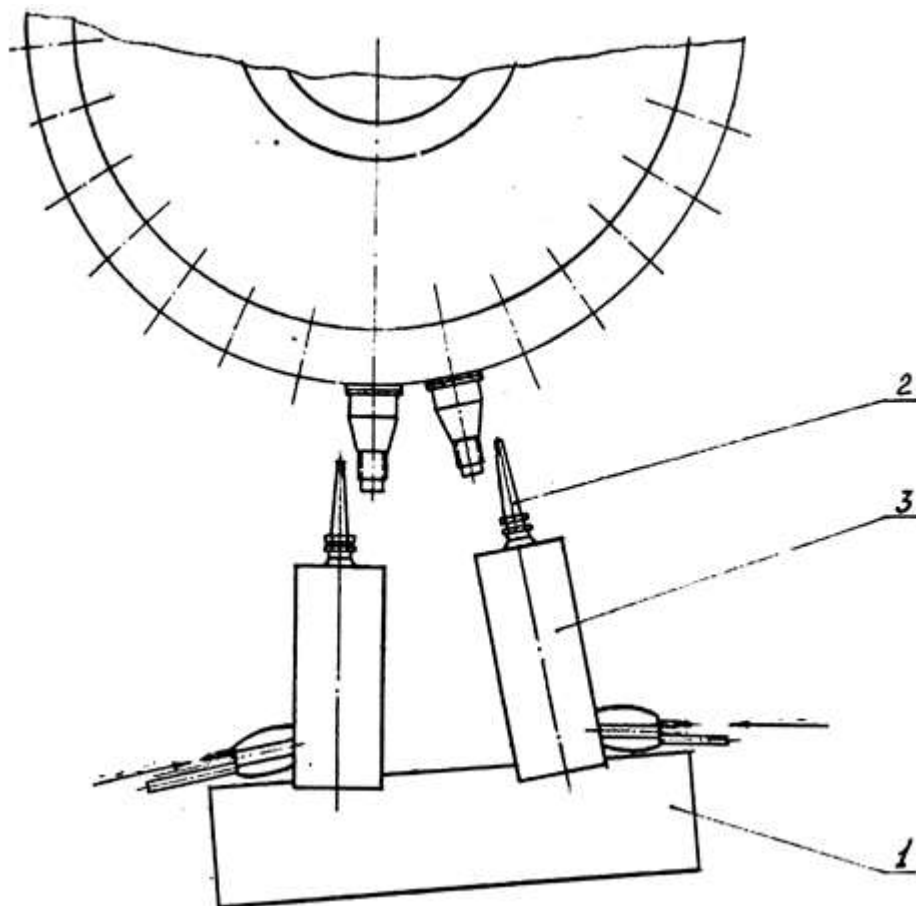


Рисунок 2.8 - Пристрій сушіння.

Працює він наступним чином. В тепловий пристрій подається стиснуте повітря, де воно підігрівається і подається на каркаси катушок для їх висушування.

Під час зупинок поворотного столу, які перевищують тривалість робочого циклу, пристрій тепловий повертається таким чином, щоб запобігти попаданню гарячого повітря на каркаси і запобігти їх нагріванню. Поворот здійснюється пневмоциліндром.

З метою запобігання опіків персоналу пристрій тепловий закритий захисним кожухом 3.

2.3.8 Пристрій відгинання та відрізання проводів.

Пристрій відгинання і відрізання проводу (рис. 2.9) прикріплюється до основи столу. Він виготовлений на загальній несучій плиті 1 і містить: привід виконавчого кулачка, мотор-редуктор 2, механізм відрізання проводу і механізм відгинання проводу.

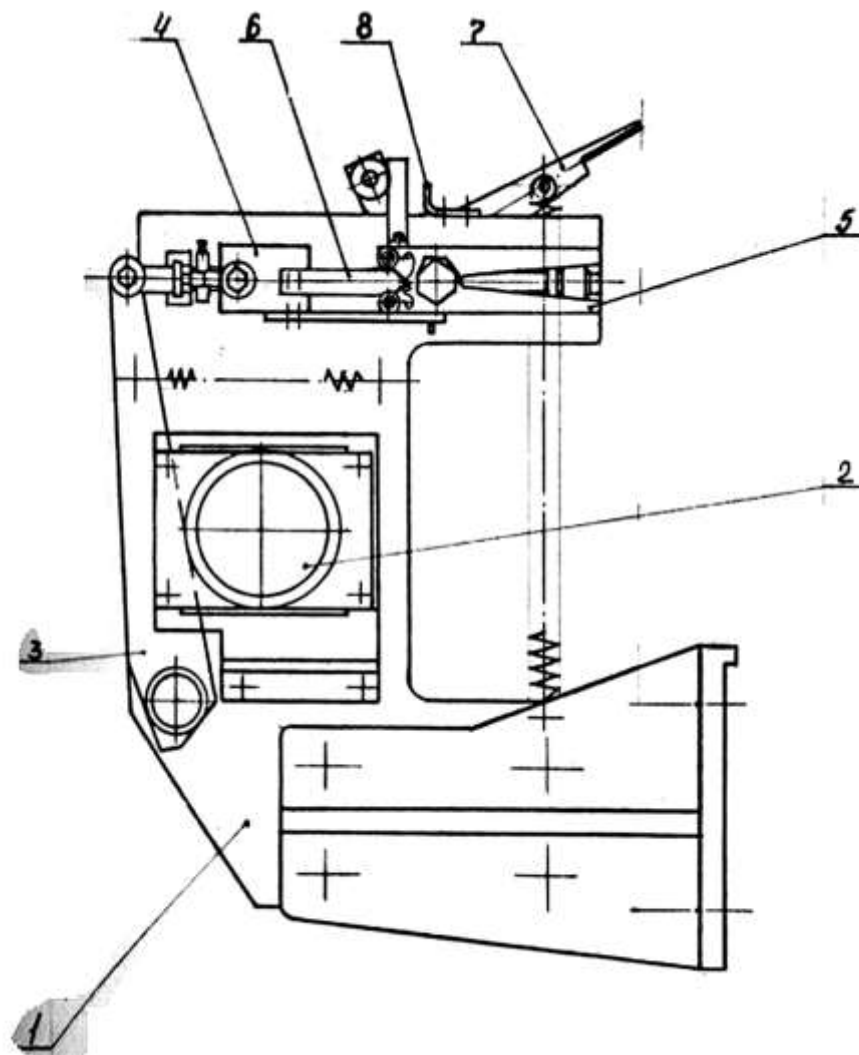


Рисунок 2.9 - Пристрій відгинання і відрізання проводів.

Вихідний стан пристрою контролюється мікровимикачем. Робота

пристрою полягає в наступному. Після повороту столу на одну позицію вмикається мотор-редуктор 2. Кулачок, діє на важіль 3 через проміжні шарнірні тяги, штовхає повзунок з клином, який утримується від можливих коливань направляючою шпонкою. В свою чергу від повзунка приводиться в рух через пружину повзунок 4, який несе ножі 5. Відрізання натягнутого між оправками столу проводу відбувається в крайньому положенні повзунка 4 зведенням ножів 5 клином 6.

Щоб після відрізання котушка мала необхідну довжину кінців проводу (для наступної пайки гнучких виводів) перед відрізанням виконується відгинання. Кут хитання важеля 7 забезпечується клином 8.

2.3.9 Пристрій формування І.

Пристрій формування І (рис. 2.10) прикріплюється до основи столу. Цей пристрій має: привід виконавчого кулачка - мотор-редуктор, механізм піднімання і руху важелів 2, механізм горизонтального переміщення направляючого кронштейна 3, механізм руху направляючої пластинки 4.

Вихідний стан пристрою контролюється мікровимикачем 5. Робота пристрою полягає в наступному. Після повороту столу на одну позицію вмикається мотор-редуктор. Кулачок 6, діє на важіль 7, через проміжну шарнірну тягу, опускає тримач 8, який нерухомо прикріплений на осях 9, 10 і з'єднаний з ним важелі 2. При цьому прикріплені на важелях 2 ролики, рухаючись по профілю нерухомого клина 11, переходять на його вузьку частину і забезпечують зчеплення важелів 2 під дією пружини 12. Кронштейн 3 горизонтально переміщається під оправку стола. Кінці проводу котушки, до цього розміщені паралельно площині роботи столу відгинаються вниз і з'єднуються під оправкою.

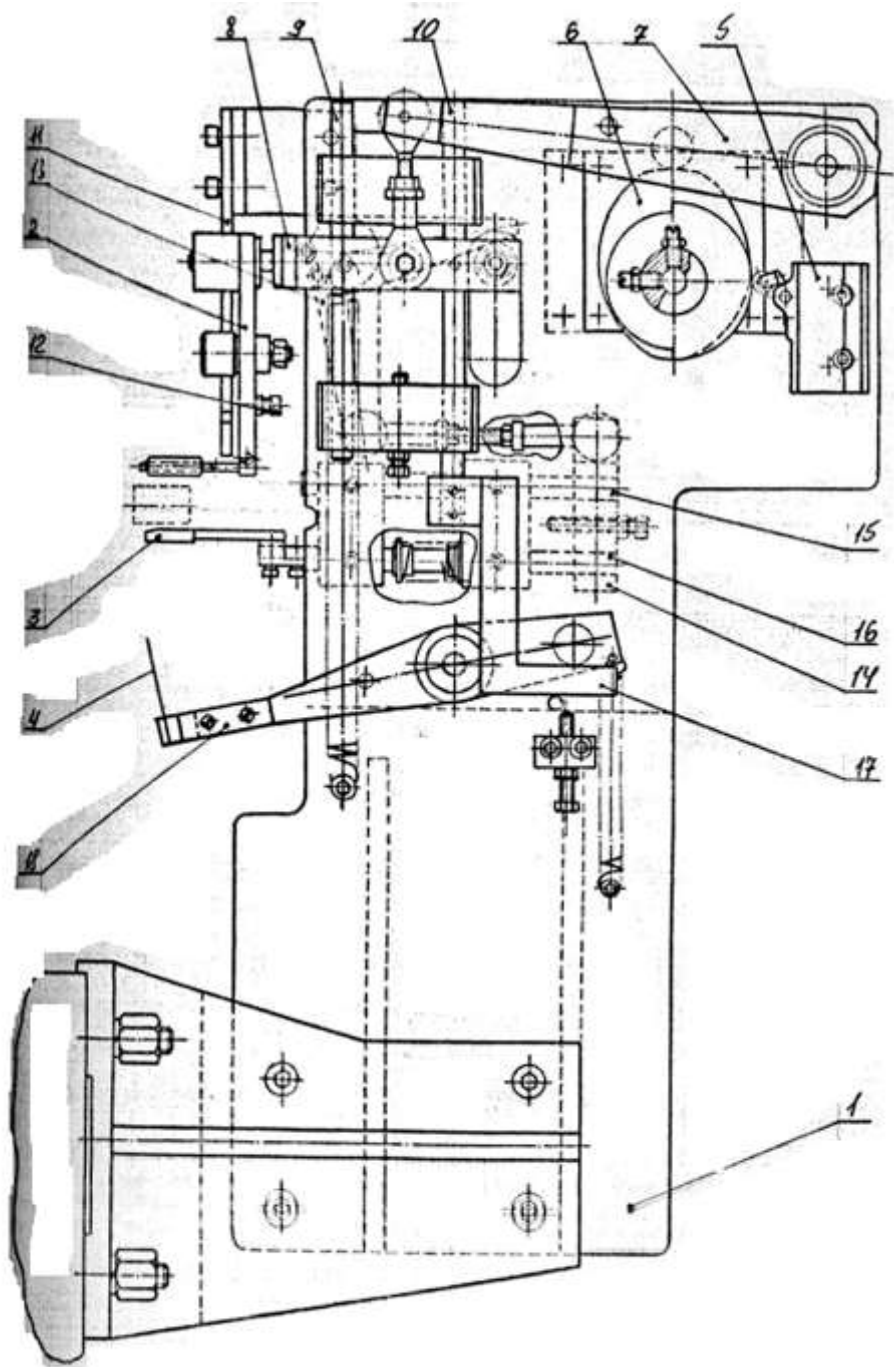


Рисунок 2.10 - Пристрій формування І.

Це відбувається наступним чином. Тримач 8 через ролик діє на важіль 13, який через шарнірну тягу штовхає тримач 14, який нерухомо прикріплений на осях 15, 16. Разом з віссю 15 приводиться в дію і з'єднаний з нею кронштейн 3, для правильного формування кінців проводу вони додатково направляються пластиною 4. Відбувається це так. На осі 10

жорстко з'єднаний з тримачем 8 встановлений важіль 17, який переміщаючись діє на важіль 18 з прикріпленою на ньому пластиною 4.

2.3.10 Пристрій формування II.

Пристрій формування II (рис. 2.11) прикріплюється до основи столу. Він містить: привід виконавчого кулачка - мотор-редуктор, механізм піднімання і руху важелів 5, механізм піднімання важелів-захоплювачів 8, 9.

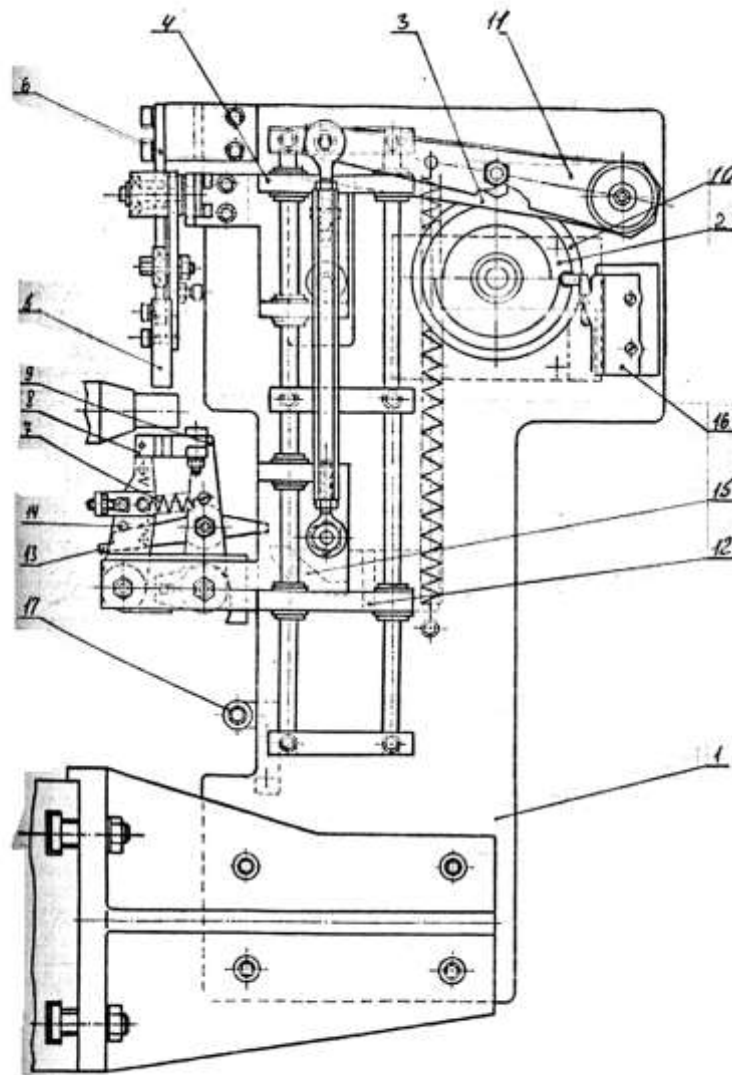


Рисунок 2.11 - Пристрій формування II.

Вихідний стан пристрою контролюється мікровимикачами 16.

Робота пристрою полягає в наступному. Після повороту столу на одну позицію вмикається мотор-редуктор. Кулачок 2, діє на важіль 3, через проміжну шарнірну тягу опускає тримач 4, а з ним і прикріплені на ньому важелі 5. При цьому встановлені на важелях 5 ролики рухаючись по профілю нерухомого клина 6, переходять на його вузьку частину і забезпечують зчеплення важелів 5 під дією пружини 7. В той момент кінці проводу захоплюються під оправкою столу губками важелів-захоплювачів 8, 9. Відбувається це таким чином. Тримач 12 з встановленими на ньому важелями 8, 9 піднімається вгору так як на нього діє кулачок 10 через важіль 11 і при цьому губки важелів 8, 9 розведені і утримуються в такому положенні важелем 13. Вісь руху важеля 13 проходить через важіль 9, а сам важіль 13 одним своїм плечем взаємодіє з виступаючою частиною штифту 14 на важіль 8. В момент опускання важелів 8, 9, коли вони розведені, друге плече важеля 13 діє на собачку 15.

Під дією пружини 7 важелі 8, 9 з'єднуються своїми губками, захоплюють кінці проводу і витягують їх паралельно один одному.

Перевід важеля 13 в початкове положення здійснюється взаємодією нерухомого упору 17 з одним із плечей важеля 8.

2.3.11 Пристрій формування III.

Пристрій формування III (рис. 2.12) прикріплюється до основи столу. Цей пристрій містить: привід виконавчого кулачка - мотор-редуктор, механізм горизонтального переміщення планки 2, механізм горизонтального переміщення нагрівача 3.

Вихідний стан пристрою контролюється мікровимикачем 4. Робота пристрою полягає в наступному. Після повороту столу на одну позицію вмикається мотор-редуктор. Кулачок 5, діє на важіль 6, горизонтально переміщає планку 2 разом з кронштейном 7. Планка 2 при своєму русі направляється роликами, здійснює коливальні рухи кругом осі і

підтискається пружиною 9.

Кронштейн 7 має два гострокутних прорізи, в ці прорізи входять кінці проводу, сформовані потрібним чином на операції формування II і відгинаються вздовж каркасу котушки.

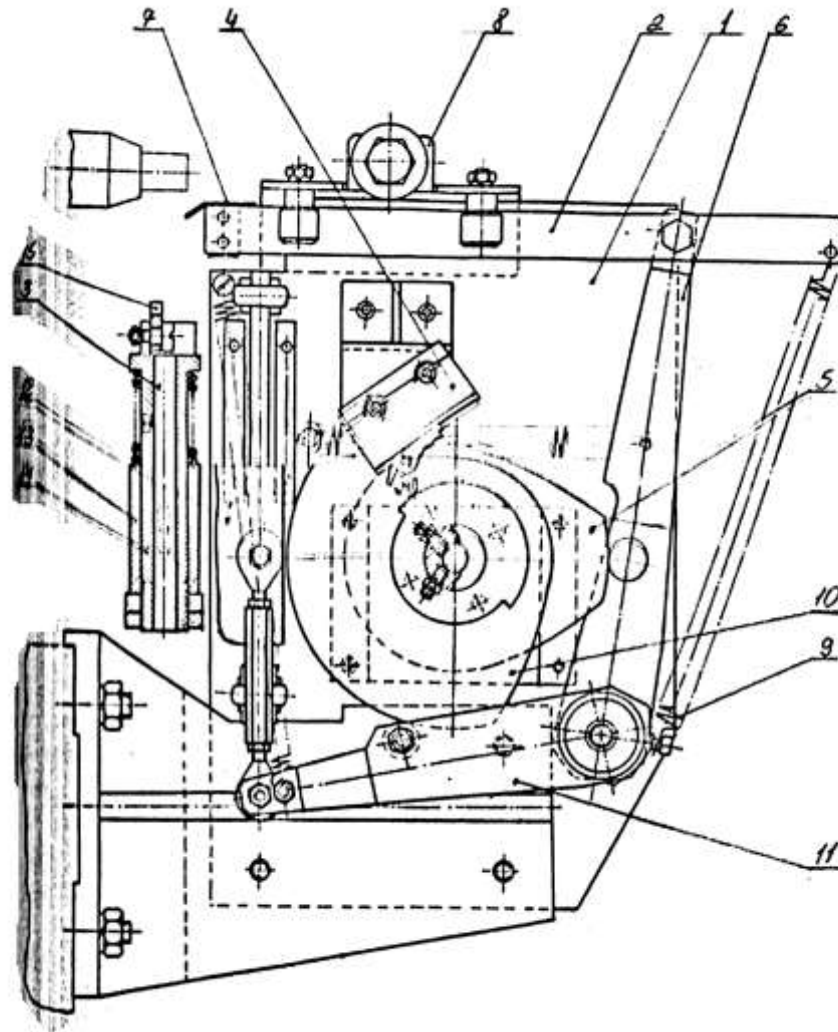


Рисунок 2.12 - Пристрій формування III.

Кулачок 10 діє через важіль 11 на повзунок 12 пересуває його вертикально вверх. До повзунка 12 через проміжну планку із керамічного матеріалу (для ізоляції металевих частин пристрою від нагрівання) прикріплюється корпус 13. В корпус 13 влаштований повзунок 14, а в повзунку 14 – нагрівач 3. У верхній частині повзунка 14 влаштований наконечник нагрівача 15, який виконує кінцеве закріплення кінців проводу

на котушці (для запобігання подальшої розмотки) шляхом розплаву попередньо нанесеного на провід клею і приклеювання проводу до каркасу котушки.

2.3.12 Пристрій знімання катушок.

Пристрій знімання катушки (рис. 2.13) прикріплюється до основи столу. Він виготовлений на загальній несучій плиті 1 і включає: привід виконавчого кулачка - мотор-редуктор 2, механізм повороту і горизонтального переміщення катушки, механізм знімання катушки, механізм зіштовхування супутника з катушкою.

Контроль вихідного стану пристрою і керування пневмоциліндром 3 виконує мікровимикач.

Робота пристрою полягає в наступному. Після повороту столу на одну позицію вмикається мотор-редуктор 2. Кулачок, діє на важіль 4 і через проміжні шарнірні тяги 6 штовхає повзунк 7. При цьому захоплювачі 8 повертаються із горизонтального у вертикальне положення до опори 9 для знімання катушки з оправки стола.

Знімання катушки відбувається затискачами 10 захоплювачів 8 шляхом їх зведення системою важелів 11, 12 з приводом від пневмоциліндра 3.

Планка 13, на якій встановлені захоплювачі 8 і пневмоциліндр 3, може здійснювати коливальні рухи в площині, перпендикулярній осі оправки столу.

Після зняття катушки і переміщення повзунка 7 з поворотом захоплювачів на 90 град., затискачі розтискаються і встановлюють катушку на супутник конвеєра.

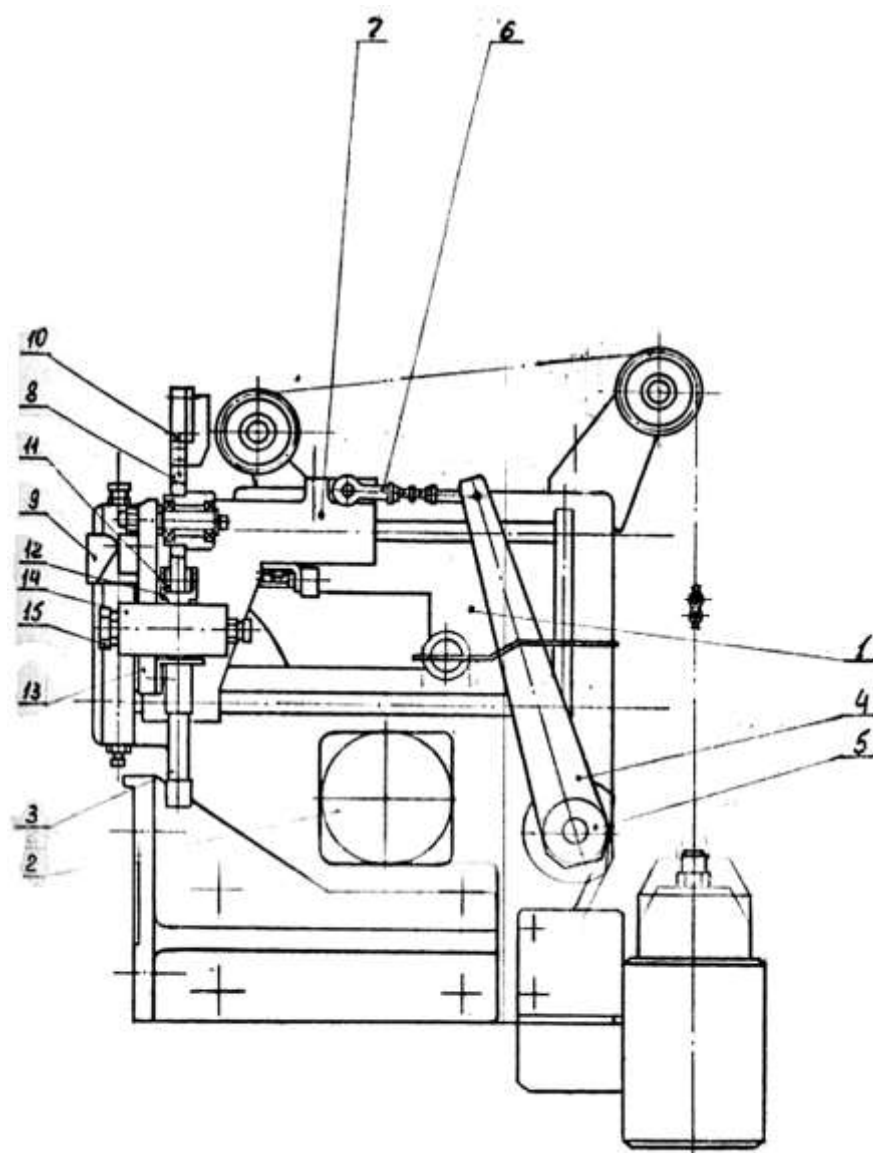


Рисунок 2.13 - Пристрій знімання котушок.

3 Конструкторська частина

3.1 Розроблення пневматичної схеми напівавтомату.

Пневматична система напівавтомата призначена для забезпечення роботи пристроїв нанесення клею, зняття напливів розчинника, сушіння катушок, намотування катушок, знімання катушок [35, 36, 37, 38]. Пневматична схема представлена в графічній частині роботи.

Пневматична система складається з приладів підготовки стиснутого повітря (блоку П-Б1, маслорозпилювача 23, пневмоглушників 4, 5), направляючої пневмоапаратури, пневмоблоків керування А2 і А3, пневмодроселів із зворотніми клапанами 7...10, клапанів 13, 17; пневмоциліндрів 29..30, 31, 32, дозатора клею 6, сопел 24, 25..28, теплових пристроїв А4 та А5, захоплювача 11.

З пневмомережі сиснуте повітря подається в блок А1, де відбувається очищення повітря від твердих частинок і капельної вологи, регулювання тиску, захисту системи від підвищеного тиску, відвід конденсату, розімкнення електричного ланцюга керування і замикання ланцюга при недопустимому зниженні тиску. Номінальний тиск на виході з блоку А1 становить 0,63МПа. На виході блоку повітря ділиться на два потоки. Проходячи через маслорозпилювач 23, повітря збагачується розпилюваним мастилом, яке змащує поверхні тертя пневматичних пристроїв та подається в пневмоблок керування А2.

Керування пневмоциліндрами 29, 30, 31, 32 відбувається за допомогою пневморозподільювачів 35...39. Напруга живлення катушок розподільників – 24В. В кожному блоці є резервний розподільник. Для спеціального контролю наявності або відсутності тиску повітря в блоках вбудовані індикатори тиску 33, 34.

Пневмоблоки керування А2, А3 керують роботою пневмодвигунів - пневмоциліндрів двосторонньої дії 29, 30, 31, 32 і дозатора клею 6.

Регулювання швидкості руху штоків пневмоциліндрів 29, 30 відбувається пневмодроселями із зворотнім клапаном 7...10, пневмоциліндрів 31, 32 – вбудованими дроселями.

Контроль положення поршня пневмоциліндрів 29...31 відбувається магнітокеруючими давачами.

Відпрацьоване повітря випускається в атмосферу через глушники 4 і 5, які знижують рівень шуму вихлопу і частково очищають відпрацьоване повітря від розпиленого мастила.

Наявність вентиля 2 при вході повітря в цю гілку дозволяє відсікати подачу стиснутого повітря.

Повітря через вентиль 3 поступає в пневмоблок керування А3, який керує подачою повітря в сопла 25...28 пристрою розпилення розчинника і в ежекторний захват пристрою перенесення каркасу. Величина витрати повітря через сопла регулюється редукційними клапанами 13...17. Наявність мастила в стиснутому повітрі тут не допускається.

Повітря без мастила також подається в бак 1 з клеєм, його тиск регулюється редукційним клапаном 17 і становить $P = 0,05$ МПа.

Величина витрати повітря в тепловому пристрої регулюється пневмодроселем.

3.2 Розроблення конструкції бункерного вібраційного живильника.

Бункерні завантажувально-орієнтуючі пристрої представляють собою групу механізмів, які приймають деталі навалом і подають їх до робочої зони машини чітко орієнтовані в просторі і в часі [39, 40, 41, 42].

Бункера з поштучною подачею деталей є дуже поширеними, до їх числа відносяться такі широко відомі в практиці конструкції як кишенькові і гачкові.

Величина коефіцієнта заповнення залежить від цілого ряду факторів: від конструктивного виконання елементів бункера (кут нахилу диска, форма захоплюючих пристосіблень, приймаючої частини лотка та ін.), форми деталей, коефіцієнта тертя деталей до захоплюючих пристроїв, наявність бруду, мастила, пилюки і т.п. Величина коефіцієнта заповнення в кожному окремому випадку визначаються дослідним шляхом.

Продуктивність в таких видах бункерів не залежить від розміру бункера, а тільки від швидкості руху деталей. При цьому великий за розмірами бункер і малий будуть давати однакову продуктивність при одній і тій же швидкості диска і деталей.

При огляді всіх видів вібраційних живильників необхідно спроектувати вібраційний живильник з вертикальним електромагнітом. Конструкція вібробункера з вертикальним електромагнітним вібратором показана на рис. 3.1.

Чаша 1 вібробункера являє собою циліндричний резервуар, на внутрішній поверхні якого є спіральний лоток, а на зовнішній поверхні змонтований вихідний лоток. Дно 2 чаші закріплено на трьох циліндричних стержнях (пружинах) 3 або на трьох ресорах.

Стержні розміщені таким чином, що проекція їх на горизонтальну площину перпендикулярна радіусу в точках кріплення до дна 2 чаші. В центрі дна закріплений якір 4 електромагніта 5, який встановлений на масивній основі 6. Зазор між якіром і електромагнітом регулюється підніманням чи опусканням останнього з допомогою гвинтів 7. Величина зазору впливає на швидкість переміщення заготовок по лотку.

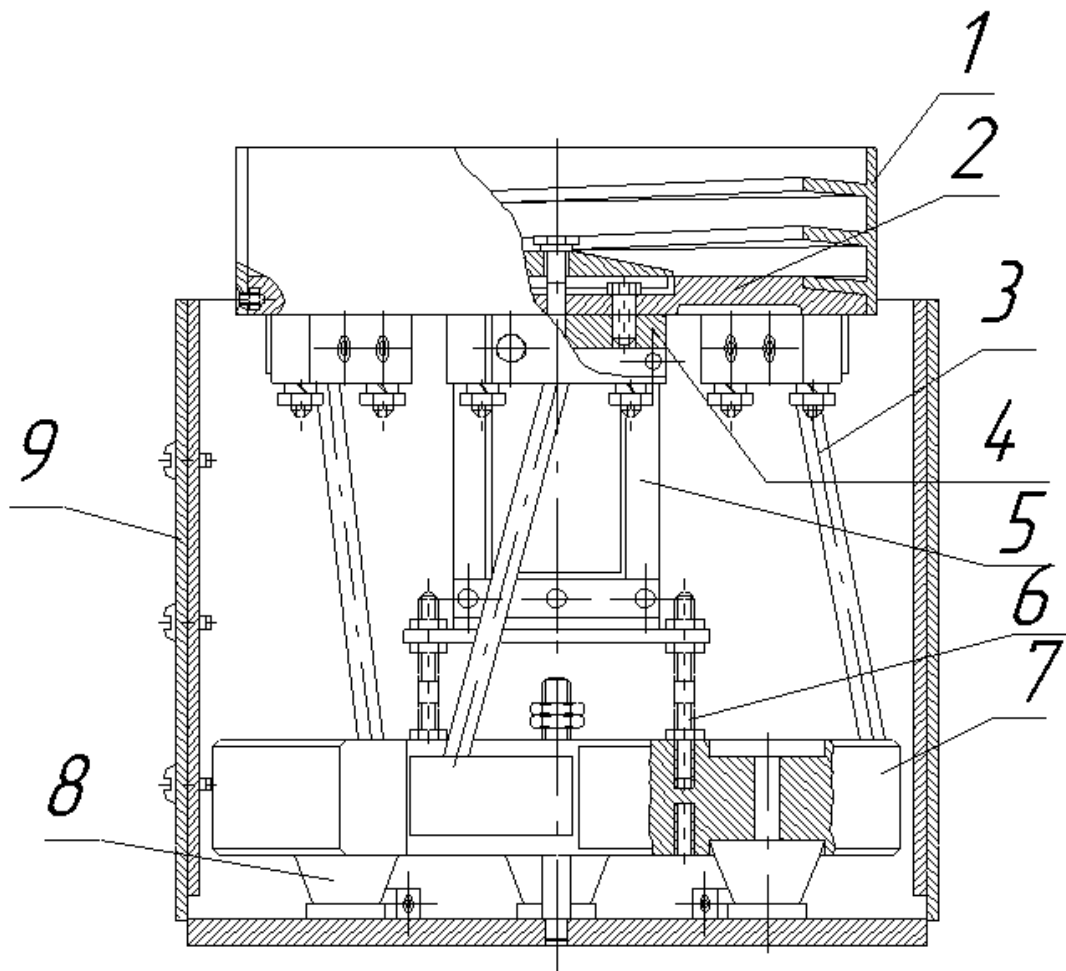


Рисунок 3.1 - Вібробункер з вертикальним електромагнітним вібратором.

Коливання від віброприводу до іншого технологічного обладнання передаватись не повинні. Амортизатори вібробункера забезпечують більш низьку частоту власних коливань у порівнянні з вимушеною частотою. В якості амортизаторів зазвичай використовують резинові ніжки 8 невеликої жорсткості або амортизатори, які складаються з декількох гвинтових пружин. Привід вібробункера закритий кожухом 9.

Швидкість переміщення заготовок, а значить, і продуктивність регулюється за допомогою автотрансформатора або реостата змінюючи величину зусилля, яке діє на рухомі частини вібробункера. У вібробункерах великого розміру використовують автотрансформатори, а у вібробункерів невеликого розміру швидкість переміщення регулюють тільки зміною зазору між якорем і електромагнітом. Частоту власних коливань при постійній силі регулюють зміною положення міць затиску стержня. Довжина стержня визначає резонансну настройку вібробункера.

Якщо чаша вібробункера закріплена на ресорах, то резонансну настройку можна регулювати змінюючи кількість пластин в ресорах.

В деяких конструкціях для ізоляції вібробункер встановлюють на трьох витих циліндричних пружинах порівняно невеликої жорсткості, а для усунення зайвої рухомості бункера на цих пружинах на основі встановлений направляючий стержень і резинова втулка, яка входить в отвір плити з невеликим зазором. Направляючий стержень і втулка залишають вібробункеру дві степені свободи (переміщення по вертикалі і обертання навколо вертикальної осі). Інколи у вібробункерах використовують ресори (багатошарові підвіски). Циліндричні пружинні стержні, які використовуються у вібробункерах для підвіски чаші, дозволяють просто здійснювати резонансну настройку і мають однакову жорсткість в радіальному напрямку.

Неоднакова жорсткість пластинчастих підвісок, на яких закріплена чаша вібробункера, порушує рух заготовок по спіральному лотку.

Для вібробункера з одним вертикальним електромагнітним приводом, оптимальним значенням необхідно вважати кут нахилу стержнів для підвіски чаші до вертикальної площини, при цьому швидкість руху заготовок може досягати 6-10 м/хв. Із зменшенням кута нахилу стержнів до підвіски чаші зменшується стійкість системи до бокових коливань, що порушує рівномірність швидкості руху заготовок по лотку.

3.3 Розрахунок бункерного вібраційного живильника.

Продуктивність бункера повинна становити $Q_{ст}=60$ шт/хв.

Для забезпечення безперебійної роботи верстата-автомата, вібраційний живильник, який подає заготовки на верстат, розраховуємо на роботу з “переповненням”, тобто розраховану продуктивність живильника

Q беремо дещо вищою продуктивності верстата $Q_{ст}$ [15]

$$Q = k_n Q_{ст} \quad (3.1),$$

де k_n – коефіцієнт переповнення, який враховує перевищення продуктивності живильника над продуктивністю верстата.

Величина коефіцієнта переповнення залежить від стабільності роботи живильника і кількості заготовок, які поміщаються в магазин. Для більшості вібраційних живильників можна приймати $k_n=1,1 \dots 1,3$ [15].

Необхідна продуктивність живильника при коефіцієнті переповнення $k=1,15$ буде рівна :

$$Q = 60 * 1,15 = 69 \text{шт} / \text{хв}.$$

Приймаємо $Q = 70 \text{шт} / \text{хв}$.

Заготовка вимагає однієї ступені орієнтації.

Коефіцієнт заповнення для способу скидання неправильно розміщених заготовок буде рівний 0,44. Для збільшення коефіцієнта заповнення в конструкціях з такою чашою до дна чаші, яка менша від діаметра заготовки, необхідно закріпити відкидач для відкидання заготовок, які рухаються по дну у вертикальному положенні. Це збільшить процент заготовок, які рухаються по лотку в правильному положенні, і тому можна прийняти що $k=0,54$.

Необхідна швидкість руху заготовок по лотку віброживильника визначається по формулі [15]

$$v_z = \frac{Q l_z}{60k},$$

де Q – продуктивність;

l_z – довжина заготовки;

k – коефіцієнт переповнення.

$$v_z = \frac{70 * 13}{60 * 0,54} = 76 \text{мм} / \text{сек}$$

При виборі частоти коливань, на якій буде працювати живильник,

будемо виходити із наступних міркувань. Найпростіше коливання чаші живильника здійснюється при використанні електромагнітного вібраційного приводу на частоті 50 або 100 Гц. Саме 100 Гц раціонально використовувати у вібраційних живильниках для малих заготовок з діаметром чаші до 200 мм.

У великих живильників при великих розмірах коливальних поверхонь і значних амплітудах коливання робота на високій частоті супроводжується неприємним шумом. Крім того, при меншій частоті коливань допустимі менш жорсткі і, відповідно, більш легкі коливальні маси живильника, що в свою чергу призводить до зменшення загальної ваги живильника і зменшенню габаритів і потужності вібратора. Тому у вібраційних живильників з діаметром чаші до 500мм раціонально використовувати частоту 50 Гц. Оскільки діаметр чаші менший 500мм (розрахунок наведений нижче), то приймаємо частоту коливань живильника рівною 50 Гц.

Щодо кута підйому, то із збільшенням кута підйому спіралі лотка зменшується величина коефіцієнта швидкості і збільшується чутливість режимів до зміни величини коефіцієнта тертя, тобто рух заготовки стає менш стійким. При певних граничних величина кутів $\alpha_{гран}$, які залежать від коефіцієнта тертя заготовки по лотку і режиму роботи живильника, рух вгору по лотку стає неможливим.

Тому величину кута підйому лотка α необхідно вибрати мінімально можливою, враховуючи величини граничних кутів для даних заготовок. Зазвичай кут підйому α для сталених заготовок, які рухаються по сталюму лотку в ефективних режимах $\xi = 1,6 \div 2$, приймаються в межах $\alpha = 1 \div 3^\circ$. Збільшення кута α можна допустити для заготовок з великим коефіцієнтом тертя по поверхні лотка [15].

Виходячи із вище наведеного, кут підйому спірального лотка приймаємо мінімальний: $\alpha = 1,5^\circ$. Матеріал чаші живильника – сталь.

Коефіцієнт тертя заготовки по лотку $f = 0,4$.

Гранична швидкість вдаряння для заготовок по сталюму лотку буде рівна $v_{\text{вдгр}} = 75 \text{ мм/сек}$. Для $v_{\text{вдгр}} = 75 \text{ мм/сек}$ і $\nu = 50$ Гц визначаємо параметр режиму $\xi = 1,6$ [15].

Коефіцієнт режиму Π з поправкою на вдаряння $k_{\text{вд}} = 1,2$ визначаємо по формулі [15]

$$\Pi = \frac{v_z 2\pi k_{\text{вд}}}{\xi g \cos \alpha f},$$

де v_z – швидкість руху заготовки;

ν – частота коливання живильника;

$k_{\text{вд}}$ – коефіцієнт вдаряння заготовок;

ξ – параметр режиму

f – коефіцієнт тертя заготовки по лотку.

$$\Pi = \frac{76 * 2 * 3,14 * 1,2}{1,6 * 9810 * 1 * 0,4} = 4,6.$$

Коефіцієнт кута підйому α буде знаходитись по формулі [15]

$$k_{\alpha} = \frac{\text{tg } \alpha}{f}.$$

$$k_{\alpha} = \frac{0,026}{0,4} = 0,065.$$

Для $\Pi = 4,6$ і $k_{\alpha} = 0,065$ значення $k_{\alpha f} = 8$ [15].

З формули :

$$\text{tg}(\beta - \alpha) = \frac{1}{k_{\beta f}} = \frac{1}{8 * 0,4} = 0,31,$$

де $\beta - \alpha = 17^\circ$, звідси $\beta = 17 + \alpha = 17 + 1,5 = 18,5^\circ$.

Визначаємо конструктивні параметри живильника. Приймаємо конструкцію живильника з центральним вібратором і підвіскою чаші на циліндричних стержнях.

Визначаємо розміри чаші. Крок спірального лотка чаші живильника при формі робочої канавки виконаної на внутрішній поверхні труби шляхом токарної обробки, конструктивно одержиться рівним $t = 20\text{мм}$. Ширину канавки лотка обчислюємо по формулі [15]

$$B = d + 1,$$

де d – діаметр заготовки.

$$B = 9 + 1 = 10\text{мм}.$$

По формулі $D = 12t + B$, виходячи із кута підйому $\alpha = 1.5^\circ$ визначаємо внутрішній діаметр чаші живильника:

$$D = 12 \cdot 20 + 10 = 250\text{мм}.$$

Чашу живильника зручно виготовляти із труби, тому приймемо розміри чаші наступними $D_z = 270\text{мм}$, а внутрішній діаметр $D = 250\text{мм}$.

Сумарна маса верхньої частини деталей чаші живильника буде рівна

$$m_g = 11,18\text{г} \cdot \text{сек}^2 / \text{см}.$$

Сумарний момент інерції буде рівний

$$j_g = 1074\text{г} \cdot \text{см} \cdot \text{сек}^2.$$

Сумарна маса нижньої частини деталей чаші живильника буде рівна

$$m_n = 27,1\text{г} \cdot \text{сек}^2 / \text{см}.$$

Сумарний момент інерції буде рівний

$$j_n = 2550\text{г} \cdot \text{см} \cdot \text{сек}^2.$$

Кут нахилу підвісок визначається по формулі [43]

$$\text{tg } \psi = \frac{1 + \frac{m_g}{m_n}}{1 + \frac{j_g}{j_n}} \cdot \frac{\text{tg } \beta R k_\psi}{r},$$

де m_g і m_n – маси верхньої і нижньої частин живильника відповідно;

$\text{tg } \beta$ – кут кидання;

k_ψ – коефіцієнт, який вказує на яку величину кінематичний кут

нахилу підвісок відрізняється від статичного.

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{1 + \frac{11.18}{27.1}}{1 + \frac{1074}{2550}} \cdot \frac{0.325 \cdot 128 \cdot 0.7}{90} = 0.324, \quad \psi = 18^\circ.$$

Кінематичний кут нахилу визначається по формулі [44]

$$\operatorname{tg} \psi_k = \frac{\operatorname{tg} \psi}{k_\psi}.$$

$$\operatorname{tg} \psi_k = \frac{0.324}{0.7}, \quad \psi_k = 25^\circ.$$

Визначаємо приведену масу M_{np} живильника.

Приведені маси верхньої і нижньої частин живильника визначаємо по формулі [45]

$$m_{np} = m \cdot \sin^2 \psi_k + \frac{j}{r^2} \cdot \cos^2 \psi_k,$$

де m – маса підвішеної на підвісках частини живильника;

j – момент інерції маси верхньої (нижньої) частини живильника;

r – відстань від центра чаші до точок кріплення підвісок;

ψ_k – кінематичний кут нахилу підвісок до вертикалі.

$$m_{np1} = 11,18 \cdot \sin^2 25^\circ + \frac{1074}{9^2} \cos^2 25^\circ = 12,90 \text{ г} \cdot \text{сек}^2 / \text{см}.$$

$$m_{np2} = 27,1 \cdot \sin^2 25^\circ + \frac{2550}{10^2} \cos^2 25^\circ = 25,7 \text{ г} \cdot \text{сек}^2 / \text{см}.$$

Приведена маса системи буде обчислюватись по формулі [30]

$$M_{np} = \frac{m_{np1}}{1 + \frac{m_{np1}}{m_{np2}}},$$

де m_{np1} і m_{np2} – верхня і нижня маси, приведені до точок кріплення підвісок.

$$M_{np} = \frac{12,9}{1 + \frac{12,9}{25,7}} = 8,6 \text{ г} \cdot \text{сек}^2 / \text{см}.$$

Визначаємо розміри пружних стержнів. Відносний розмах коливань буде визначатись по формулі

$$A_0 = \frac{\xi \cdot g}{2 \cdot \pi^2 \cdot \nu^2 \cdot \sin \psi} \cdot \left(1 + \frac{m_{np2}}{m_{np1}}\right),$$

де ξ – параметр режиму;

m_{np1} і m_{np2} – верхня і нижня маси, приведені до точок кріплення підвісок;

ν – частота роботи живильника.

$$A_0 = \frac{1.6 \cdot 9810}{2 \cdot \pi^2 \cdot 50^2 \cdot \sin 25^\circ} \cdot \left(1 + \frac{12.9}{25.7}\right) \approx 1.2 \text{ мм}.$$

Прогинання пружного стержня y з врахуванням статичного відхилення від початкового положення можна обчислити за формулою [29, 30]

$$y = 0.8 \cdot A_0,$$

де A_0 – відносний розмір коливань приведеної маси.

$$y = 0.8 \cdot 1.2 = 0.96 \text{ мм}.$$

Мінімальну довжину пружного стержня $l_{\min}$ для частоти 50 Гц визначимо за формулою

$$l_{\min} = 250 \sqrt[5]{M_{np} \cdot y^4},$$

де M_{np} – приведена маса системи;

$$l_{\min} = 250 \sqrt[5]{8.6 \cdot 10^{-3} \cdot 0.01^4} = 15 \text{ см}.$$

Враховуючи габарити вібратора приймемо $l = 15 \text{ см}$.

Діаметр пружних стержнів визначаємо за формулою

$$d = 2 \sqrt[4]{\frac{4 \cdot \pi \cdot \nu_0^2 \cdot l^3 \cdot M_{np}}{9 \cdot E}},$$

де $\nu_0 = (1.05 \div 1.1) \cdot \nu$;

ν – частота вібратора;

l – довжина пружного стержня.

E – модуль пружності матеріалу підвіски.

$$d = 2\sqrt[4]{\frac{4 \cdot 3.14 \cdot 53^2 \cdot 15^3 \cdot 8.6 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 2 \cdot 10^6}} = 1 \text{ см}.$$

Визначаємо розмір амортизаційних пружин. Задавшись максимальним вертикальним зміщенням живильника $\delta = 2 \text{ мм}$ при повному завантаженні чаші ($G_3 = 12 \text{ кг}$) визначимо жорсткість амортизаторів, яка

задовольняє умові $c \geq \frac{G_3}{\delta}$.

$$c \geq \frac{12}{0,2} = 60 \text{ кг/см}^2.$$

Жорсткість, яка задовольняє умові

$$c \leq \frac{4}{25} \cdot \pi^2 \cdot \nu^2 \cdot m_{on},$$

де ν – частота коливань вібратора;

m_{on} – маса опорної плити із закріпленими на ній деталями живильника.

$$c \leq \frac{4}{25} \cdot 3.14^2 \cdot 50^2 \cdot 27 \cdot 10^{-3} = 105 \text{ кг/см}^2.$$

По умові $\frac{G_3}{\delta} \leq c \leq 0,16\pi^2 \cdot \nu^2 \cdot m_{on}$ приймаємо жорсткість $c = 90 \text{ кг/см}^2$.

Прийнявши середній діаметр пружин $D = 20 \text{ мм}$ і діаметр проводу пружин $d = 3 \text{ мм}$, тоді число витків пружин визначається по формулі [28]

$$i = \frac{d^4 \cdot G \cdot n}{8 \cdot D^3 \cdot c},$$

де d – діаметр проводу пружини;

D – середній діаметр пружини;

G – модуль зсуву;

n – число пружин в амортизаційній системі;

c – жорсткість пружин.

$$i = \frac{0.3^4 * 8 * 10^5 * 3}{8 * 2^3 * 90} = 3.4$$

Крок витків визначається за формулою

$$t = \frac{G_n + G_z}{c} + 2d,$$

де G_n – загальна вага живильника на амортизаторах.

$$t = \frac{40 + 12}{90} + 2 * 3 = 6.57 \text{ мм} \quad (\text{приймаємо } t = 8 \text{ мм}).$$

Розрахунок електромагнітного вібратора.

Вібратор розраховуємо на роботу від мережі змінного струму з напругою 230В. Можливі коливання в мережі становлять $\pm 10\%$, тобто напруга може змінюватись в межах від $U_{\min} = 198\text{В}$ до $U_{\max} = 242\text{В}$.

Визначаємо максимальне зусилля вібратора по формулі

$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot A_0 \cdot M_{np} \cdot n \cdot 10^{-4}}{\sin \varepsilon},$$

де A_0 – відносний розмах коливань приведеної маси;

M_{np} – приведена маса живильника;

ν – частота коливань вібратора;

n – коефіцієнт затухання;

ε – кут зсуву фаз між переміщенням і силою.

Прийнявши для $\frac{m_z}{m} = 1$ і $\frac{\omega}{\omega_0} = 0.95$, значення $\frac{n}{\omega_0} = 0.07$ і $\varepsilon = 53^\circ$.

Коефіцієнт затухання рівний:

$$n = 0.07 \cdot \omega_0; \quad n = \frac{0.07 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50}{0.95} = 23.$$

$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1.2 \cdot 8.6 \cdot 23 \cdot 10^{-4}}{0.8} = 8.8 \text{ кГ}.$$

Зусилля вібратора в напрямку руху якоря визначається по формулі

$$F_{\epsilon} = \frac{F}{\sin \psi},$$

де ψ – кут нахилу пружних стержнів.

$$F_{\epsilon} = \frac{8.8}{\sin 18^{\circ}} = 29.4 \text{ кГ}$$

Розрахункове зусилля вібратора буде знаходитись наступним чином:

$$F_{\epsilon} = \frac{29.4}{2} = 14.7 \text{ кГ}$$

Необхідну потужність вібратора знаходимо за формулою:

$$N = 9.8 \cdot A_0^2 \cdot \pi^2 \cdot \nu^2 \cdot M_{np} \cdot n \cdot 10^{-7},$$

де A_0 – відносний розмах коливань приведеної маси;

M_{np} – приведена маса живильника;

ν – частота коливань вібратора;

n – коефіцієнт затухання.

$$N = 9.8 \cdot 1.2^2 \cdot \pi^2 \cdot 25 \cdot 10^2 \cdot 8.6 \cdot 23 \cdot 10^{-7} = 7 \text{ Вт}$$

Площу перерізу заліза знаходимо за формулою

$$Q_z = \frac{F_{\epsilon} \cdot 5000^2}{1.1 \cdot B^2},$$

де B – індукція в зазорі ($B = 6000 \div 10000$).

$$Q_z = \frac{14.7 \cdot 5000^2}{1.1 \cdot 7000^2} = 6.8 \text{ см}^2$$

Хід якоря вібратора визначаємо по формулі

$$s = A_0 \cdot \sin \psi_k; \quad s = 1.2 \cdot \sin 25^{\circ} = 1.2 \cdot 0.42 = 0.5 \text{ мм}$$

Середня величина повітряного зазору буде знаходитись за формулою

$$\delta_0 = 0.8 \cdot s; \quad \delta_0 = 0.8 \cdot 0.5 = 0.4 \text{ мм}$$

Розрахунковий зазор вібратора визначаємо за формулою

$$\delta'_0 = \delta_0 \sqrt{(\gamma \cdot \sin \varepsilon)^2 + (1 - \gamma \cdot \cos \varepsilon)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2},$$

де γ – глибина магнітного опору (приймаємо $\gamma = 0.36$);

$$\gamma = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}},$$

де L – індуктивність вібратора (включаючи індуктивність розсіювання).

$$\delta'_0 = 0.4 \sqrt{(0.36 \cdot 0.8)^2 + (1 - 0.36 \cdot 0.6)^2 + \left(\frac{0.36}{2}\right)^2} = 0.34 \text{ мм} = 0,034 \text{ см}.$$

Амплітудне значення магніторушійної сили в ампер-витках визначаємо із рівності $(AW)_0 = 1.6 \cdot B \cdot \delta'_0$:

$$AW_0 = 1.6 \cdot 7000 \cdot 0.034 = 380 \text{ ампер-витків}.$$

Ефективне значення магніторушійної сили визначаємо по формулі

$$(AW)_e = \frac{(AW)_0}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3[(\gamma \cdot \sin \varepsilon)^2 + (1 - \gamma \cdot \cos \varepsilon)^2] + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2};$$

$$(AW)_e = \frac{380}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3[(0.36 \cdot 0.8)^2 + (1 - 0.36 \cdot 0.6)^2] + \left(\frac{0.36}{2}\right)^2} = 390 \text{ ампе-витків}.$$

Мінімальний розмір вікна сердечника Q_0 визначаємо по формулі

$$Q_0 = \frac{(AW)_e}{\Delta l k_s},$$

де Δl – допустиме значення сили струму на 1 мм² перерізу проводу (прийmemo $\Delta l = 2$)

k_s – коефіцієнт заповнення вікна сердечника, який залежить від товщини ізоляції, режимів каркаса і способу намотування (приймаємо $k_s = 0,3$).

$$Q_0 = \frac{390}{2 \cdot 0.3} = 650 \text{ мм}^2 = 6,5 \text{ см}^2.$$

По площі перерізу заліза Q_s з врахуванням Q_0 визначаємо тип пластин Ш-подібного сердечника і розміри пластин:

$$a = 0.7\sqrt{Q_3} = 0.7 \cdot \sqrt{6.8} = 1.83 \text{ см}.$$

Знаходимо пластини з найближчим більшим розміром – 1.9 (тип Ш-19).

$$\text{Товщина набору пластин } c = 2a = 2 \cdot 1.9 = 3.8 \text{ см}.$$

По перерізу вікна Q_0 підбираємо пластини типу Ш-19 з найближчим більшим розміром вікна $Q_0 = 7.82 \text{ см}^2$ і розмірами $b = 1.7 \text{ см}$ і $h = 4.6 \text{ см}$.

Величини, які необхідні для підрахунку числа витків котушки вібратора обчислюється по наступних формулах

$$Q_{30} = ac,$$

де a і c – розміри сердечника, набраного із пластин.

$$Q_{30} = 1.9 \cdot 3.8 = 7.2 \text{ см}^2.$$

$$B_0 = 5000 \cdot \sqrt{\frac{F}{1.1 \cdot Q_{30}}},$$

де B_0 – дійсна магнітна індукція в зазорі.

$$B_0 = 5000 \cdot \sqrt{\frac{14.7}{1.1 \cdot 7.2}} = 6800 \text{ Гс}.$$

$$l_{жс} = 2(a + b + h),$$

де a , c і h – розміри сердечника, набраного із пластин.

$l_{жс}$ – довжина середнього магнітного шляху залізного сердечника.

$$l_{жс} = 2(1.9 + 1.7 + 4.6) = 16.4 \text{ см}.$$

μ – магнітна проникність заліза сердечника (для вібраторів, сердечники яких набрані з пластин електротехнічної сталі, $\mu = 2500 \div 3500$. Прийmemo $\mu = 3000$).

Число витків котушки визначаються по формулі, у відповідність граничним значенням напруги в мережі

$$\omega = 2.16 \cdot 10^5 \cdot \frac{U}{Q_{30} \cdot B_0} \cdot \left(\frac{l_{жс}}{\mu \delta_0} + 2 \right),$$

де U – ефективне значення напруги на зажимах котушки вібратора.

$$\omega_{\max} = 2.16 \cdot 10^5 \cdot \frac{242}{7.2 \cdot 6800} \cdot \left(\frac{16.4}{3000 \cdot 0.034} + 2 \right) = 2300 \text{ витків}$$

$$\omega_{\min} = \omega_{\max} \cdot \frac{U_{\min}}{U_{\max}}; \quad \omega_{\min} = 2300 \cdot \frac{198}{242} = 1880 \text{ витків}$$

Регулювання величини сили в прийнятому діапазоні будемо здійснювати за допомогою п'ятиступінчатого перемикача ($n=5$).

Число витків, які припадають на одну ступінь регулювання, буде дорівнювати

$$\Delta\omega = \frac{2300 - 1880}{5} = 84$$

Ефективне значення струму, який використовується вібратором із мережі, визначається по формулі

$$I_e = \frac{(AW)_e \cdot B_d}{\omega \cdot B} \cdot a,$$

де B – магнітна індукція в зазорі, яка прийнята при розрахунку $(AW)_0$.

$$I_e = \frac{390}{1880} \cdot \frac{6800}{7000} = 0.2a$$

Діаметр проводу обмотки визначається по формулі

$$d = 0.8 \sqrt{0.2} = 0.36 \text{ мм}$$

3.4 Розроблення конструкції вібраційного лотка.

Після того, як у вібробункері здійсниться орієнтація заготовок, орієнтовані заготовки подаються на операцію нанесення клею. Для транспортування використовують вібролотки.

Є різні види вібролотків :

- Одномасові вібраційні лотки на резонансній направленій підвісці;

- Амортизовані вібраційні лотки з динамічними гасниками коливань;
- Двохмасові вібраційні лотки на зарезонансній підвісці;
- Двохмасові лотки з використанням коливань обох мас.

При невеликій довжині і значній жорсткості лотка, коли його можна прикріпити до масивної основи верстата або пресу і передача вібрації верстату не являється шкідливою, тоді дуже зручно використати просту конструкцію одномасового резонансного лотка.

Жорстке кріплення одномасового резонансного лотка до основи верстата викликає досить суттєве коливання останнього, що значно обмежує область його використання. Амортизація таких лотків за допомогою підвіски основи на витих пружинах порівняно невеликої жорсткості, яка дає ефект у бункерних віброживильниках, призводить до порушення процесу руху заготовок по лотку. Якщо лоток закріпити на масивному фундаменті, то всі його точки будуть мати одну і ту ж складову вертикальної амплітуди і будуть здійснюватись рухи під одним і тим самим кутом. Швидкість деталі буде постійною по всій довжині лотка.

При резонансній підвісці, в місцях кріплення підвісок на лоток будуть діяти значні згинаючі моменти. Тому лотки з резонансною підвіскою повинні мати значну жорсткість, а значить – мати невелику довжину. Для зменшення необхідної жорсткості лотка його встановлюють на зарезонансній (м'якій) підвісці. Крім того встановлення лотка на м'якій підвісці значно зменшує динамічні зусилля, які передаються на нерухому основу. Лотки цього типу виконуються по двохмасовій схемі з направленою і вільною підвісками. Одною масою таких лотків служить жолоб, а другий – вібратор, який з'єднаний з жолобом за допомогою резонансних пружин.

Значного зменшення ваги на одиницю довжини вібраційного лотка на зарезонансній підвісці, можна досягти, використавши для корисної

роботи коливання двох мас.

Отже, для транспортування заготовок використаємо двохмасовий лоток з використанням коливань обох мас.

Конструкція вібраційного лотка показана на рис. 3.2.

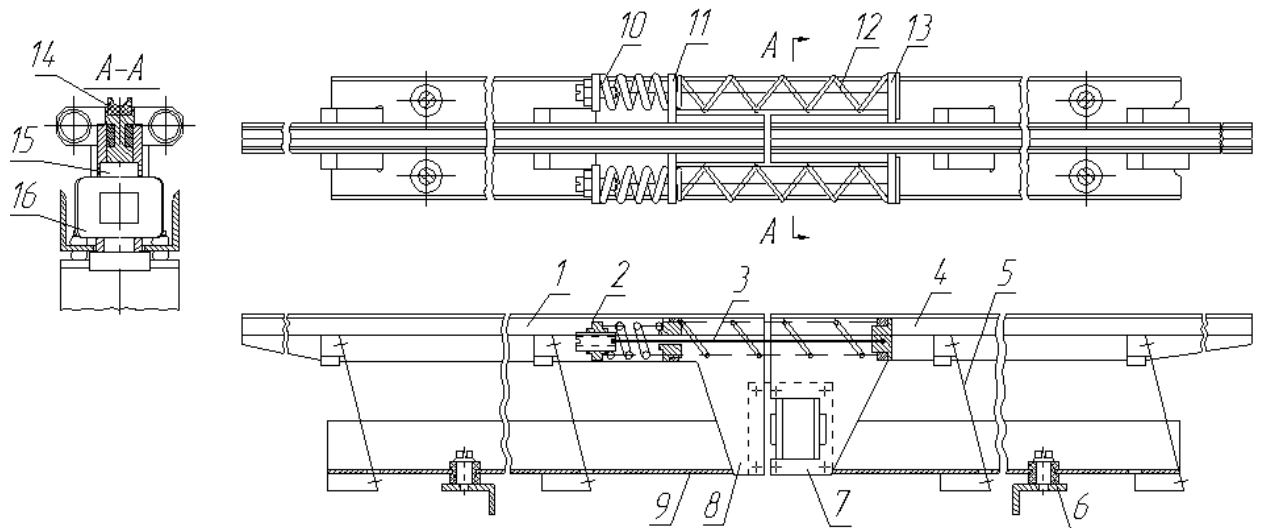


Рисунок 3.2 - Двохмасовий лоток з використанням коливань обох мас.

Лоток складається з двох однакових жолобів 1 і 4, які являються продовженням один другого. Жолоба підвішені на нахилених плоских пружинах 5, які мають невелику жорсткість, що знижує до мінімуму динамічні навантаження на основу 9 і згинаючі моменти, які діють на жолоб.

Якір 8 вібратора жорстко кріпиться до одного жолоба, а електромагніт 7 – до іншого.

Жолоба 1 і 4 зв'язані резонансною пружинною системою, яка складається із спіральних пружин 10 і 12, працюючих на стискання, які стягуються стальним проводом 3 і опорів 11 і 13.

Колівальні рухи жолобів повинно здійснюватись під певним кутом кидання, що забезпечується певним нахилом підвісок 5. Так як жолоба коливаються в протифазі, то, поміж поздовжніх коливань, вони мають можливість відносного поперечного переміщення. Для цього пружинна система, яка зв'язує жолоби, маючи значну (резонансну) жорсткість в

поздовжньому напрямку, повинна мати достатньо малу жорсткість в поперечному напрямку.

Така характеристика пружинної системи досягається відповідним підбором параметрів спіральних пружин 10 і 12.

Поперечна жорсткість спіральних пружин значно менша поздовжньої. Крім того, при стягуванні пружин 10 і 12 проводом 3, жорсткість якого значно менша, відчувати навантаження в поперечному напрямку будуть тільки пружини 12.

Поздовжня жорсткість пружинної системи рівна сумі жорсткостей пружин 10 і 12. Залишаючи сумарну поздовжню жорсткість системи постійною, можна розподілити жорсткості пружин 10 і 12 так, що поздовжня, а значить, і пропорційна їй поперечна жорсткість пружин 12 будуть в 3-4 рази менша жорсткості пружин 10. При цьому відповідно зменшиться поперечна жорсткість всієї пружинної системи, так як вона визначається жорсткістю пружин 12.

Електромагніт 7 вібратора складається із сердечника 15, набраного із Ш-подібних пластин електротехнічної сталі, на який надіта котушка 16 з обмоткою. Зазор між якорем і електромагнітом регулюється стисненням пружинної системи за допомогою гвинтів.

Для підвищення коефіцієнта тертя робочу поверхню жолобів покривають профільною резиною 14, що дає можливість транспортувати заготовки вверх під більшим кутом.

Основою лотка виступає швелер 9, який кріпиться до опорних конструкцій за допомогою резинових амортизаторів 6.

3.5 Розрахунок коливальної системи вібралотка.

Геометричні та інші параметри лотка наступні: довжина лотка

1500мм; вага жолоба з електромагнітом 1,5 кг; площа поперечного перерізу $F=1.2 \text{ см}^2$; момент інерції перерізу $j=0,4 \text{ см}^4$; матеріал жолоба – сталь; довжина жолоба $l=750\text{мм}$. Частота коливань жолоба $\nu = 50\text{Гц}$.

Необхідно перевірити жорсткість жолобів. Розрахункова частота коливаної системи жолоба лотка визначаємо за формулою [15]

$$\nu_{ож} = 22,4 \cdot \frac{\sqrt{\frac{EJg}{F\gamma}}}{2 \cdot \pi \cdot l^2},$$

де J – момент інерції поперечного розрізу жолоба лотка;

E – модуль пружності;

F – площа поперечного розрізу жолоба лотка;

γ – питома вага;

l – довжина жолоба;

g – прискорення вільного падіння.

$$\nu_{ож} = 22,4 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 981 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 7,8}}}{2 \cdot \pi \cdot 75^2} = 185\text{Гц}.$$

Розрахункова частота коливаної системи жолоба лотка повинна

задовольняти умові $\frac{\nu_{ож}}{\nu} \geq 3 \div 4$; $\frac{185}{50} = 3,7$. Умова виконується.

Визначаємо розмір зарезонансних підвісок. Приймаємо ширину і довжину підвіски лотка $b=10\text{мм}$, $l_n=90\text{мм}$.

Прийнявши, що $\nu_{он}=0,2$, а $\nu_0=10\text{Гц}$, тоді товщину підвіски визначаємо по формулі

$$a = l^3 \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot \nu_0^2 \cdot m}{b \cdot Ei}};$$

де l_n – довжина підвіски;

$\pi = 3.14$;

ν_0 – частота роботи підвіски;

$$\nu_0 = 10 \text{Гц};$$

m – вага жолоба;

b – ширина підвіски

$$a = 9^3 \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 10^2 \cdot 1.5}{2 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 981}} = 0,8 \text{мм}.$$

Необхідну жорсткість коливної системи, при $\nu_0 = 53 \text{Гц}$, визначимо за формулою

$$c = 4 \cdot \pi^2 \cdot \nu_0^2 \cdot M_{np},$$

де M_{np} – приведена маса коливної системи.

$$c = 4 \cdot \pi^2 \cdot 53^2 \cdot \frac{1,5}{2 \cdot 981} = 84,5 \text{кг/см}^2.$$

Жорсткість з'єднуючих і стягуючих пружин доцільно розділити наступним чином:

$$c_1 = \frac{1}{4} \cdot c; \quad c_1 = \frac{84,5}{4} = 21,1 \text{кг/см};$$

$$c_2 = \frac{3}{4} \cdot c; \quad c_1 = \frac{3 \cdot 84,5}{4} = 63,4 \text{кг/см}.$$

Визначаємо число витків і крок з'єднуючої пружини, прийнявши $d = 3 \text{мм}$, $G = 8 \cdot 10^5 \text{кг/см}^2$. Відстань між опорами $l_o = 90 \text{мм}$ зазор в електромагніті $\delta = 3 \text{мм}$

$$i = 2 \cdot \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot c},$$

де d – діаметр проводу пружини;

D – середній діаметр пружини;

G – модуль зсуву;

c – жорсткість пружин.

$$i_1 = 2 \cdot \frac{0,3^4 \cdot 8 \cdot 10^5}{8 \cdot 2^3 \cdot 21,1} = 9,8;$$

Мінімальний крок витків з'єднуючої пружини визначається по

формулі

$$t = \frac{l_0 + 3\delta}{i},$$

де l_0 – відстань між опорами;

δ – зазор між якорем і електромагнітом вібратора.

$$t_2 = \frac{90 + 9}{9.8} = 10. \text{мм}$$

Визначаємо число витків і крок стискаючої пружини

$$t_2 = 2 * \frac{0.3^4 * 8 * 10^5}{8 * 2^3 * 63.4} = 3.3;$$

Мінімальний крок витків стягуючої пружини визначається по формулі

$$t = d + \frac{2\delta}{i},$$

де d – діаметр проводу пружини.

$$t_2 = 3 + \frac{2 * 3}{3.3} = 4.8 \approx 5. \text{мм}$$

3.6 Розроблення системи автоматизованого управління лінією виготовлення катушок.

Всі сучасні системи керування побудовані по ієрархічному принципу і складаються з кількох рівнів. Як правило, на практиці в системах керування, які застосовується в подібних автоматичних лініях пристрої автоматики є малоефективні і допускають велику похибку при регулюванні.

Тому необхідно розробити систему автоматичного керування і контролю для управління лінією виготовлення катушок, причому вона повинна забезпечити параметри продуктивності і економічності не нижчі,

ніж в базовій моделі, при цьому відповідати всім сучасним вимогам до систем керування технологічним обладнанням.

Система керування повинна забезпечувати відповідне регулювання технологічним процесом за рахунок керування обладнанням з відповідними модернізаціями автоматизованої лінії, тобто керування вібраційним живильником та вібраційним лотком-транспортером.

Для побудови систем керування при автоматизації технологічних процесів і наукових досліджень у різноманітних галузях народного господарства, у тому числі і в промисловості використовуються різні види мікропроцесорних систем.

В якості системи керування технологічними процесами виготовлення котушок використано мікропроцесорний комплект однокристальної мікро-ЕОМ (ОМЕОМ) КР1816ВЕ51 сімейства МК51. Структурна організація ОМЕОМ 80С51, як це видно з рис. 3.3, складається з:

- центрального процесорного пристрою (CPU - Central Processor Unit);
- постійного запам'ятовуючого пристрою для програм (ROM - Read Only Memory);
- оперативного запам'ятовуючого пристрою для даних (RAM - Random Access Memory);
- генератора, (OSCillator);
- програмованих паралельних портів (PROGR.I/O - PROGRammable Input/Output ports);
- послідовного порта (SPORT - Serial PORT);
- таймера/лічильника (Timers/Counters);
- розширника шини, що працює із зовнішнім запам'ятовуючим пристроєм обсягом до 64 Кбайт.

Усі вузли зв'язані загальною 8-ми розрядною шиною, по якій

здійснюється обмін інформацією між центральним процесорним пристроєм й іншими пристроями.

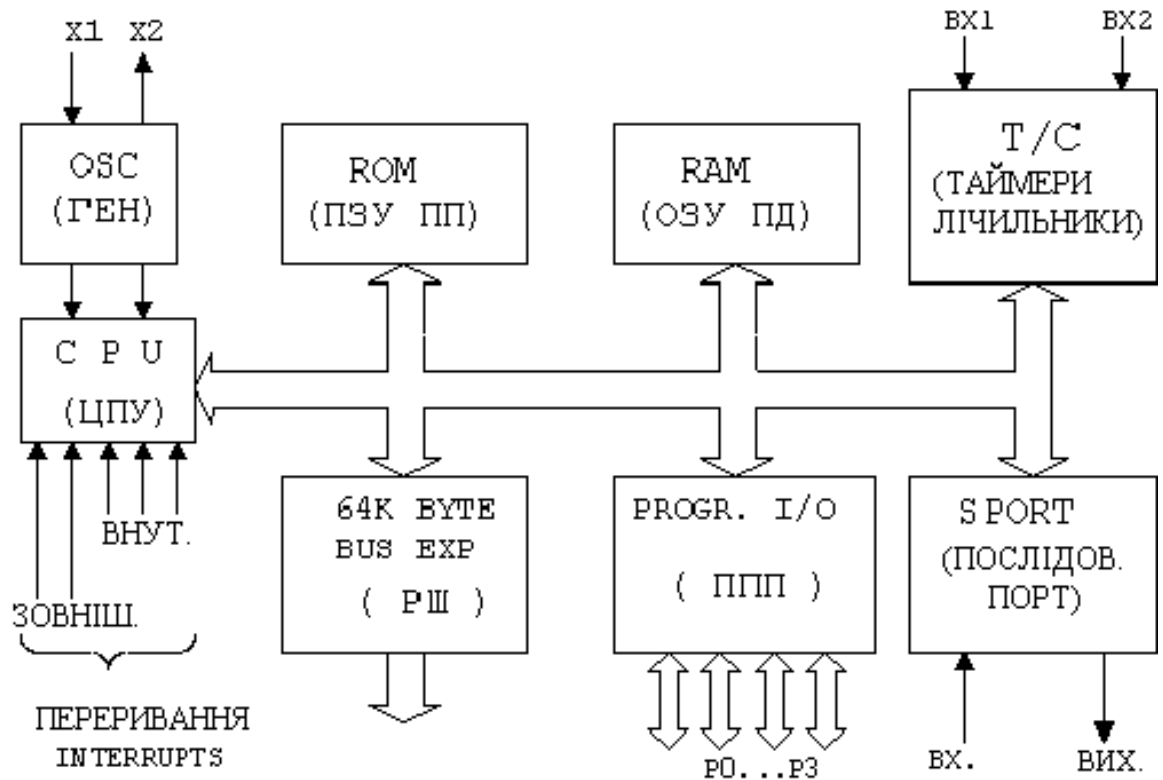


Рисунок 3.3 – Структурна організація OMEOM 80C51

Центральний процесорний пристрій поєднує функції як операційного так і керуючого, які відпрацьовують програму, що записана в ПЗП ПП об'ємом 4Кбайт. Центральний процесорний пристрій забезпечує виконання наступних груп операцій:

- арифметичні операції (додавання, додавання з врахуванням перенесення, віднімання з врахуванням позичання, беззнакове множення і ділення, інкремент і декремент, десяткова корекція).
- логічні операції (І, АБО, виключне АБО, інверсія);
- операції зсуву;
- операції пересилання;
- бітові операції;
- операції передачі керування.

Проміжні дані арифметичних операцій записуються в ОЗП ПП з об'ємом 128 байт.

Швидкодія центрального процесора задається тактовим генератором, що генерує потрібні в даний момент часові послідовні імпульси. Частота тактового генератора задається або кварцевим резонатором, що включається між виводами X1 і X2, або за рахунок зовнішнього генератора, підключеного до входу X1.

З метою забезпечення послідовного доступу до ресурсів процесора при використанні однієї шини генератор формує машинний цикл процесора з дванадцяти тактів резонатора (задаючого генератора), як показано на рис. 3.4.

Машинний цикл містить 6 станів керуючого автомата S1...S6, кожен стан розбитий на дві фази P1, P2, що відповідає різним діям процесора.

Ввід даних в процесорний пристрій здійснюється або паралельно побайтово (одразу вісім розрядів одною командою) або послідовно (побітний ввід). Таксамо здійснюється вивід результатів функціонування процесора.



Рисунок 3.4 - Такти генератора.

Послідовний обмін інформацією може бути організований через будь-який з розрядів програмованого паралельного порта, однак для полегшення процесу послідовного обміну і економії обчислювальних ресурсів, необхідних для його реалізації, ОМЕОМ містить вбудований програмований послідовний порт, що дозволяє практично без витрат обчислювальних ресурсів організувати послідовний обмін по декількох видах протоколів.

У складі ОМЕОМ, окрім розглянутих вузлів, передбачено два шістнадцятирозрядні таймери/лічильники, які можуть працювати в режимі таймера або лічильника зовнішніх подій.

Режим таймера застосовується для організації циклічних процесів із фіксованим періодом, незалежним від тривалості виконання програми, наприклад, при обробці умовних сигналів, коли потрібне дотримання заданого інтервалу дискретизації.

Режим лічильника зовнішніх подій використовується для підрахунку імпульсів, вимірювання частоти тощо.

Розширник шини забезпечує роботу з зовнішніми запам'ятовуючими пристроями, такими як пам'ять програм або пам'ять даних. Використання зовнішніх пристроїв актуальне, коли внутрішніх ресурсів ОМЕОМ недостатньо для вирішення конкретних задач. Проте робота з зовнішньою пам'яттю не є типовою для ОМЕОМ.

Детальнішу структуру ОМЕОМ 80C51 представлено на рисунку 3.5. На відміну від схеми на рисунку 3.3, тут вузол центрального процесорного пристрою розділений на керуючий пристрій (CU — Control Unit) та чотири блоки операційного пристрою: арифметико-логічний пристрій (ALU), регістри тимчасового збереження операндів TR1 і TR2, а також регістр ознак PSW (Program Status Word).

З RAM виділено три регістри спеціальних функцій: акумулятор (A), регістр B і регістр покажчика стеку (SP). Блок розширника шини включає покажчик даних DPTR (Data Pointer) з асоційованими шинами обміну, а також лічильник команд PC (Program Counter), призначений для формування адреси команди.

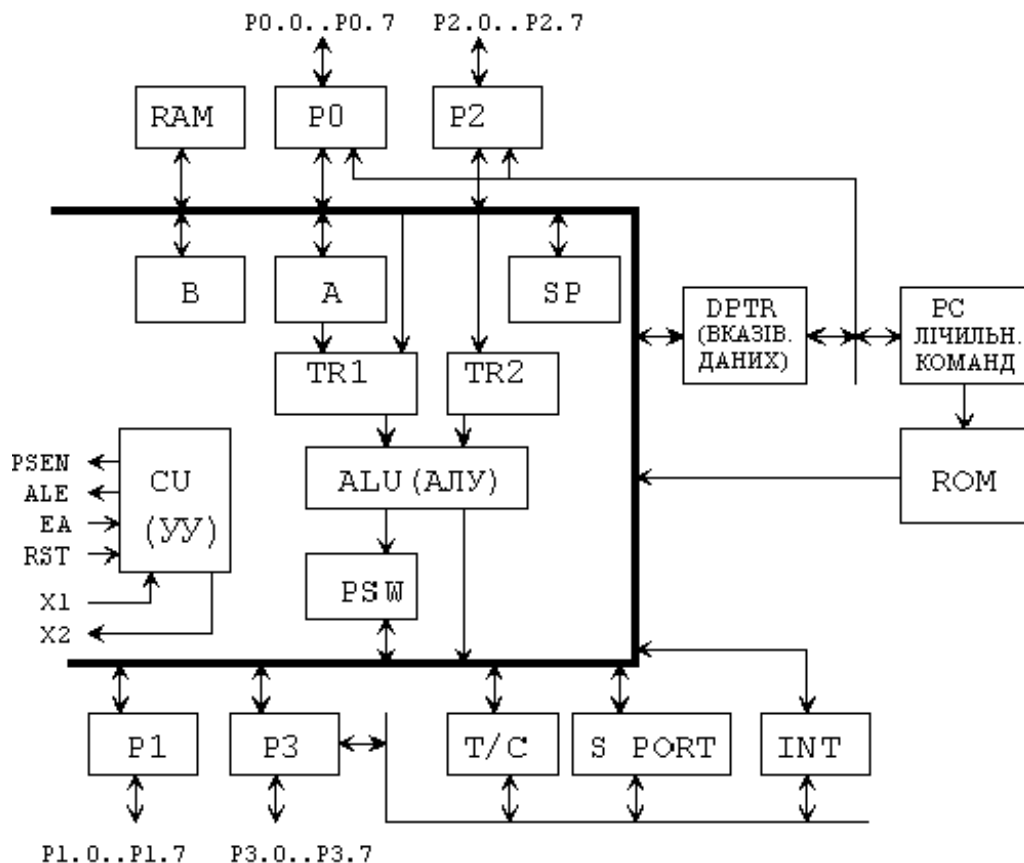


Рисунок 3.5 - Детальна структурна організація OMEOM 80C51

Структура, представлена на рисунку 3.5, акцентує увагу на двох ключових аспектах використання OMEOM 80C51:

- **Адресація зовнішнього запам'ятовуючого пристрою** здійснюється через виводи портів P0 (молодший байт адреси) і P2 (старший байт адреси). Обмін інформацією, зокрема введення кодів команд або даних, також відбувається через виводи порту P0. У разі відсутності додаткових апаратних засобів це призводить до втрати можливості використання портів P0 і P2 для інших цілей.
- **Робота таймерів/лічильників, послідовного порту та системи переривань** передбачає використання виводів порту P3, що має назву альтернативних функцій. Задіяність таймерів/лічильників у режимі лічильників зовнішніх подій, ліній послідовного порту або зовнішніх переривань зменшує кількість доступних розрядів порту

РЗ.

3.7 Розроблення принципової електричної схеми системи управління.

Головним елементом електричної схеми системи керування є ОМЕОМ КР1816ВЕ51. Її технічні характеристики приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики КР1816ВЕ51

Назва параметру	Значення
обсяг резидентної пам'яті програм, Кбайт	4
тип резидентної пам'яті програм	РПЗУ
обсяг резидентної пам'яті даних, байт	128
мінімальна частота проходження тактових сигналів, МГц	1,2
максимальна частота проходження тактових сигналів, МГц	12
напруга живлення, В	+5+10%
струм споживання, мА	8
обсяг зовнішньої адресованої пам'яті програм, Кбайт	64
обсяг зовнішньої адресованої пам'яті даних, Кбайт	64

ОМЕОМ містить також наступні додаткові елементи:

- чотири восьмирозрядні паралельні порти вводу\виводу;
- два 16-ти розрядні таймери - лічильники;
- послідовний порт;
- тактовий генератор;
- блок регістрів спеціальних функцій;
- ЗУ криптограм;
- система захисту ЗУПП від несанкціонованого доступу.

Призначення ніжок ОМЕОМ 80С51 зображено на рис. 3.6.

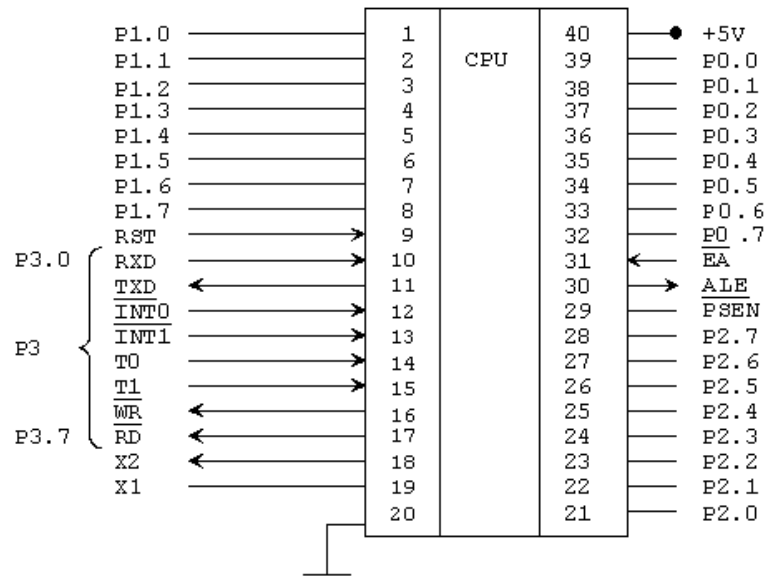


Рисунок 3.6 - Корпус ОМЕОМ 80С51

Призначення ніжок мікросхеми КР1816ВЕ51 поданов таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Призначення ніжок мікросхеми КР1816ВЕ51

№ виводу	Символ	Тип : О – вихід; І – вхід	Опис
1.	P1.0	I/O	Виводи паралельного порта P1
2.	P1.1	I/O	
3.	P1.2	I/O	
4.	P1.3	I/O	
5.	P1.4	I/O	
6.	P1.5	I/O	
7.	P1.6	I/O	
8.	P1.7	I/O	

Продовження таблиці 3.2

9.	RST	I	Вхід рестарту OMEOM
10.	P3.0/RXD	I/O	Розряд 0 порта P3 або вхід прийому SPORT
11.	P3.1/TXD	I/O	Розряд 1 порта P3 або вихід передачі SPORT
12.	P3.2/INT0	I/O	Розряд 2 порта P3 або вхід зовнішнього переривання INT0
13.	P3.3/INT1	I/O	Розряд 3 порта P3 або вхід зовнішнього переривання INT1
14.	P3.4/T0	I/O	Розряд 4 порта P3 або вхід лічильника T0
15.	P3.5/T1	I/O	Розряд 5 порта P3 або вхід лічильника T1
16.	P3.6/WR	I/O	Розряд 6 порта P3 або вихід WR запису у зовнішній ЗП
17.	P3.7/RD	I/O	Розряд 7 порта P3 або вихід RD читання із зовнішнього ЗП
18.	X2	O	Вивід для підключення резонансної схеми
19.	X1	I	Вивід для підключення резонансної схеми або вхід підключення зовнішнього генератора
20.		I	Вивід підключення від'ємного полюсу джерела живлення (земля)

Продовження таблиці 3.2

21.	P2.0	I/O	Виводи паралельного порта P3
22.	P2.1	I/O	
23.	P2.2	I/O	
24.	P2.3	I/O	
25.	P2.4	I/O	
26.	P2.5	I/O	
27.	P2.6	I/O	
28.	P2.7	I/O	
29.	PSEN	O	Звернення до зовнішньої пам'яті програм Строб адреси зовнішнього ЗП Вибір роботи ОМЕОМ з внутрішньою (EA=1) або зовнішньою (EA=0) пам'яттю програм
30.	ALE	O	
31.	EA	I	
32.	P0.7	I/O	Виводи порта P0
33.	P0.6	I/O	
34.	P0.5	I/O	
35.	P0.4	I/O	
36.	P0.3	I/O	
37.	P0.2	I/O	
38.	P0.1	I/O	
39.	P0.0	I/O	
40.		I	Вивід підключення джерела живлення

Для підключення до системи керування клавіатури і дисплея використовуємо контролер клавіатури і дисплея KP580BB79.

Для підключення клавіатури використовують лінії RET0...RET7, а також під'єднують дешифратор K555ИД7. На його входи V3, V2, V1

заводять відповідно сигнали S0, S1, S2 контролера клавіатури KP580BB79. Лінії 0...7 дешифратора використовуються для під'єднання клавіатури.

Нам необхідно під'єднати клавіатуру 5x6, тобто не всі лінії будуть задіяні. Однак якщо в подальшому виникне необхідність під'єднати клавіатуру з більшою кількістю клавіш, то тоді необхідно змінювати плату, тому доцільніше буде вивести ці лінії на роз'єм і до роз'єму здійснювати під'єднання клавіатури.

Для підключення виводу інформації використовуємо семисегментні індикатори. В ролі таких індикаторів використаємо мікросхему АЛС324А (рис. 3.7).

Такий індикатор являє собою збірку із семи (або восьми у випадку наявності крапки) світлодіодів, кожний з яких є одним із сегментів знакомісця. Подаючи комбінацію сигналів на визначені сегменти можна забезпечити висвічування різних цифр або букв.

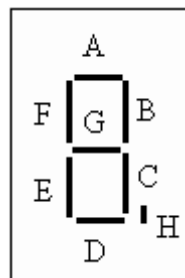


Рисунок 3.7 - Семисегментний індикатор.

Щоб висвітити, наприклад цифру 3 необхідно засвітити сегменти А, В, С, D і G. На входах цих сегментів необхідно встановити рівень 0, а на входах інших сегментів - рівень 1. Це означає, що для висвічування цифри 3 необхідно записати в порт РХ число 0В0Н.

Підключення індикаторів здійснюється через буферний формувач. Для цього вибрали мікросхему K555АП6. Мікросхема є двонаправленим прийомопередавачем із трьома станами виходу, що передає вхідну

інформацію без інверсії. Режим її роботи задається комбінацією сигналів на двох керуючих входах — E та SED.

Мікросхема КП580BB55 використовується для узгодження системної шини мікро-ЕОМ з периферійними пристроями для прийому та зберігання інформації, що пересилається між мікропроцесором (МП) та зовнішніми пристроями. Мікросхема використовується в трьох режимах роботи:

- режим 0, в якому кожна з двох груп виводів мікросхеми (A та B), по 12 виводів в кожній, можуть бути запрограмовані на ввід або на вивід;
- режим 1, в якому по 8 виводів кожної групи можуть бути запрограмовані на стробований ввід або вивід, а інші 4 виводи використовуються для керування програмним обміном або обміном по перериванню;
- режим 2, в якому мікросхема є двонаправленим 8–розрядним каналом даних, що керується сигналами п’яти виводів.

Мікросхема містить :

- порти вводу–виводу A, B, C;
- схеми керування групами шин A та B;
- буфер шини даних для узгодження з двонаправленою шиною даних МП;
- схему керування зчитуванням/записом.

Через порти A (PA7...PA0), B (PB7...PB0), C (PC7...PC0) під’єднуються зовнішні пристрої.

Порт A містить два регістри:

- 8–розрядний вхідний із вхідними формувачами;
- 8–розрядний вихідний із вихідними формувачами;

Порт A може працювати на ввід або вивід 8–розрядних слів у всіх трьох режимах.

Порт В має аналогічну будову порту А . Працює на ввід або вивід у двох режимах—0 та 1.

Порт С містить два чотирирозрядних регістри:

- регістр розрядів $C(L) = PC3...PC0$;
- регістр розрядів $C(H) = PC7...PC4$, кожному з яких відповідають вхідні та вихідні формувачі.

Використовуються для вводу–виводу 4–розрядних слів в режимі 0. В режимах 1 та 2 можуть використовуватись для прийому та передачі керуючих сигналів обміну для портів А та В, а регістри порта С виконують функцію регістра стану.

Схема керування групами шин А та В.

Кожна із схем містить регістр керуючого слова (РКС), що використовується для прийому та зберігання керуючого слова, яке поступає через буфер шини даних (БШД). Запис цього слова в регістр здійснюється при наявності одиниці в розряді D7 керуючого слова. Буфер шини даних – тристабільний двонаправлений буфер.

Схемою керування групою А задається режим роботи портів А та C(H), групою В режим роботи портів В та C(L).

Схема керування зчитуванням/записом здійснює керування мікросхемою під дією зовнішніх сигналів:

CS – вхід вибірки мікросхеми. Активним рівнем є 0, який дозволяє роботу інтерфейсу з МП;

RD – вхід сигналу зчитування. Дозволяє передачу даних на шину даних МП при RD=0;

WR – вхід сигналу запису. При WR=0 відбувається передача даних або слова стану з шини даних в регістри інтерфейсу або в зовнішні пристрої;

A1, A0 – адресні входи, що призначені для вибору одного з портів вводу–виводу, або регістра керуючого слова (див. табл. 3.3).

Таблиця 3.3 - Вибір одного з портів

A1	A0	Вибір порта або регістра керуючого слова
0	0	порт А
0	1	порт В
1	0	порт С
1	1	регістр керуючого слова

Значення сигналів керування CS, RD, WR та A0, A1 в режимах запису/зчитування даних, запису керуючого слова та вимикання подані в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Значення сигналів керування

CS	RD	WR	A1	A2	Режим роботи та напрям обміну даними
0	1	0	0	0	Шина даних–інтерфейс (ввід) запис даних в порт А
0	1	0	0	1	Запис даних в порт В
0	1	0	1	0	Запис даних в порт С
0	1	0	1	1	запис керуючого слова
0	0	1	0	0	Шина даних–інтерфейс (вивід) зчитування порта А
0	0	1	0	1	Зчитування порта В
0	0	1	1	0	Зчитування порта С
1	X	X	X	X	Вимикання

Для створення адресної шини мікропроцесорної системи застосовується восьмирозрядний регістр, який одночасно підвищує навантажувальну здатність адресних ліній (рис. 3.7). Вихідні лінії регістра можуть перебувати в одному з трьох станів.

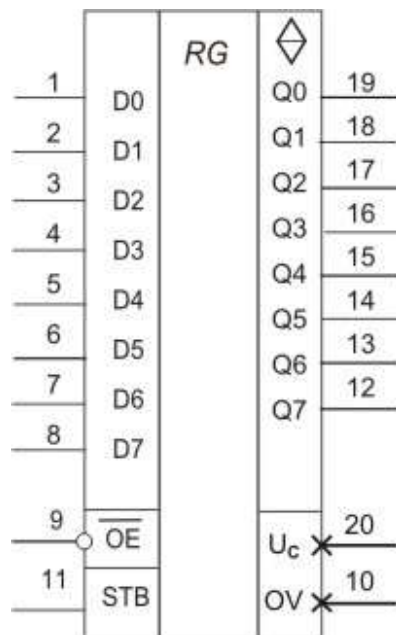


Рисунок 3.7 - Позначення регістра KP580IP82

Призначення виводів:

- D0...D7 - входи даних;
- Q0...Q7 - виходи даних;
- OE – вхід дозволу передачі даних;
- STB – вхід стробуючого сигналу;
- U_{cc}, GND – входи живлення.

При OE = 0, у момент подачі стробуючого сигналу на лінію STB, вхідні дані записуються в регістр і одразу відображаються на його виходах. При OE = 1, вихідні лінії Q0...Q7 регістра переходять у високоімпедансний (Z) стан.

3.8 Розроблення принципової електричної схеми автоматизованої системи контролю опору котушок.

Електрична принципова схема автоматизованої системи контролю опору котушок представлена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

В робочому положенні механізму контролю вмикається реле К9 перетворювача SQ4. Реле К9 вмикає реле часу КТ2, яке стає на саможивлення, та підготовлює коло живлення реле К4, К5. Опір котушки Lx визначається пристроєм А4. Якщо опір котушки Lx в межах норми, то вмикається реле К4, яке стає на саможивлення і вмикає лампу Н9 "НОРМА". Реле КТ2 вимикається при повороті планшайби вмиканням реле К2.

Якщо опір котушки Lx менше норми, то вмикається реле К5, яке стає на саможивлення і вмикає лампу Н10 "МЕНШЕ". Після закінчення витримки часу, реле КТ2 через розмикаючий контакт реле К4 "НОРМА" вмикається реле К1 - загальний стоп зі звуковим сигналом. Бракована котушка знімається, натискаються послідовно кнопки вимикачів S1 "СТОП" і S3 "ПРИВІД-ПУСК" і напіватомат продовжує свою роботу.

Якщо опір котушки більше норми, то реле К4 і К5 не вмикаються і реле КТ2 вмикає лампу Н8 "БІЛЬШЕ". Аналогічно, через розмикаючий контакт реле К4 реле КТ2 вмикає реле К1 - загальний стоп. Бракована котушка вручну знімається, натискаються послідовно кнопки вимикачів S1 "СТОП" і S3 "ПРИВІД-ПУСК" і напіватомат продовжує свою роботу.

Функцію перетворення аналогового сигналу в цифровий виконує АЦП послідовного наближення (див. графічну частину КР).

Схема складається з вхідного блоку, виконаного на операційному підсилювачі (ОП) DA1.1, компаратора DA1.2, генератора тактових імпульсів, виконаного на мікросхемах DD9.1...DD9.3, подільника частоти, реалізованого на RS-тригері DD2, лінійки лічильників DD3...DD5, цифро-

аналогового перетворювача (ЦАП) та дешифраторів семисегментних індикаторів.

Генератор Ті генерує імпульси, які діляться на 2 тригером DD2 і рахуються лічильниками DD3...DD5. При цьому двійковий код, який отримуємо на виходах лічильників, подається на виходи дешифраторів DD6...DD8 та цифровий вхід ЦАП DD1. На виході ЦАП отримуємо напругу, еквівалентну коду, яка порівнюється з підсиленою вхідною напругою компаратором DA1.2.

Коли напруга на виході ЦАП зрівняється з вхідним сигналом, спрацьовує компаратор і відбувається фіксація двійкового коду, індикатори висвічують відповідне значення опору обмотки дроселя.

3.9 Аналіз похибок вимірювання опору котушок.

Для контролю електричного опору котушок обрано метод порівняння. Даний метод контролю базується на застосуванні закону Ома, відповідно до якого опір котушки

$$R_x = U_x / I_x$$

де U_x , I_x – значення падіння напруги на котушці та сили струму, що протікає по ній.

Схема вимірювання дозволяє вимірювати силу струму I_x та спад напруги U_x .

Виміряне за допомогою схеми значення опору $R_{\text{хвим}}$ визначають за формулою:

$$R_{\text{хвим}} = U / I, \quad (3.2)$$

де U – значення напруги, В;

I – значення струму, А.

З формули (3.2) випливає, що точність контролю опору залежить

від точності виміру струмів, напруг та методичної похибки, пов'язаної з схемою увімкнення вимірювальних приладів та їх власним енергоспоживанням.

Значення опору при врахуванні допусків на параметри величини напруги і нестабільності блоку живлення буде становити:

$$R_{X1} = U_x / I_x = 10 / 0,1 = 100 \text{ Ом},$$

$$R_{X2} = U_x / I_x = 10,01 / 0,1 = 100,1 \text{ Ом},$$

$$R_{X3} = U_x / I_x = 9,99 / 0,1 = 99,9 \text{ Ом}.$$

Виміряне схемою значення опору розраховується за формулою:

$$R_{x.\text{вим}} = R_x \frac{1}{(1 + R_x / R)}$$

$$R_{x\text{вим}1} = 100 * \left[\frac{1}{(1 + 100 / 66,7)} \right] = 40 \text{ Ом}$$

$$R_{x\text{вим}2} = 100,1 * \left[\frac{1}{(1 + 100,1 / 66,7)} \right] = 40,028 \text{ Ом}$$

$$R_{x\text{вим}3} = 99,9 * \left[\frac{1}{(1 + 99,9 / 66,7)} \right] = 39,996 \text{ Ом}$$

Виміряне значення опору $R_{x.\text{вим}}$ відрізняється від дійсного значення опору R_x . Це зумовлено виникненням методичної похибки, відносно значення якої

$$\delta_m = (R_{x.\text{вим}} - R_x) / R_x * 100 = - R_x / (R + R_x) * 100, \%$$

$$\delta_{m1} = (R_{x.\text{вим}1} - R_{X1}) / R_{X1} * 100 = (40 - 100) / 100 = -0,4 \%$$

$$\delta_{m2} = (R_{x.\text{вим}2} - R_{X2}) / R_{X2} * 100 = (40,028 - 100,01) / 100,01 = -0,49 \%$$

$$\delta_m = (R_{x.\text{вим}3} - R_{X3}) / R_{X3} * 100 = (39,996 - 99,9) / 99,9 = -0,59 \%$$

$$\delta_{mc} = 0,5 \%$$

$$\Delta = 0,032 \text{ Ом} = 0,08 \%$$

$$\Delta_{\text{доп}} = 0,2 \text{ Ом} = 0,5 \%$$

Отже розраховане значення похибки задовільняє поставлені вимоги.

4 Науково-дослідна частина

Моделювання системи автоматичного управління процесом намотування котушки

Система управління кутом повороту намотувального механізму працює за принципом управління за відхиленням. Необхідно відтворювати кут повороту намотувального механізму $\varphi(t)$ згідно програми задавача $\varphi_0(t)$, шляхом впливу на виконавчий механізм – електричний двигун.

Загальна функціональна схема системи управління намотувальним механізмом представлена на рисунку 4.1.

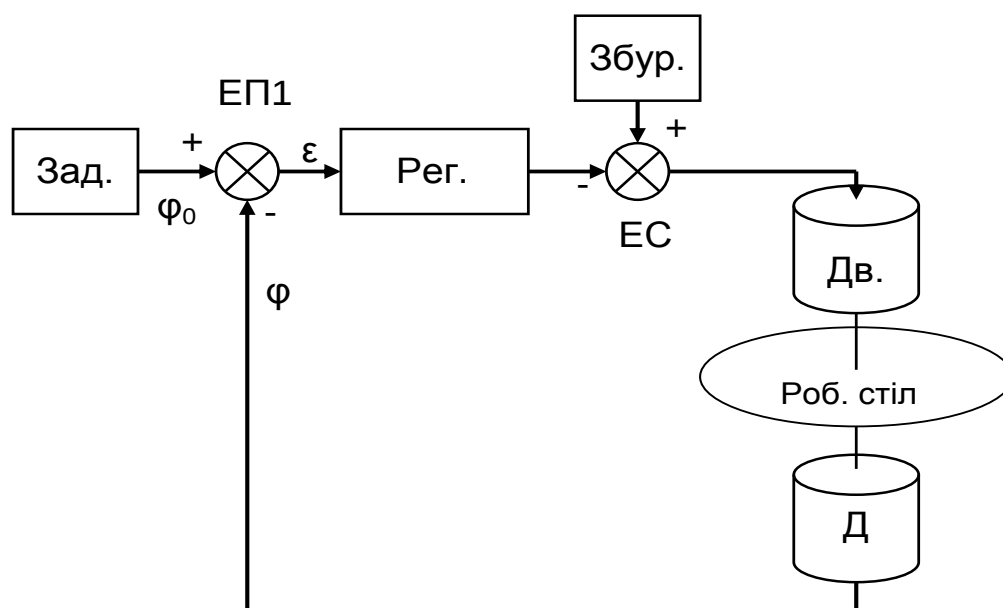


Рисунок 4.1 – Функціональна схема системи управління кутом повороту намотувального механізму.

На входи елемента порівняння (ЕП) надходять сигнали від задавача (Зад.) – сигнал $\varphi_0(t)$ і з виходу вимірювача кута повороту намотувального механізму (Д) – сигнал $\varphi(t)$. На виході (ЕП) отримуємо сигнал розузгодження ε , який надходить на регулятор (Рег.) Керуючий

сигнал впливає регулюючий орган намотувального механізму – двигун (Д). Одночасно на управляючий сигнал накладається збурення, що на схемі відтворено у вигляді сумування цих сигналів елементом (ЕС0. Таким чином цикл керування замкнувся.

У якості давача кута повороту намотувального механізму доцільно взяти давач виконаний на основі елементів Хола, або магнітних індукційних перетворювачів і може застосовуватися в будь-яких системах контролю, де потрібно визначати кути повороту, число оборотів, швидкість обертання і т.п.

При обертанні валу давача з постійним магнітом перетворювач формує два синусоїдальні сигнали, що зміщені один щодо одного по фазі на кут 90° (рис. 4.2).

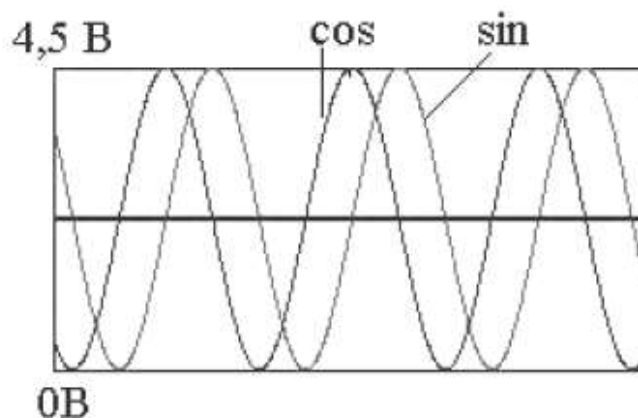


Рисунок 4.2 – Сигнал первинного перетворювача кута повороту.

При обертанні валу на виході давача отримують два ортогонально зміщених синусоїдальних сигнали (один період на оберт). Ці сигнали несуть інформацію про величину і напрям переміщення. Відповідна обробка сигналів (інтерполяція) дозволяє вимірювати кут повороту з дискретністю набагато меншою за період сигналів.

В якості електричного приводу намотувального механізму вибираємо двигун постійного струму (рис. 4.3).

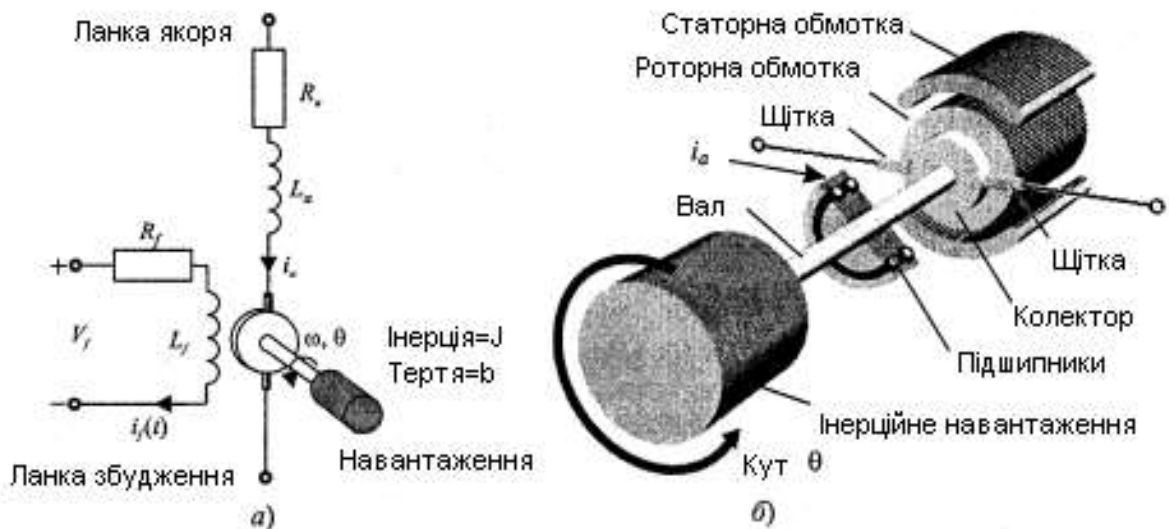


Рисунок 4.3 – Схеми двигуна постійного струму: а) електрична схема, б) схематична будова.

Передавальну функцію двигуна постійного струму ми одержимо за допомогою лінійної апроксимації його дійсних характеристик, при цьому знехтуємо явищем гістерезису та падінням напруги на щітках.

При відсутності насичення, магнітний потік в повітряному проміжку прямопропорційний величині струму збудження, отже

$$\Phi = K_f i_f. \quad (4.1)$$

Передбачається, що момент, що розвивається двигуном, лінійно залежить від Φ і струму якоря:

$$\text{Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования..} \quad (4.2)$$

З рівняння (4.2) слідує, що двигун можна вважати лінійним елементом, при цьому один струм повинен бути постійним, а другий необхідно вважати вхідним струмом. Розглянемо двигун, що керується по ланцюгу збудження, за рахунок чого забезпечується значне посилення по потужності.

Перетворюючи (4.2) по Лапласу, одержимо:

$$\text{Ошибка! Объект не может быть создан из кодов}$$

полей редактирования., (4.3)

де $i_a = I_a$ є постійний струм якоря, а K_m носить назву постійної електродвигуна. Величина струму збудження пов'язана з напругою збудження залежністю

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов **полей редактирования..** (4.4)

Момент на валу електродвигуна передається до навантаження. Отже, маємо:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов **полей редактирования.,** (4.5)

де $T_L(s)$ – момент навантаження, а $T_d(s)$ – збурюючий момент, який є порівняно малим і ним можна нехтувати (його потрібно враховувати тоді, коли на систему діють зовнішні сили). Момент навантаження для обертового руху (рис. 4.3)

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов **полей редактирования..** (4.6)

З (4.3)-(4.5) маємо:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов **полей редактирования.,** (4.7)

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов **полей редактирования.,** (4.8)

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов **полей редактирования..** (4.9)

Отже, при $T_d(s) = 0$ передавальна функція ВД рівна

$$\frac{\theta(s)}{V_f(s)} = \frac{K_m}{s(Js + b)(L_f s + R_f)} = \frac{K_m / J L_f}{s(s + b/J)(s + R_f / L_f)}. \quad (4.10)$$

Модель електродвигуна, що керується по ланці збудження, приведена на рис. 4.4 у вигляді структурної схеми. Альтернативний вираз

для передавальної функції можна отримати, якщо взяти до уваги сталі часу:

$$\frac{\theta(s)}{V_f(s)} = G(s) = \frac{K_m / b R_f}{s(\tau_f s + 1)(\tau_L s + 1)}, \quad (4.11)$$

де $\tau_f = \frac{L_f}{R_f}$ і $\tau_L = \frac{J}{b}$. Звичайно $\tau_L > \tau_f$, і постійною часу обмотки збудження можна нехтувати.

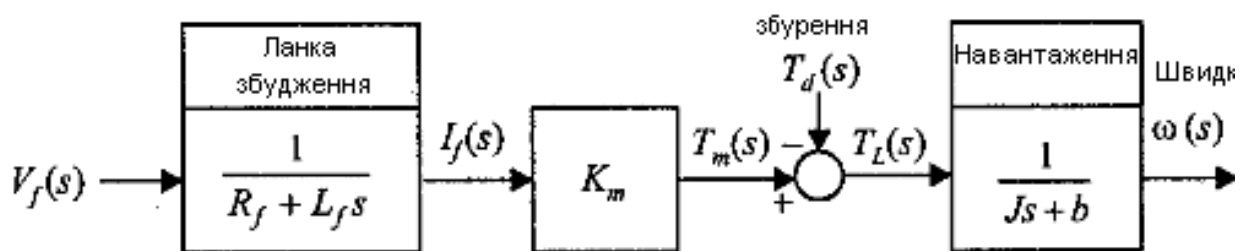


Рисунок 4.4 – Структурна схема двигуна, керованого по ланцюгу збудження

У двигуні, що керується по ланцюгу якоря, управляючою дією є струм якоря **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования..** Магнітне поле статора створюється струмом в обмотці збудження або постійними магнітами. В першому випадку, при використанні струму в обмотці збудження, момент, що розвиває електродвигун:

$$\text{Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования..} \quad (4.12)$$

При застосуванні постійних магнітів момент визначається так:

$$\text{Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.,} \quad (4.13)$$

де K_m – коефіцієнт, що залежить від магнітної проникності. Струм в колі якоря двигуна пов'язаний з напругою, прикладеною до якоря,

співвідношенням

**Ошибка! Объект не может быть создан из кодов
полей редактирования.,**

(4.14)

де $V_b(s) = K_b \omega(s)$.

Параметри двигуна постійного струму:

$$K_m = 10, R_f = 100, L_f = 1, J = 2, b = 0.5, K_b = 0.1.$$

Передавальна функція двигуна постійного струму матиме наступний вигляд:

$$\tau_f = \frac{L_f}{R_f} = 0,01; \tau_L = \frac{J}{b} = \frac{0,75}{0.5} = 1,5. \quad (4.15)$$

Так як τ_f достатньо мале, отримаємо:

$$G(s) = \frac{K_m / b R_f}{(\tau_f s + 1)(\tau_L s + 1)} \approx \frac{K_m / b R_f}{\tau_L s + 1} = \frac{1,5}{(1,5s + 1)}. \quad (4.16)$$

Для забезпечення якісного управління процесом повороту намотувального механізму доцільно взяти ПІД регулятор який має передавальну функцію;

$$W_p(p) = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right],$$

де K_p - коефіцієнт підсилення регулятора; T_i - час ізодрому (стала інтегрування регулятора); T_d - час випередження (стала диференціювання).

Передавальна функція ПІД-регулятора згідно (4.16) має вигляд:

$$W_p(p) = \frac{y(s)}{\varepsilon(s)} = K_p + \frac{1}{T_i p} + T_d p \quad (4.17)$$

5 Спеціальна частина.

Аналіз функціонування системи автоматичного управління в програмному середовищі MATLAB

Останніми роками в системах автоматизації технологічних процесів і виробництва активно впроваджуються моделі, методи та технічні засоби, засновані на теорії нечітких множин. Значну роль у популяризації fuzzy-систем управління відіграє програмне середовище MATLAB, яке включає пакет програм для роботи з нечіткою логікою — Fuzzy Logic Toolbox. Цей інструмент дозволяє створювати та редагувати системи управління з нечіткою логікою (Fuzzy Inference System, FIS). Створення таких систем можливе як за допомогою графічних інструментів, так і через виконання команд у робочому вікні MATLAB.

Крім того, система MATLAB включає пакет моделювання динамічних систем Simulink, який у свою чергу дозволяє за допомогою стандартних блоків, що входять в його бібліотеку, сформувати одноконтурну або багатоконтурну систему автоматики з аналоговим або fuzzy-регулятором.

Розглянемо нашу одноконтурну систему автоматичного регулювання з аналоговим ПІД-регулятором та зворотним зв'язком (рис. 5.1). Всі дослідження будемо проводити при одиничному ступінчастому впливі.

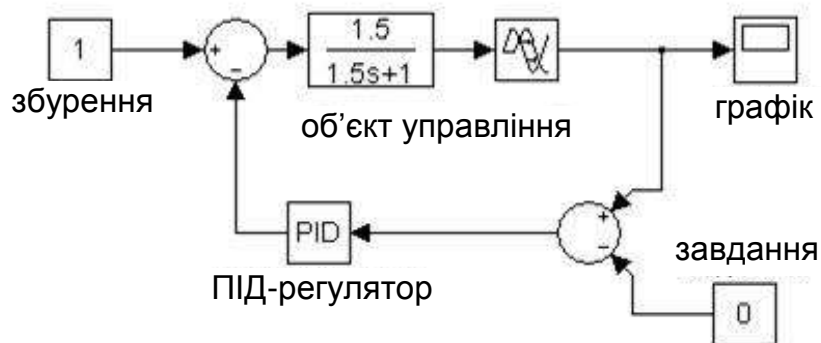


Рисунок 5.1 - Модель системи автоматичного регулювання.

З рисунка видно, що об'єкт управління складається з послідовного з'єднання типових елементів автоматики: аперіодичної ланки першого порядку та ланки чистого запізнювання.

Отже, передавальна функція об'єкта управління має вигляд:

$$W_o(s) = \frac{1.5}{1.5 \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau s} \quad (5.1)$$

Значення параметрів настройки ПІ-регулятора для даного об'єкту наступні: $P=K_p=0.388$, $I=1/T_i=0.323$. Значення параметрів настройки ПІД-регулятора для даного об'єкту наступні: $K_p=1.093$, $I=1/T_i=0.86$, $D=T_d=0.209$.

Блок PID-controller є підсистемою, тобто він утворений за допомогою простіших блоків системи. Внутрішня структура даного блоку представлена на рис. 5.2.

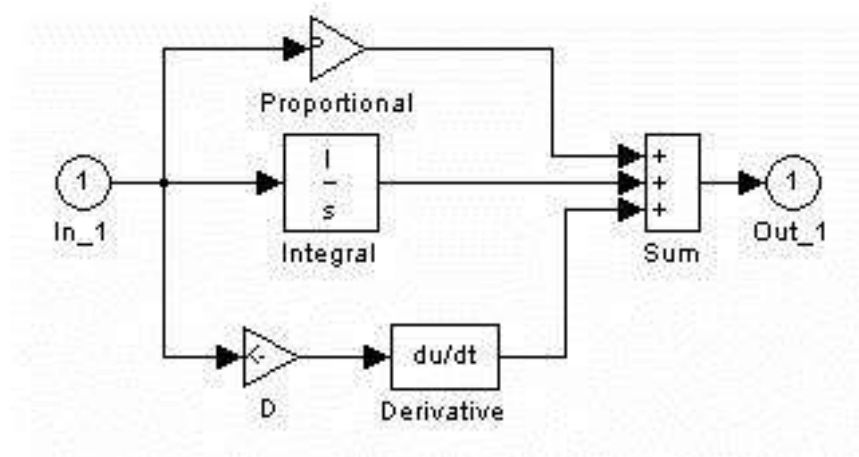


Рисунок 5.2 - Внутрішня структура блоку PID-controller.

У бібліотеці системи Simulink є блок для реалізації fuzzy-регулятора, який можна використовувати для створення моделі одноконтурної системи автоматичного регулювання. У даній моделі реалізується ПІ-закон регулювання.

Для формування вхідних сигналів, як і в аналоговому регуляторі, застосовується блок Integral (рис. 5.3). Кожній складовій сигналу ПІ-регулятора відповідають певні коефіцієнти, які можна налаштувати. Подібним чином коефіцієнти для входів fuzzy-регулятора задаються через блоки Gain (підсилювачі).

Значення параметра Gain у блоках, відповідальних за пропорційну та інтегральну складові сигналу, встановлюються згідно з налаштуваннями аналогового ПІ-регулятора: Для пропорційної складової: $P = 0.388$, для інтегральної складової: $I = 0.323$.

Під час синтезу нечіткої системи доцільно заздалегідь визначити діапазони зміни змінних, що дозволяє забезпечити коректну роботу fuzzy-регулятора та оптимізувати налаштування системи.

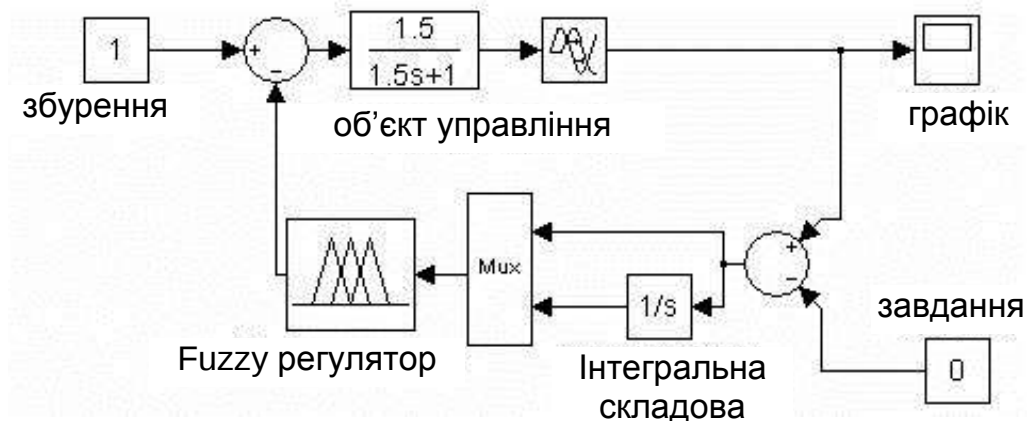


Рисунок 5.3 - Модель одноконтурної САР з ПІ fuzzy-регулятором.

За допомогою графічного інтерфейсу користувача (GUI) пакета "Fuzzy Logic Toolbox" створимо нечітку систему, яка реалізує аналоговий ПІ-регулятор. Для створення нечіткої системи обираємо тип Мамдані, оскільки цей тип широко використовується для задач регулювання завдяки інтуїтивній зрозумілості побудови.

Створення системи:

1. Викликаємо редактор Fuzzy Inference System (FIS) командою fuzzy у

вікні MATLAB.

2. У редакторі вибираємо тип системи Мамдані.
3. Додаємо два входи для пропорційної та інтегральної складових, називаючи їх, наприклад, x_1 (пропорційна складова) і x_2 (інтегральна складова).
4. Вихідну змінну називаємо y .

Для вихідної змінної терми доцільно зробити непересічними, щоб підвищити точність регулювання, при цьому:

$$x_1 \in \left[-\frac{1}{P}; \frac{1}{P} \right] \quad x_2 \in \left[-\frac{1}{I}; \frac{1}{I} \right],$$

або

$$x_1 \in [-2.577; 2.577], \quad x_2 \in [-3.096; 3.096]$$

Для вихідної змінної регулятора діапазон зміни рекомендується встановлювати у вигляді $[-C, C][C, C][C, C]$, де C — це коефіцієнт, що визначає верхню межу діапазону зміни вихідної змінної. При одиничній ступінчастій дії C може варіюватися від 1.1 до 2, що дозволить компенсувати збурення в системі. При $C = 1.1$ динамічна помилка буде більшою, але час регулювання і кількість коливань перехідного процесу будуть меншими. При $C = 2$ спостерігається оптимальне співвідношення між величиною динамічної помилки, часом регулювання і кількістю коливань. Тому рекомендується вибирати $C = 2$, оскільки це дозволяє досягти балансу між усіма критеріями.

Лінійний неперервний ПІ-регулятор з передавальною функцією

$$W_p(p) = \frac{y(s)}{\varepsilon(s)} = K_p + \frac{1}{T_i p} \quad (5.2)$$

можна замінити близьким по стратегії і логіці управління fuzzy-регулятором, якщо як його вихідну змінну розглядати приріст управляючого впливу Δu .

Тоді закон регулювання (5.2) можна представити в диференціальній

формі:

$$\frac{dy(t)}{dt} = k_D \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt} + \frac{1}{T_E} \cdot \varepsilon(t),$$

або в різницевій формі:

$$\Delta y(k) = y(k) - y(k-1) = k_D \cdot \Delta \varepsilon(k) + \frac{\Delta t}{T_E} \cdot \varepsilon(k).$$

Таким чином, для вхідних змінних $\varepsilon(k)$ і $\Delta \varepsilon(k)$ і вихідний $\Delta y(k)$ може бути синтезований fuzzy-регулятор, що реалізовує нелінійний закон

$$\Delta y(k) = F[\Delta \varepsilon(k), \varepsilon(k)],$$

і еквівалентний в певному значенні ПІ-регулятор.

Для нашого випадку x_1 відповідає сигналу розузгодження $\varepsilon(k)$, x_2 відповідає приросту сигналу розузгодження $\Delta \varepsilon(k)$, а y відповідає $y(k)$. Лінгвістичні правила для такого ПІ-подібного fuzzy-регулятора приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Лінгвістичні правила для ПІ fuzzy-регулятора

$\begin{matrix} \varepsilon \\ \Delta \varepsilon \end{matrix}$	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

Викликаємо вікно Редактора правил (Rule Editor) в меню Edit або натисненням Ctrl+3 і заповнюємо список правилами з таблиці 1. Правила формуються за типом: «ЯКЩО . I ., ТО».. Можна подивитися простір

управління, викликавши вікно Проглядання простору управління (Surface Viewer) з меню View. Отриманий файл збережемо під ім'ям fuzzy1.fis.

У вікні параметрів блоку Fuzzy Logic Controller вкажемо ім'я файлу fuzzy1. У вікні моделі в меню File виберемо пункт Model Properties. У вікні, що відкрилося, виберемо вкладку CallBacks і в полі Model pre-load function напишемо:

```
fuzzy1=readfis('fuzzy1').
```

Дана команда кожного разу при відкритті файлу моделі поміщатиме файл fuzzy1.fis у Workspace (робочий простір системи MATLAB). Це необхідно для нормального функціонування моделі. Варто відмітити, що при внесенні змін до fis-файлу, потрібно поміщати його виправлену версію в Workspace за допомогою пункту Export/To Workspace меню File.

У діалоговому вікні Simulation Parameters меню Simulation у вкладці Advanced для опції Boolean logic signals необхідно встановити значення off. При цьому блоки логіки допускатимуть змінні у формі з плаваючою крапкою.

Графіки перехідних процесів для моделі з аналоговим регулятором і моделі з fuzzy-регулятором представлені на рис. 5.4.

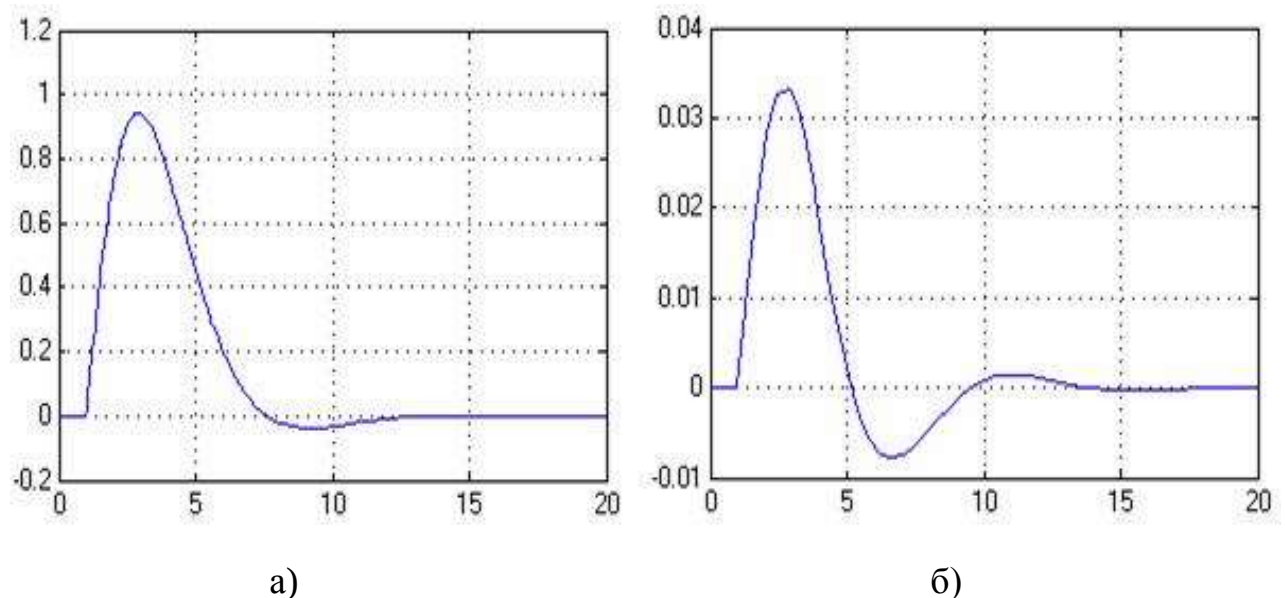


Рисунок 5.4. Графіки перехідних процесів для моделі з аналоговим регулятором (а) і моделі з fuzzy-регулятором (б).

Як бачимо з рисунку час регулювання і число коливань дещо більше для системи з fuzzy-регулятором, проте динамічна помилка значно зменшилася.

Для реалізації ПД-подібного fuzzy-регулятора необхідно в структурну схему моделі додати диференціальну складову сигналу розузгодження, використовуючи блок диференціювання Derivative (рис.5.5).

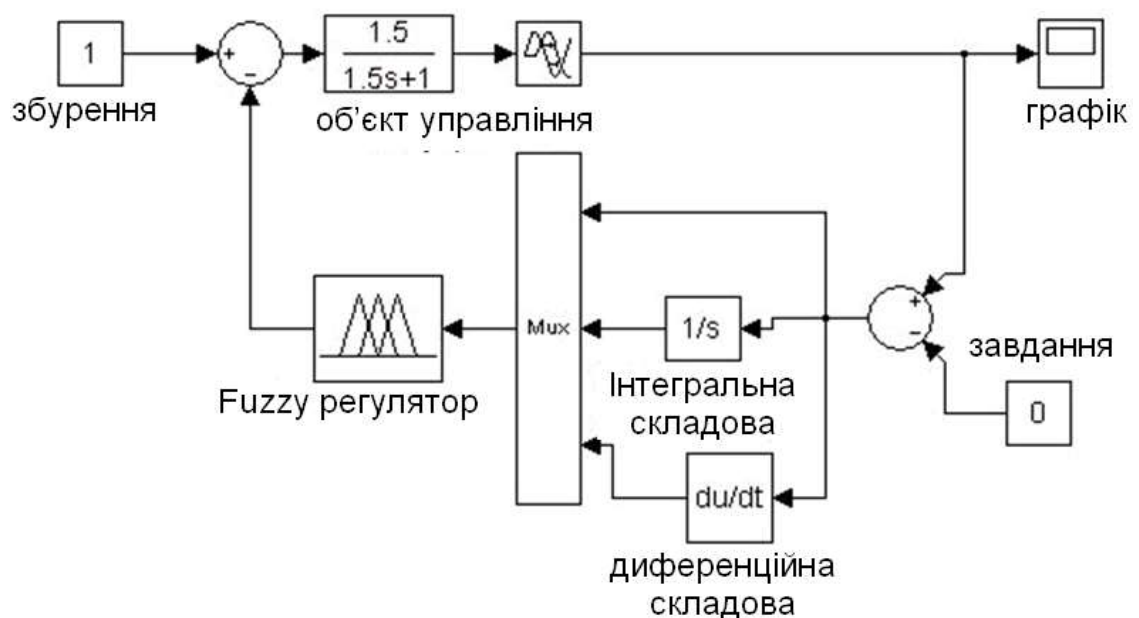


Рисунок 5.5. Модель системи автоматичного регулювання з ПД-подібним fuzzy-регулятором.

За основу fis-файлу, що реалізовує ПД-закон регулювання, може бути узятий файл fuzzy1.fis. Необхідно у вікні Редактора фазі-інференційної системи додати ще одну вхідну змінну x3. У вікні Редактора функцій належності задамо три трикутні терми для опису цієї змінної - N, ZE і P. Для вихідної змінної додамо дві терми N і P (рис. 5.6).

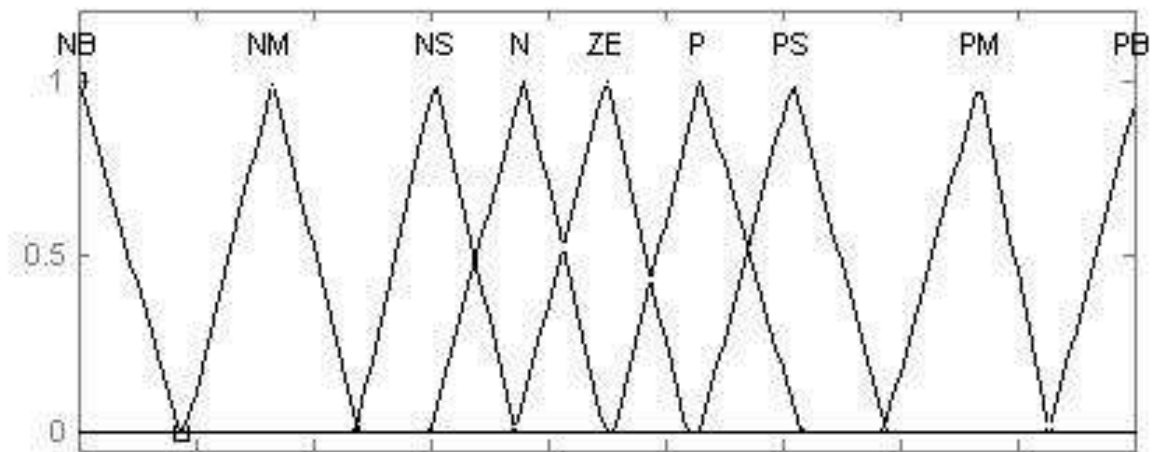


Рисунок 5.6. Терми вихідної змінної ПІД-подібного fuzzy-регулятора.

Діапазони зміни змінних визначаються аналогічно:

$$x1=[-0.915;0.915]$$

$$x2=[-1.163;1.163]$$

$$x3=[-1;1] \text{ (попередньо)}$$

$$y=[0;2]$$

Викликаємо вікно Редактора правил і доповнюємо список правил наступними трьома правилами:

IF ($x3=N$) THEN ($y=N$)

IF ($x3=ZE$) THEN ($y=ZE$)

IF ($x3=P$) THEN ($y=P$)

Отже, якщо швидкість додатна, то сигнал на виході регулятора зросте та запобіжить збільшенню сигналу розузгодження, та навпаки.

Тепер збережемо відредагований файл під ім'ям fuzzy2.fis. У вікні параметрів блоку Fuzzy Logic Controller моделі (Рисунок 5) вкажемо ім'я файлу fuzzy2.

У вікні параметрів блоку Fuzzy Logic Controller вкажемо ім'я файлу fuzzy1. У вікні моделі в меню File виберемо пункт Model Properties. У вікні, що відкрилося, виберемо вкладку Callbacks і в полі Model pre-load function напишемо:

fuzzy2=readfis('fuzzy2').

У діалоговому вікні Simulation Parameters меню Simulation у вкладці Advanced для опції Boolean logic signals необхідно встановити значення off.

Точніша настройка діапазону зміни Д-складовій здійснюється методом підбору. Наприклад, для даного об'єкту [-0.16;0.16].

Графіки перехідних процесів для моделі з аналоговим регулятором і моделі з ПД-подібним fuzzy-регулятором представлені на рис. 5.7.

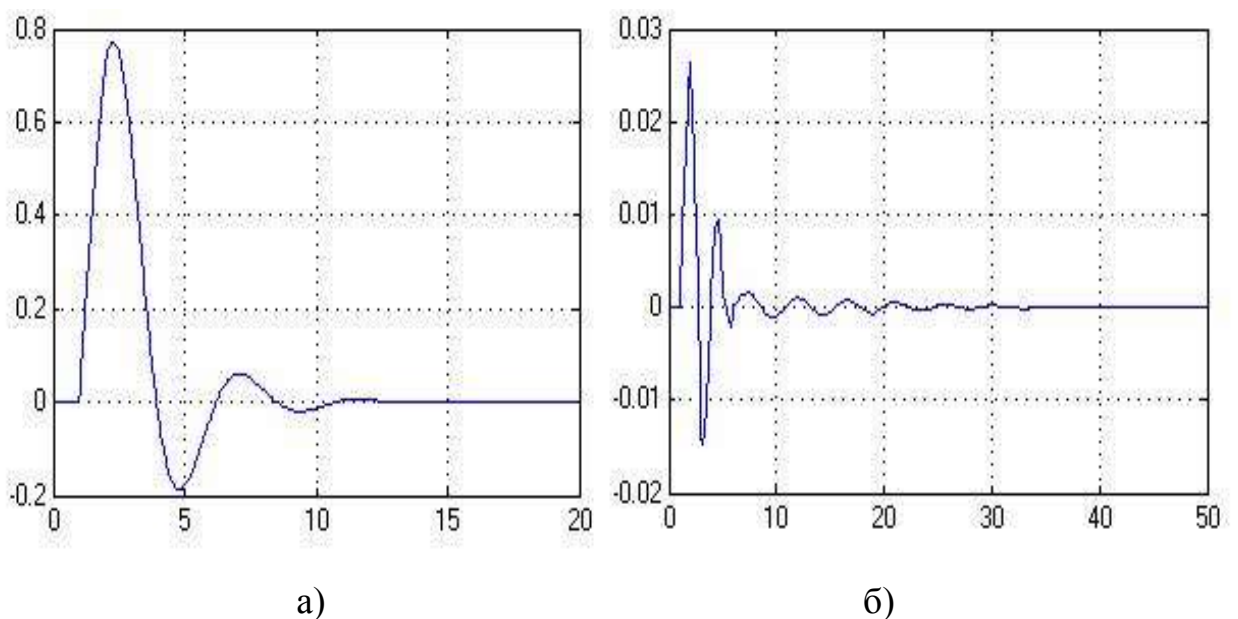
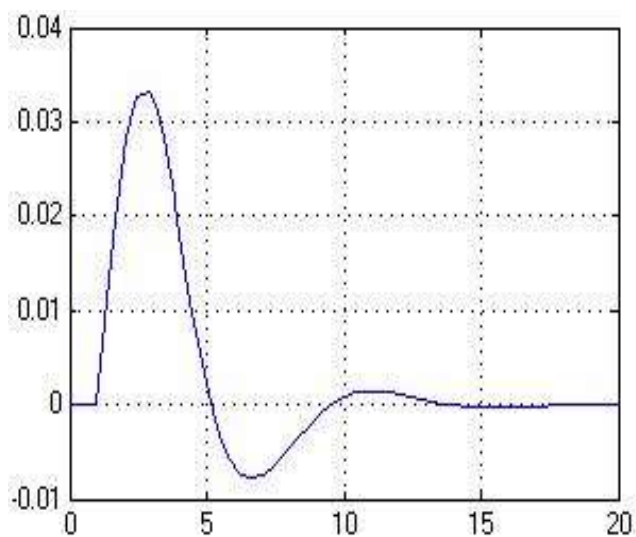


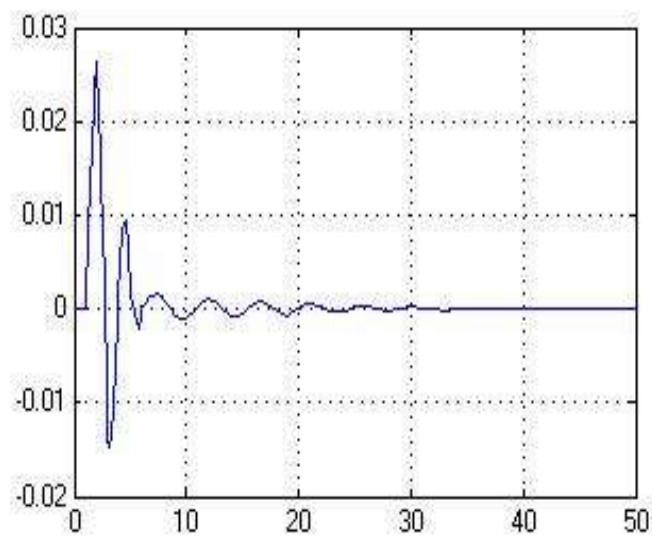
Рисунок 5.7 - Графіки перехідних процесів для моделі з аналоговим регулятором (а) і моделі з ПД - подібним fuzzy-регулятором (б).

З рисунка 5.7 бачимо, що час регулювання і число коливань більше для системи з fuzzy-регулятором, проте динамічна помилка значно зменшилася.

Наявність Д-складової повинна зменшити динамічну помилку системи. Порівняємо графіки перехідних процесів для ПІ і ПД fuzzy-регуляторів (рис. 5.8)



а)



б)

Рисунок 5.8 - Графіки перехідних процесів для ПІ (а) і ПІД (б) fuzzy-регуляторів.

Динамічна помилка дійсно зменшилася, проте час регулювання і число коливань значно більше для ПІД fuzzy-регулятора.

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6.1 Заходи з охорони праці

6.1.1 Розрахунок занулення.

Небезпека ураження струмом при дотику до корпусу та інших неструмоведучих металевих частин електрообладнання, що знаходяться під напругою внаслідок замикання на корпус може бути усунута швидким відімкненням пошкодженої електроустановки від електромережі, наприклад за допомогою занулення.

Занулення - це навмисне з'єднання неструмоведучих частин обладнання, які можуть опинитися під напругою з нульовим захисним провідником.

Нульовим захисним провідником називається провідник, що з'єднує частини, які занурюються з глухозаземленою нейтральною точкою джерела струму, або її еквіваленту.

Принцип дії занулення - перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим захисним провідником з метою викликати струм, спроможним забезпечити спрацювання захисту і тим самим автоматично відімкнути пошкоджену електроустановку від електромережі.

При замиканні фази на занулений корпус електроустановка автоматично вимкнеться, якщо значення струму однофазного короткого замикання I_k , А, відповідає умові:

$$I_k \geq k \cdot I_{ном}, \quad (6.1)$$

де k - коефіцієнт кратності струму;

$I_{ном}$ - номінальний струм запобіжника, або струм спрацювання автоматичного вимикача, А.

Дійсні значення, які будуть проходити по петлі фаза-нуль розраховуються по формулі [4]

$$I_k = \frac{U_\phi}{\frac{Z_m}{3} + \sqrt{(R_\phi + R_{нз})^2 + (X_\phi + X_{нз} + X_n)^2}}, \quad (6.2)$$

де U_ϕ – фазна напруга мережі, В;

Z_m – повний опір трансформатора, Ом;

R_ϕ і $R_{нз}$ - активні опори фазного і нульового захисного провідників відповідно, Ом;

X_ϕ і $X_{нз}$ - внутрішній індуктивний опір фазного і нульового провідників відповідно, Ом;

X_n - зовнішній індуктивний опір петлі фаза-нуль, Ом.

Необхідно визначити, чи забезпечується вимикаюча здатність занулення в схемі, яка показана на рис. 6.1. при підключенні двох верстатів до лінії 380/220В з мідними провідниками розміром 3х35 мм², які живляться від трансформатора потужністю 1000кВ, зі схемою з'єднання обмоток УУ/У_н. Нульовий провід сталева полоса з розмірами 30х5 мм. Двигуни захищені запобіжниками $I_{НОМ1}=85\text{А}$, $I_{НОМ2}=60\text{А}$, $k=3,1$. Відстань від трансформатора до першого верстату $l_1=100\text{ м}$, між верстатами $l_2=20\text{ м}$.

Для цього за залежністю (6.1) необхідно визначити найменші допустимі за умовами спрацьовування захисту значення I_k , потім за залежністю (6.2) дійсні значення, які будуть проходити по петлі фаза-нуль, і порівняти їх.

Найменші допустимі значення I_k :

— для двигуна 1: $I_{k1} = 3,1 * 85 = 263,5\text{ А}$;

— для двигуна 2: $I_{k2} = 3,1 * 60 = 186\text{ А}$.

З таблиці 3.1 [4] знаходимо повний опір трансформатора $Z_T=0,081\text{ Ом}$.

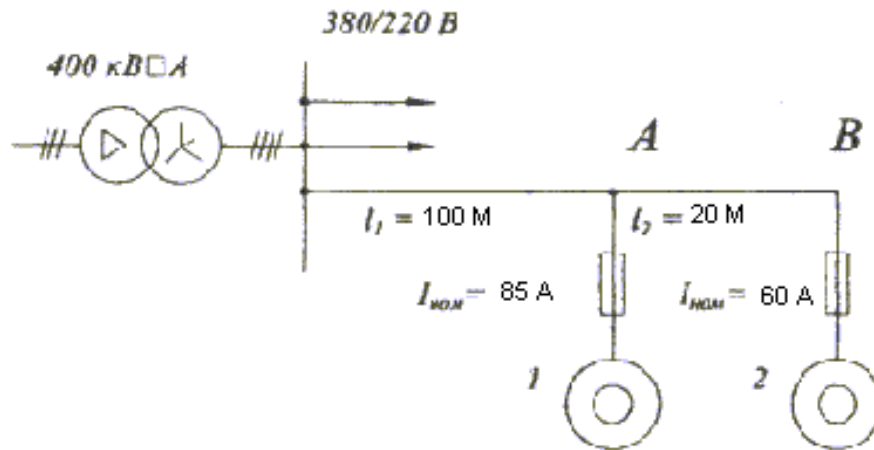


Рисунок 6.1 - Схема підключення верстатів.

Визначаємо опори фазного і нульового захисного провідників (R_ϕ , X_ϕ , $R_{нз}$ і $X_{нз}$ і X_n) на ділянці лінії $l_1=100$ Ом. Опір фазного провідника знаходимо за формулою

$$R_\phi = \rho \frac{l}{s}, \quad (6.3)$$

де ρ – питомий опір провідника, для міді 0,018, а для алюмінію 0,028 Ом-мм²/м;

l - довжина провідника, м;

S - площа поперечного перерізу, мм².

$$R_\phi = 0.018 \cdot 100 / 35 = 0.051 \text{ Ом.}$$

Опір нульового провідника знаходимо за формулою

$$R_{нз} = r_w \cdot l, \quad (6.4)$$

де r_w - питомий активний опір сталевих провідників;

l - довжина провідника, м;

Для визначення активних r_w та індуктивних x_w опорів сталевих провідників при змінному струмі визначаються в залежності від щільності струму, який знаходиться за формулою

$$\delta = \frac{I k i}{S}, \quad (5.5)$$

де I_{ki} – найменші допустимі значення, А;

S - площа поперечного перерізу, мм².

Оскільки фазний провід мідний, приймаємо $X_\phi=0$.

Щільність струму визначаємо за формулою (6.5) і одержимо

$$\delta = \frac{263.5}{30 \cdot 5} = 1.8 \text{ А/мм}^2 ;$$

$$r_\omega = 2.08$$

З таблиці 3.2 [21,ст. 17] $x_\omega = 1.25$.

$$R_{нз} = 2,08 \cdot 0,1 = 0,208 \text{ Ом.}$$

Для сталевих провідників внутрішній індуктивний опір визначають користуючись даними таблиці 3.2 [4] за формулою

$$X_n = x_w \cdot l \quad (6.6)$$

де x_w - питомий індуктивний опір сталевих провідників;

l - довжина провідника, м.

За формулою (6.6) $X_{нз} = 1,25 \cdot 0,1 = 0,333 \text{ Ом}$. Враховуючи довжину провідника $X_n = 0,6 \cdot 0,1 = 0,06 \text{ Ом}$.

Визначаємо опори фазного (за формулою (6.3)) і нульового (за формулою (6.4)) захисного провідників на всій її лінії $(l_1+l_2)=0,12\text{км}$. $R_\phi=0,018 \cdot 120/35=0,06 \text{ Ом}$; приймаємо $X_\phi=0$. Очікувана щільність струму в нульовому провіднику за формулою (6.5)

$\delta=186/30 \cdot 5=1,24 \text{ А/мм}$, з таблиці 3.2 [4] для нульового захисного провідника маємо $r_w=2,56 \text{ Ом/км}$, $x_w=1,54 \text{ Ом/км}$; отже $R_{нз}=2,56 \cdot 0,12=0,307\text{Ом}$, $X_{нз}=1,54 \cdot 0,12=0,185\text{Ом}$. Враховуючи довжину провідника $X_n = 0,6 \cdot 0,12=0,132\text{Ом}$.

Знаходимо дійсні значення струмів однофазного короткого замикання, що проходять по петлі фаза - нуль за формулою (6.2):

$$I_{k1} = \frac{220}{\frac{0.081}{3} + \sqrt{(0.051 + 0.208)^2 + (0 + 0.333 + 0.06)^2}} = 442 \text{ А}$$

для двигуна 1:

$$I_{k2} = \frac{220}{\frac{0.081}{3} + \sqrt{(0.06 + 0.307)^2 + (0 + 0.185 + 0.132)^2}} = 430 \text{ A}$$

для двигуна 2:

На основі вище наведених підрахунків можна зробити висновок: оскільки дійсні значення струмів однофазного короткого замикання (442А і 430А) перевищують найменші допустимі за умовами спрацьовування захисту струми (263,5А і 186А), нульовий захисний провідника вибрано вірно і вимикаюча здатність занулення забезпечена.

6.1.2 Розрахунок віброопор.

Необхідно розрахувати параметри віброізолятора для напіватомата намотування котушок, який здійснює 850 робочих циклів за хвилину, має масу 2600 кг. і встановлений на 4-х опорах. Коефіцієнт передачі КП= 1,0.

Розрахунок гумових віброізоляторів. Визначаємо частоту робочих циклів агрегату за формулою :

$$f = n/60,$$

де n – кількість робочих циклів.

$$f = \frac{850}{60} = 14.2$$

Знаходимо власну частоту коливань системи за формулою $f_0 = \frac{f}{3-4}$,
де f – частота робочих циклів агрегату.

$$f_{0\max} = \frac{14.2}{3} = 4.7 \text{ Гц}$$

$$f_{0\max} = \frac{14.2}{4} = 3.55 \text{ Гц}$$

Приймаємо $f_0 = 4,7 \text{ Гц}$.

За графіком [4] знаходимо необхідну статичну осадку системи $X_{\text{ст}} = 2,3 \text{ см}$.

Визначаємо необхідну висоту гумових віброізоляторів за формулою :

$$h = \chi_{cm} \frac{E}{\sigma},$$

де E- динамічний модуль пружності, для гуми складає $E=2 \cdot 10^7$ Па;

σ - допустиме напруження стиску матеріалу прокладки, для гуми $\sigma=4 \cdot 10^6$.

$$h = \frac{2.3 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^7}{4 \cdot 10^6} = \frac{4.6 \cdot 10^5}{4 \cdot 10^6} = 0.115 \text{ м}$$

Визначаємо площу одного віброізолятора за формулою :

$$S = \frac{mg}{\sigma N},$$

де m – маса агрегату, кг;

g – сила вільного падіння ;

σ - допустиме напруження стиску матеріалу прокладки, для гуми $\sigma=4 \cdot 10^6$;

N – число прокладок.

$$S = \frac{2600 \cdot 9.8}{4 \cdot 10^6 \cdot 4} = 15.92 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Розрахунок пружинних віброізоляторів. Для забезпечення віброізоляції приймаємо двопружинний віброізолятор. Визначаємо зусилля, яке сприймає кожна пружина за формулою [4] :

$$P_2 = \frac{m}{N \cdot n},$$

де m - маса агрегату, кг;

N - кількість віброопор агрегату;

n - кількість пружин в опорі.

$$P_2 = \frac{2600}{4 \cdot 2} = 325 \text{ кгс}$$

З таблиці 4.1 [4] підбираємо пружину №167, для якої $P_3=335$ кгс; $d=36$ мм; $z_1=98,450$ кгс/мм.

Визначаємо жорсткість пружини за формулою :

$$z = \frac{P_3}{\omega_3},$$

де ω_3 - максимальна деформація пружини, ($\omega_3 = 20 \div 40$ мм).

$$z = \frac{335}{30} = 11.2 \text{ кгс/мм.}$$

Кількість робочих витків буде визначатись за формулою :

$$n = \frac{Z_1}{Z},$$

де Z- жорсткість одного витка

$$n = \frac{98.450}{11.2} = 8.79$$

Приймаємо $n = 9$.

6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6.2.1. Залежність розмірів осередків ураження від маси продуктів вибуху СДОР, їхнього тиску, метеоумов і місцевості.

В комплексі заходів протихімічного захисту населення важливе місце займає оцінка радіаційної та хімічної обстановки . Володіння її методикою є прямим обов'язком начальників цивільної оборони , командирів формувань ЦО.

При аваріях, пов'язаних з виробництвом, зберіганням та транспортуванням сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), може виникнути складна хімічна обстановка з утворенням зон хімічного зараження (ЗХЗ) та осередків хімічного ураження (ОХУ). Небезпека ураження населення в цих умовах вимагає швидкого виявлення СДОР і оцінки хімічної обстановки , а також періодичного її уточнення ,оскільки метеоумови можуть постійно змінюватись.

Тому командно-начальницький склад і особовий склад невоєнізованих формувань ЦО об'єктів господарської діяльності (ОГД) повинен досконало володіти методикою оцінки хімічної обстановки.

Хімічна обстановка - це обстановка, яка складається на території адміністративного району, населеного пункту чи ОГД внаслідок викиду (виливу) СДОР або застосування хімічної зброї, істотно впливає на життєдіяльність населення роботу ОГД, боєздатність формувань ЦО і вимагає вжиття необхідних заходів захисту.

Зона хімічного ураження включає ділянку розливу - територію, над якою поширюється первинна або вторинна хмара СДОР чи ОР в небезпечних для життя і здоров'я людей концентраціях. В зоні хімічного зараження може знаходитись один або більше осередків хімічного ураження. Осередок хімічного ураження - це територія, в межах якої внаслідок виливу СДОР виникають масові ураження людей, сільськогосподарських тварин і рослин. Зона характеризується розмірами (глибиною і шириною) і площею, які залежать від кількості СДОР (ОР), їх виду, метеоумов, рельєфу місцевості, наявності на ній рослинності, типу і щільності забудови. Хімічну обстановку на ОГД виявляють пости (ланки) радіаційного і хімічного спостереження (ПРХС) та на хімічно небезпечних об'єктах - черговий диспетчер, який у випадку аварії повідомляє робітників і службовців об'єкту і доповідає в штаб ЦО міста (району).

Оцінка хімічної обстановки проводиться методом прогнозування (завчасно, при розробці плану ЦО об'єкту) і за даними розвідки.

При оцінці хімічної обстановки методом прогнозування приймається умова одночасного розливу (викиду) всього запасу СДОР (воєнний час) або із максимальної по об'єму одиничної ємності (в мирний час) при сприятливих для розповсюдження зараженого повітря метеоумовах (інверсія, швидкість вітру 1 м/с).

Оцінка хімічної обстановки за даними розвідки проводиться на основі конкретної обстановки, коли враховується фактична кількість вилитої СДОР і реальні метеоумови. Оцінка хімічної обстановки на ОГД передбачає:

- визначення розмірів і площі ЗХЗ;
- визначення часу підходу хмари зараженого повітря СДОР до об'єкту;

- визначення тривалості уражаючої дії СДОР;
- визначення можливих втрат населення в ОХУ.

Для оцінки хімічної обстановки необхідно мати такі вихідні дані:

- вид і кількість СДОР;
- місце викиду СДОР
- час викиду СДОР;
- ступінь захищеності людей (наявність захисних споруд , індивідуальних засобів захисту);
- топографічні умови місцевості і характер забудови на шляху розповсюдження хмари зараженого повітря (закрита чи відкрита місцевість);

- метеоумови;

швидкість і напрямок вітру в приземному шарі, температура повітря і ґрунту, ступінь вертикальної стійкості повітря.

Розрізняють три ступені вертикальної стійкості повітря :

- інверсію - при ній нижні шари повітря холодніші за верхні, що перешкоджає переміщенню його по вертикалі і створює оптимальні умови для збереження високих концентрацій отруйних речовин (виникає у вечірній і нічний час при тихій погоді і швидкості вітру до 4м/с);

- конвекцію - нижні шари повітря нагріті більше ніж верхні, що сприяє переміщенню повітря по вертикалі, а значить зменшенню її уражаючої дії Виникає вдень , при ясній погоді і швидкості вітру до 4м/с);

– ізотермію - температура повітря межах 20-30м від земної поверхні майже однакова (спостерігається в похмуру погоду, при опадах або при швидкості вітру більше 4м/с, а також як перехідний період від інверсії до конвекції навпаки) [26].

6.2.2. Оцінка хімічної обстановки

Оцінку хімічної обстановки можна проводити за формулами і таблицями складеними відповідно до основних видів СДОР [4].

В нашому випадку підприємство є небезпечним об'єктом третього ступеня по хімічній небезпеці, це означає, що зона зараження виходить за межі території об'єкту. В запасах даного об'єкту може бути нагромаджено до 150т соляної кислоти. Максимальний об'єм ємності становить 40т кислоти. Проведемо оцінку можливої хімічної обстановки в результаті руйнування 40-а тонної ємності соляної кислоти з чисельністю зміни 500 чоловік. На віддалі 1 км знаходиться житловий масив. Робітники і службовці протигазами забезпечені на 100%.

Метеорологічні умови:

Інверсія : швидкість вітру -1м/с ; $t=20^{\circ}\text{C}$; $A^{\circ}=270^{\circ}$.

Потрібно :

Оцінити хімічну обстановку, яка може скластися внаслідок аварії на час після аварії $N=1\text{ год}$;

Розв'язання:

Визначаємо глибину можливого зараження (Γ) і площу зараження (S) Визначаємо еквівалентну кількість речовини в первинній хмарі :

$$Q_1 = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_0 \quad (\text{т})$$

де $Q_0=40 \text{ (т)}$

K_1 - коефіцієнт, який залежить від умов зберігання СДОР [4], $K_1=0$

K_3 -коефіцієнт рівний відношенню порогової токсодози соляної кислоти до порогової дози інших СДОР, $K_3=0.3$;

K5-коефіцієнт, який враховує ступінь вертикальної стійкості повітря (інверсія=1);

K7-коефіцієнт, який враховує вплив температури повітря K7=1

Отже Q1=0

Визначаємо еквівалентну кількість речовини у вторинній хмарі :

$$Q_2 = (1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times Q_0 / h \times d \quad (т)$$

де K2 -коефіцієнт, який залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР , K2=0,021;

K4- коефіцієнт, який враховує швидкість вітру ;

K6 - коефіцієнт, який залежить від часу, що минув від початку аварії. K6=1,

при N=1

$$Q_2 = 4,2 \quad (т)$$

$$I_{O_i} = 4.2 \quad (т)."$$

Глибина зони зараження первиною (вторинною) хмарою визначається в залежності від еквівалентної кількості речовини і швидкості вітру.

Повна глибина зони зараження Γ_{Π} (км) визначається :

$$\Gamma_{\Pi} = \Gamma_1(2) + 0.5 \Gamma_2(1) \quad \text{км};$$

де $\Gamma_1(2)$ - найбільший із розмірів Γ_1 і Γ_2 .

$\Gamma_2(1)$ - найменший із розмірів Γ_1 і Γ_2 .

$$\Gamma_{\Pi} = 11,25 \text{ км}.$$

$$\Gamma_{\Pi} = N \times V, \quad N = 1 \text{ год} [4] \quad V = 5 \text{ км/год (при швидкості повітря 1 м/с);}$$

$$\Gamma_{\Pi} = 5 \text{ км};$$

Площа зони зараження.

Площа зони можливого зараження первиною (вторинною) хмарою визначається :

$$S_{\text{м}} = 8,72 \times 10^3 \times \Gamma_{\Pi}^2 \times \chi_f \quad (\text{км}^2)$$

де S_m -площа зони можливого зараження СДОР, км^2 ; Γ_p - глибина зони зараження, км F - кутові розміри зони можливого зараження, (град); при $v=1\text{м/с}$; $f=180^\circ$.

Для нашого прикладу:

$\Gamma_p=5\text{км}$, $V=1\text{м/с}$,

$S_m=0,00872 \times 52 \times 180=39,2(\text{км}^2)$

$S_m=39,2(\text{км}^2)$;

Площа фактичного зараження S_ϕ в км^2 розраховується за формулою

$$S_\phi = K_\epsilon \times \Gamma_n^2 \times N^{0,2}$$

K_ϵ - коефіцієнт який залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря: інверсія=0,081;

Тоді

$$S_\phi=0,081 \times 52 \times 10,2=2,025 (\text{км}^2).$$

Час підходу зараженого повітря до об'єкту залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком

$$T_n = L/v (\text{год});$$

де L - відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км ; v -швидкість переносу переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год ; $L=1 \text{ км}$, $v=5 \text{ км}$; $T_p=0,2(\text{год})=15(\text{хв})$.

Можливі втрати робітників, службовців і населення в районах хімічного зараження визначаються з використанням табл. 5 [4] в залежності від умов перебування і забезпеченості засобами індивідуального захисту.

Можливі втрати -4% , $P=500 \times 0,04=20$ осіб.

Орієнтовна структура втрат:

легкого ступення-25% (5 осіб);

середнього ступення-40 % (8 осіб);

з смертельними випадками-35% (7 осіб).

Зона можливого зараження хмарию СДОР обмежена півколом, який має кутові розміри f і радіус, рівний глибині зараження.

Зона можливого зараження має такий вигляд :

При швидкості вітру за прогнозом $v=0.6$ -м/с - півколо

$$A^0 = 270^0$$

$$f = 180^0$$

$$r=\Gamma$$

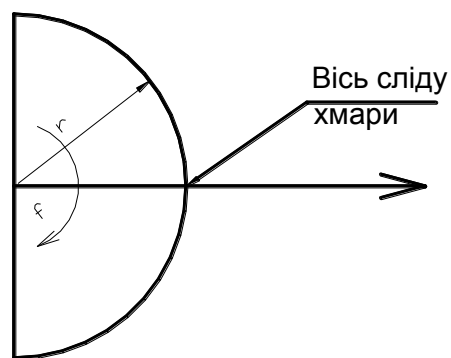


Рисунок 6.1 – Зона можливого зараження

Висновки

В кваліфікаційній роботі спроектовано автоматизовану ділянку для виготовлення котушок на базі намотувального напівавтомату, розроблено конструкції вібраційного бункера та лотка-транспортера, розроблено електричні схеми автоматизованої системи управління та контролю.

Впровадження результатів роботи приведе до:

збільшення продуктивності за рахунок підвищення рівня безперервності технологічного і виробничого циклів;

більш оптимального управління технологічними та виробничими процесами;

збільшення коефіцієнту завантаження обладнання, ліквідації простоїв;

скорочення обслуговуючого персоналу;

зменшення виробничих площ;

покращення якості продукції і зниження браку;

економії ресурсів, матеріалів та палива.

Перелік посилань

1. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
2. Головка Д.Б., Рего К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. Навч. посібник. - К.: Либідь, 2001. - 408 с.
3. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб./за ред. А.Г.Соскова. – К.: Каравела, 2004.- 432с.
4. Diahovchenko I., Kolcun M., Čonka Z., Savkiv V., Mykhailyshyn R. Progress and challenges in smart grids: Distributed generation, smart metering, energy storage and smart loads. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, 2020. Vol. 44. P. 1319-1333. <https://doi.org/10.1007/S40998-020-00322-8>.
5. Palamar A., Pettai E., Beldjajev V. Control System for a Diesel Generator and UPS Based Microgrid. *Scientific Journal of Riga Technical University. Power and Electrical Engineering*. 2010. Vol. 27. P. 47-52.
6. Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.
7. Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud computing technologies in “smart city” projects. In Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.

8. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies. Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, 2004. P. 1658–1662.
9. Development of Digital Platform to Identify and Monitor the Digital Business Transformation Index, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Dudkin, P., Dudkina, O., International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2020, 2, pp. 171–175, 9322016
10. Information technology to support the digital transformation of small and medium-sized businesses, Mosiy, L., Kozbur, H., Strutynska, I., Mosiy, O., Yatsyshyn, V. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3742, pp. 150–165
11. Analysis of the SMEs' Digitalization State Using HIT Index and Machine Learning Technique, Strutynska, I., Kozbur, H., Dmytrotsa, L., Kozbur, I., Gashchyn, N., Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, 2023, pp. 332–337
12. Working-Out of Recommendation System to Increase the Digital Maturity Level of Enterprises, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Hlado, O., Sorokivska, O., 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2020 - Proceedings, 2021, pp. 147–151, 9467978
13. The Unification of Approaches to Measuring the Digital Maturity of Business Structures (International and Domestic Approaches) / Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Melnyk, L., Sherstiuk, R., CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3013, pp. 10–23
14. Стухляк П.Д., Букетов А.В. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням. Тернопіль: Збруч, 2009. 237 с.

15. Ткачук Р., Яворський Б. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеною вірогідністю та ефективністю. *Вісник Тернопільського державного технічного університету*. 2009. №3. С. 102-110.
16. Юзків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. *Вісник ТДТУ*. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
17. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПП імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
18. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 344с.
19. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
20. Букетов А. В., Стухляк П. Д., Кальба Є. М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. Тернопіль: Збруч, 2005. 182 с.
21. Драган Я.П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. *Вісник нац. унів. "Львівська політехніка"*: зб. наук. пр. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2002. № 443. С. 200-205.
22. Коваль В. П., Івасечко Р. Р., Козак К. М. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2015. № 3. С. 2-10.

23. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
24. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
25. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
26. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
27. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
28. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с.
29. Медвідь В.Р., Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 354 с., ISBN 978-966-305-045-4, <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/20504>.
30. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>

31. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
32. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с.
33. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
34. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.
35. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
36. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 26с.

37. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 4. «Мікросхемотехніка» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 44с.
38. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с.<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
39. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
40. Розробка мікропроцесорної системи керування на основі мікропроцесорного комплекту КР580 та на основі ОМЕОМ К1816ВЕ51/ Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни "Електроніка і мікропроцесорна техніка" //Медвідь В.Р, Пісьціо В.П., Микулик П.М. Тернопіль: ТНТУ - 2016. 108 с.
41. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
42. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.Проць, О.Данилюк, В.Савків - ТДТУ. 2005. -264с.
43. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня

- «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : П.О. Марущак , Ю.Б. Капаціла , Р.І. Михайлишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 75 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26145>
44. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136/>.
45. Методичні рекомендації для практичних занять з курсу «Засади провадження наукової діяльності» / укл. : Дмитрів Олена Романівна, Рогатинський Роман Михайлович. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 112 с., <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44669>.