

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

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою АВП

К.Т.Н., доцент

_____О.К. Дідик

“ _____ ” 2023 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:
«Модернізація системи позиціонування робочого
органу фарбувального агрегату»
«Modernization of the positioning system of the operating
part of the dyeing unit»

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕС-20-3ск

спеціальності 141 «Енергетика та автоматика
аграрного комплексу»

_____Підкевич В.М.

« _____ » 2023 р.

Керівник роботи

доц, канд.техн.наук

_____Трушаков Д.В.

« _____ » 2023 р.

Рецензент _____

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Призначення та область застосування системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату в лінії нанесення лакофарбових покриттів.....	6
1.1 Загальна характеристика акціонерного товариства «Ельворті».....	6
1.1.1 Продукція, що випускається АТ «Ельворті».....	6
1.1.2 Структура управління АТ «Ельворті».....	7
1.2 Загальна характеристика процесу фарбування.....	9
1.2.1 Призначення і види покриттів.....	9
1.2.2 Види захисно-декоративних покриттів.....	9
1.2.3 Підготовка поверхонь до обробки.....	10
1.2.4 Способи затвердіння покриттів.....	11
1.3 Загальна характеристика процесу фарбування на АТ «Ельворті».....	13
2 Огляд існуючих рішень та обґрунтування прийнятого принципу побудови виробу.....	18
2.1 Огляд існуючих методів нанесення лакофарбових покриттів.....	18
2.1.1 Нанесення пневматичним розпиленням.....	18
2.1.2 Нанесення електростатичним розпиленням.....	19
2.1.3 Нанесення лакофарбових матеріалів вальцями.....	21
2.1.4 Нанесення лакофарбових матеріалів методом плоского наливу.....	21
2.1.5 Нанесення лакофарбових матеріалів методом занурення.....	22
2.1.6 Нанесення лакофарбових матеріалів методом протягання.....	23
2.1.7 Нанесення лакофарбових матеріалів методом струминного обливу з витримкою в парах розчинника.....	23
2.2 Огляд існуючих засобів виявлення руху об'єктів у просторі.....	24
2.2.1 Потенціометри.....	27
2.2.2 Індуктивні датчики.....	28
2.2.3 Ємнісні датчики.....	29
2.2.4 Цифрові датчики.....	30
2.2.5 Датчики, засновані на принципі поширення пружних хвиль.....	31

2.2.6 Датчики близькості.....	31
2.2.7 Оптичні датчики.....	32
2.3 Вимоги до засобів автоматичного регулювання систем.....	37
2.4. Аналіз існуючих засобів виявлення руху об'єктів у просторі.....	38
2.5 Вибір принципу побудови системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	40
3 Опис та обґрунтування обраних проектних рішень системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	42
3.1 Розробка структури системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	42
3.2 Розробка та опис схеми функціональної системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	43
3.3 Розробка схем електричних принципових реалізації системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	44
4 Розрахунки та експериментальні матеріали, що підтверджують працездатність виробу.....	48
4.1. Розрахунок трансформатора блока живлення мікроконтролера.....	48
4.2 Розрахунок випрямляча блока живлення мікроконтролера.....	51
4.3 Розрахунок надійності розроблюваної системи.....	53
4.4 Розрахунок точки встановлення фотобар'єра.....	57
5 Опис організації робіт, що пов'язані із застосуванням системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	59
5.1 Монтаж системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	59
5.2 Налагоджування системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	61
5.3 Експлуатація системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату.....	61
Висновки.....	62
Список літератури.....	64

ВСТУП

Пневморозпилення і електрофарбування є найбільш розповсюдженими в промисловості і доступними методами для механізації і автоматизації процесу як при проектуванні фарбувальних ділянок і цехів, так і при реконструкції існуючих.

При виконанні всіх стадій технології фарбувальних робіт необхідно отримувати покриття з найбільш повними захисними властивостями і максимальною довговічністю. При нанесенні захисно-декоративних покриттів одними з найбільш важливих факторів, що впливають на якість покриття, є температура поверхні, температура фарби, атмосферні умови під час фарбування. Нанесення лакофарбового покриття повинне виконуватися в нормальних атмосферних умовах.

Виконання всіх стадій технології фарбувальних робіт дозволяє одержати покриття з найбільш повними захисними властивостями і максимальною довговічністю.

Основною метою автоматичного фарбування є:

- покращення умов праці;
- підвищення продуктивності праці;
- економія лакофарбових матеріалів за рахунок ведення фарбування за розрахунковими оптимальними режимами;
- отримання найбільш якісного покриття;
- краща організація фарбувальних робіт.

Автоматизація процесів фарбування досягається застосуванням різноманітних засобів руху розпилювачів (пневматичних, електричних) і виробу, що фарбується, з автоматичним режимом роботи розпилювачів і механізмів і приладів, що використовуються при фарбуванні. Реконструкція фарбувальних цехів і застосування нових матеріалів дозволяє різко знизити втрати лаків, фарб, органічних розчинників, покращити якість покриття, покращити умови праці, а це доводить актуальність даної роботи.

В даній роботі розглядається можливість удосконалення організації процесу фарбування на прикладі фарбувальної ділянки АТ «Ельворті» шляхом створення системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату з метою зменшення витрат лакофарбового матеріалу та покращення умов праці обслуговуючого персоналу.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРА ФАРБУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ В ЛІНІЇ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТЬ

1.1 Загальна характеристика відкритого акціонерного товариства «Ельворті»

1.1.1 Продукція, що випускається АТ «Ельворті»

АТ «Ельворті» спеціалізується по випуску сільськогосподарської техніки, зокрема сівалок, культиваторів, навантажувачів. Сівалки підрозділяються на зернові, кукурудзяні, бурячні. Призначено сівалки для посіву насіння зернових культур (пшениця, жито, ячмінь, овес), бобових культур (горох, квасоля, соя, сочевиця, боби, нут, люпин), льону, гречки, проса, сорго. Агрегуються сівалки тракторами. Висів здійснюється електромагнітними дозаторами.

Завод випускає наступні сівалки:

- зернотукові: 33-3, 6А, 33-5,4;
- зернотукотрав'яні: -33Т, -3,6А;
- сівалки кінні: СКК-12, СКК-12-01, СКК-12-02.
- кукурудзяні сівалки: СУПН-12А, СУПН-8А, СУПН-8-01.
- сівалка соєва ССН-5,8А.
- бурячні сівалки: ССТ-12В, УПС-12, ССТ-18В, 3-4,2.

Новий клас посівної техніки: сівалка зернотукова 33-5,4, сівалка пневмонічна бурячна УПС-18. Новітня сівалка УЯПС-12, сівалка зернотукова стерньова СТС-2,1 призначена для рядкового посіву трав і зернових культур по стерньових тлах. Так само АТ «Ельворті» випускає: культиватор суцільної обробки ґрунту КПСН(П)-4, культиватор начіпний для високостблевих культур КРНВ-5,6 культиватор навісний просапний КА-4,2, культиватор суцільної обробки ґрунту КСН-1,6. «Ельворті» випускає наступні товари народного споживання: верстат свердлильний настільний СС-3, коренерізку ручну, ємкості металеві, садово-городній інструмент, візки садові одноколісні, вулики лежаки,

пральні машини “Зірочка”, пілососи “Інгул”, причеви вантажні, лічильники газу ротаційні, панелі дверей автомобілів, автоприладдя, автозапчастини, санки, комплекти меблів “Відпочинок”, цебра, тази, квіткові комплекти, сувенірні шахи.

1.1.2 Структура управління АТ «Ельворті»

До складу об’єднання «Ельворті» по сівалках входить завод “Просапних машин”. Завод складається з 21 цеху: 6 механоскладальних, 7 заготівельних, 8 допоміжних і 35 відділів. За останніми даними на заводі працює 3184 чоловік. В кращі роки на заводі працювало близько 15 тис. чол.

АТ «Ельворті» очолено головою правління – генеральним директором, містить тринадцять основних структурних підрозділів, підпорядкованих заступникам голови правління: технічному директору, директору з виробництва та закупок, директору з фінансів та економіки, заступнику генерального директора з якості, помічнику генерального директора з кадрових питань. Структура управління АТ «Ельворті» наступна:

1) заступнику технічного директора з питань переоснащення підпорядковуються: відділ будівництва і експлуатації основних засобів (ВБЕ ОЗ); ремонтно-будівельний цех (РБЦ № 13); цех ремонту технологічного обладнання та виготовлення нестандартного устаткування (цех № 111); пожежна охорона (ПО); відділ головного енергетика (ВГЕ); енергоцех (цех № 114); відділ головного механіка (ВГМех);

2) заступнику технічного директора з питань розвитку і підготовки виробництва підпорядковуються: інструментальний цех (цех № 112); інструментальне бюро (ІНБ); технічне управління (ТУ);

3) заступнику технічного директора з інновацій підпорядковується відділ комп’ютерних технологій і систем управління (ВКТСУ);

4) генеральний конструктор керує спеціальним конструкторським бюро;

5) технічному директору підпорядкований відділ системи якості і стандартизації (ВСЯІС);

6) технічному директору підпорядковане бюро охорони навколишнього середовища (БОНС);

7) технічному директору підпорядкований відділ охорони праці (ВОП);

8) директору з виробництва та закупок підпорядковуються: відділ матеріально-технічного забезпечення (ВМТЗ); відділ зовнішньої кооперації (ВЗК); виробничо-диспетчерський відділ (ВДВ); механоскладальний цех (МСЦ № 1); механоскладальний цех (МСЦ № 3); механоскладальний цех (МСЦ № 18); механоскладальний цех (МСЦ № 24); механоскладальний цех (МСЦ № 26); заготовно-пресовий цех (ЗПЦ №23); автотранспортний цех (АТЦ № 116); ковальсько-пресовий цех (КПЦ №6); ливарний цех (цех № 8); метизний цех (цех № 10); залізнична дільниця (дільниця № 117);

9) технічному директору підпорядкований відділ зв'язку (ВЗ);

10) директору з фінансів та економіки підпорядковуються: головна бухгалтерія; відділ організації оплати праці (ВООП); відділ економічного планування і аналізу господарської діяльності (ВЕПАГД); фінансовий відділ (ФВ); юридичний відділ (ЮВ);

11) заступнику генерального директора з якості підпорядковуються: відділ технічного контролю (ВТК); центральна заводська лабораторія (ЦЗЛ); відділ головного метролога (ВГМетро);

12) помічнику генерального директора з кадрових питань підпорядковуються: відділ кадрів (ВК); учбовий центр (УЦ); музей заводу (МЗ); медико-санітарна частина (МСЧ);

13) технічному директору підпорядкований відділ маркетингу і зовнішніх зв'язків (ВМЗЗ).

Окремим структурним підрозділом, підпорядкованим голові правління, виступають служба безпеки (СБ), відділ охорони (ВО), режимно-секретний відділ (РСВ) та референт голови правління.

1.2 Загальна характеристика процесу фарбування

1.2.1 Призначення і види покриттів

Покриття виконується з метою додання поверхням захисних і декоративних властивостей. Воно може бути прозорим, непрозорим, імітаційним, спеціальним [1].

Прозоре покриття являє собою нанесення на поверхню, що обробляється, лакофарбових матеріалів (ЛФМ), з метою її захисту чи більше проявлення текстури матеріалу.

Непрозоре покриття полягає в нанесенні на поверхню, що обробляється, пігментованих лакофарбових матеріалів (фарб, емалей), що цілком ховають текстуру і колір матеріалу, що обробляється.

Імітаційне покриття являє собою спосіб створення декоративного покриття методом глибокого фарбування, нанесення малюнка текстури на поверхню, що обробляється, впресовування на основу плівок з надрукованою на них текстурою.

1.2.2 Види захисно-декоративних покриттів

Експлуатаційні властивості покриттів визначаються в основному властивостями застосовуваних матеріалів. В залежності від виду матеріалів і технології обробки розрізняють покриття лакофарбові, плівкові і комбіновані, тобто з використанням плівки і лакофарбового матеріалу.

За декоративними властивостями розрізняють покриття прозорі і непрозорі, тобто ті, що маскують колір і будову поверхні, що обробляється. Формують покриття методом послідовного нанесення на поверхню різних матеріалів.

Захисно-декоративні покриття (ГСТ 13-27-82) на виробах з деревини і деревних матеріалів, експлуатованих у закритих опалювальних приміщеннях при відсутності агресивних середовищ, класифікують по різних ознаках [4, 5].

В залежності від роду основного плівкоутворювального матеріалу лакофарбові покриття поділяються на сім груп: поліефірні (ПЕ), поліуретанові (УР), меламінні (МЛ), поліакрилові (АК), мочевинові (МЧ), нітроцелюлозні (НЦ),

пентафталеві (ПФ). В залежності від показників зовнішнього вигляду групи лакофарбових покриттів підрозділяються на дві підгрупи: А - покриття з відкритими порами і Б - покриття з закритими порами, у тому числі непрозорі. Група покриттів, утворена матеріалами на основі просочених паперів, в залежності від застосовуваного просочувального матеріалу і покривного лаку поділяється на три підгрупи: А -меламіноформальдегідні і меламінокарбамідоформальдегідні, карбамідоформальдегідні і їхні модифікації, поліефірні; Б и В - карбамідоформальдегідні модифіковані з лаковим покриттям.

1.2.3 Підготовка поверхонь до обробки

Призначені для обробки поверхні повинні бути рівними і гладкими. Для отримання таких поверхонь необхідна ретельна попередня їхня підготовка.

Фарбування здійснюють протравленнями, барвниками і пігментами: вручну (тампоном, кистю), зануренням, пневматичним розпиленням, розпиленням при підвищеному тиску (“сухе”), вальцювим способом.

При підборі кольору і тону фарбування поверхні готують розчини вихідних барвників, при необхідності їх змішують і ведуть спробне фарбування зразків.

Грунтувальні суміші наносять вручну кистю чи тампоном, пневматичним розпиленням, вальцювими верстатами, обливом, зануренням. Вручну, тобто кистю і тампоном, суміші наносять при ремонті виробів і індивідуальному чи дрібносерійному виробництві. Пнеморозпилювання використовують при обробці деталей і виробів ґратчастої форми, виробів у зібраному вигляді і з фасонними поверхнями. При обробці щитових деталей ґрунтовку наносять лаконаливними машинами типу ЛМ-3, ЛМ-140 чи вальцювими верстатами типу ВЩ-9, ВЩ-14 з дозуючими пристроями при швидкості подачі до 30 м/хв. Найбільш продуктивний і економічний метод – вальцювий [6].

Після ґрунтування поверхні сушать і шліфують. Для шліфування використовують стрічково-шліфувальні, вібраційні і щіткові верстати.

Власне процес нанесення лакофарбового покриття може здійснюватись кількома методами: пневматичним розпилюванням, електростатичним

розпилюванням, нанесенням лакофарбових матеріалів вальцями, методом плоского наливу, методом занурення, методом протягання, методом струминного обливу з витримкою в парах розчинника.

1.2.4 Способи затвердіння покриттів

Після нанесення на поверхню рідкий ЛФМ перетворюється у тверду лакофарбову плівку. Затвердіння відбувається в результаті випару розчинників (спиртові, нітроцелюлозні, акрилові лаки), в результаті реакції окислювання (масляні лаки), за рахунок реакцій полімеризації чи конденсації, або за рахунок випару розчинників з одночасним хімічним перетворенням [4,5].

Швидкість затвердіння покриттів залежить від виду ЛФМ, товщини покриття, температури і способу сушіння й інших факторів, а ступінь висихання – від твердості покриття і визначається трьома стадіями.

Розрізняють сушіння природне, при температурі повітря 18 – 23 °С, і гарячу. Тривалість останнього в порівнянні з природним зменшується в 5 – 6 і більш разів.

Інтенсифікація затвердіння покриттів має велике значення для організації процесу на автоматичних лініях, при великих обсягах виробництва. При малих обсягах виробництва застосування інтенсивних методів затвердіння лакофарбових покриттів економічно не виправдано.

Існують наступні види гарячого сушіння: з конвективним і терморадіаційним нагріванням і з попереднім акумулюванням тепла.

Конвективний нагрів здійснюється теплим повітрям (40 – 80 °С). Нітролакові покриття сушать при температурі 40 – 60 °С, безпарафінові поліефірні – при 60 – 80 °С. При більш високій температурі на поверхні з'являються пухирі, зморщування плівки.

Процес висихання починається на поверхні покриття. Тверда плівка, що утвориться зверху, перешкоджає вільному видаленню парів розчинників, що знаходяться в нижчих шарах. Це збільшує час сушіння і погіршує якість плівки, оскільки на її поверхні утворюються пухирі і кратери. Тому сушіння ведеться

ступінчасто: у початковий період, тобто при інтенсивному випарюванні розчинника, при зниженій температурі, а потім при підвищеній.

Терморадіаційний нагрів заснований на здатності лакофарбового матеріалу пропускати інфрачервоні промені визначеної довжини. В результаті їхнього поглинання підкладка нагрівається. У цьому випадку напрямок потоку тепла збігається з напрямком руху летучих речовин ЛФМ, в результаті чого скорочується тривалість сушіння і поліпшується якість покриття.

Для сушіння застосовують інфрачервоні промені з довжиною хвилі 0,75 – 8 мкм. Краща проникна здатність їх спостерігається при довжині хвилі 1 – 4 мкм, тобто при температурі нагрівача 450 °С и вище. Як джерело тепла застосовуються частіше трубчасті електронагрівники, рідше – електролампи і панелі, що обігріваються.

Фотохімічне затвердіння поліефірних покриттів ультрафіолетовими променями (УФ) є одним з найбільш ефективних способів. Для опромінення покриттів використовують хвилі довжиною 320 – 400 нм (ультрафіолетові). Молекули, що поглинають енергію ультрафіолетових променів, стрибкоподібно переходять у електронно-збуджений стан і стають більш реакційно-здатними. Швидкість полімеризації залежить від інтенсивності ультрафіолетового випромінювання.

Щоб підвищити чутливість поліефірного лаку до ультрафіолетового випромінювання, в нього вводять сенсibilізатор, який в реакції сополімеризації не бере участі, але служить для переносу поглиненої ним енергії на молекули реагуючих компонентів. Він інтенсивніше, ніж ненасичені смоли, поглинає світло в ультрафіолетовій області [3].

Використовуваний при обробці лак, що містить парафін, спочатку повинен повільно полімеризуватися, щоб на поверхні покриття утворився суцільний захисний шар парафіну. Тому покриття опромінюють спочатку лампами низького тиску (люмінесцентними), а потім високого (ртутно-кварцовими), з більш високою потужністю. Після сушіння поверхні можна шліфувати і полірувати відразу, без витримки.

Поліефірні лаки, що містять парафін, стали замінятися безпарафіновими. Поверхні, оброблені безпарафіновими поліефірними матеріалами, опромінюють

ультрафіолетовими лампами високого тиску (ДРТ-12000) потужністю 1-12 кВт. Такі покриття після сушіння не вимагають облагороджування. Зі збільшенням потужності ультрафіолетового опромінювання процес затвердіння прискорюється, але є небезпека перегріву покриття. Тому широко використовується імпульсне ультрафіолетове опромінювання, при якому енергія підводиться короткими імпульсами тривалістю близько 0,001 с (1Ст-метод). Тривалість затвердіння складає кілька десятків секунд.

1.3 Загальна характеристика процесу фарбування на АТ «Ельворті»

На АТ «Ельворті» операції технологічного процесу фарбування здійснюються у відповідності з інструкціями по виконанню фарбувальних робіт (№ 25049415.25273.00001), інструкціями по техніці безпеки для малярів (ІТБ №12), технологічних інструкцій по приготуванню розчину зі “Знежирювачем КХ-К” (ТІ № 329-03/8-06), технологічних інструкцій по приготуванню двокомпонентних ЛФМ (ТІ №329-01/8-06), технологічних інструкцій по експлуатації установки “AIRMIX” [8].

Згідно вищевказаним інструкціям деталі, складальні одиниці транспортуються за допомогою крана-балки вантажопідйомністю 3 т на ділянку фарбування, оглядаються маляром, зачищаються від іржі та окала, обметаються мітелкою.

Наступним етапом є ізолювання поверхонь деталей чи складальних одиниць, які не підлягають фарбуванню відповідно до креслення та завантаження їх на дротяні підвіски і пристосування конвеєра (вручну – малогабаритні, крупногабаритні – за допомогою вантажопідйомних механізмів). Далі відбувається знежирювання деталі струменевим способом на агрегаті хімічної підготовки поверхні (тиск потоку суміші 0,25 – 0,3 МПа, температура 20 – 25 °С впродовж 3 – 6 хвилин) та промивання поверхонь від надлишків миючого розчину (рівень тиску потоку суміші та температура ті ж, тривалість полоскання 1 – 3 хвилини).

Наступним етапом є сушіння поверхонь деталей і складальних одиниць конвективним способом при температурі 90 ± 10 °С впродовж 10 хвилин в

спеціальній камері, охолодження в камері охолодження до температури 40 °C впродовж 15 хвилин та контроль знежирювання.

Паралельно в пристрої змішування PU-220 готується суміш двокомпонентного ґрунту АК-0306, причому згідно технологічної інструкції змішування рідкої суміші здійснюється впродовж робочої зміни кожну годину. Готова суміш ґрунту транспортується з відділення приготування ручним візком на пост нанесення ґрунту.

У розпилювальній камері за допомогою фарборозпилювача АВ-17G наноситься ґрунтовка методом пневматичного розпилювання на поверхню від низу рамної конструкції чи підвіски з деталями до середини вузла на першому рівні розпилювальної камери, а потім – від середини рамної конструкції чи підвіски з деталями до кінця виробу на другому рівні першого посту. На наступному етапі наноситься ґрунт на поверхню вузла від низу рамної конструкції чи підвіски з деталями до середини вузла на першому рівні другого посту розпилювальної камери, а потім – від середини рамної конструкції чи підвіски з деталями до кінця виробу на другому рівні другого посту.

Під час планової перерви в роботі маляр обов'язково повинен зняти сопла – продуктове і повітряне – помістити у ємкість з розчинником.

Наступним кроком є сушіння поверхонь ґрунтованих деталей і складальних одиниць конвективним способом в сушильній камері при температурі 110 – 120 °C впродовж 30 – 40 хвилин з наступним охолодженням в охолоджувальній камері до температури 40 °C по ходу руху конвеєра.

Після вказаних операцій оператор підготовлює установку фарбування в електропідлозі "AIRLESS" з фарборозпилювачем MIK 6600 до роботи, а саме:

- під'єднується до магістралі стиснутого повітря;
- під'єднує кабель пістолета до блока;
- вмикає блок керування і дає витримку 3 хвилини для виходу пульта на режим;
- знімає ємкість з розчинником з ручного возика, ставить її біля установки і занурює шланги в ємкість;
- знімає ємкість з емаллю з ручного візка, встановлюючи її біля насоса;

- замінює ємкість з розчинником на ємкість з емаллю, дістає шланги з ємкості з розчинником, одягає капроновий фільтр на забірний шланг насоса, занурює шланги в ємкість з емаллю;

- закриває кран циркуляції на установці і натискає важіль пістолета, утримуючи його до тих пір, доки не піде емаль, відрегульовує тиск 3 – 4 атм.

Вказані операції оператор фарбувальної ділянки повторює для другої установки першого поста та для двох установок другого поста камери.

Далі відбувається процес фарбування, оператор виконує наступні дії:

- вручну приєднує заземлення до вузла або підвіски з деталями від фарборозпилювача першого рівня першого посту;

- наноситься емаль методом електрофарбування на поверхню від низу рамної конструкції чи підвіски з вузлами (детелями) до середини вузла чи підвіски на першому рівні розпилювальної камери;

- вручну від'єднує заземлення;

- вручну приєднує заземлення до вузла або підвіски з деталями від фарборозпилювача другого рівня першого посту;

- наноситься емаль методом електрофарбування на поверхню від середини рамної конструкції чи підвіски з вузлами (детелями) до кінця виробу на другому рівні першого поста;

- вручну від'єднує заземлення;

- вручну приєднує заземлення до вузла або підвіски з деталями від фарборозпилювача першого рівня другого посту;

- наноситься емаль методом електрофарбування на поверхню від низу рамної конструкції чи підвіски з вузлами (детелями) до середини на першому рівні другого поста розпилювальної камери;

- вручну від'єднує заземлення;

- вручну приєднує заземлення до вузла або підвіски з деталями від фарборозпилювача другого рівня другого посту;

- наноситься емаль методом електрофарбування на поверхню від середини рамної конструкції чи підвіски з вузлами (деталлями) до кінця виробу на другому рівні другого поста;

- вручну від'єднує заземлення.

Під час планової перерви в роботі маляр обов'язково повинен зняти сопла – продуктове і повітряне – помістити у ємкість з розчинником.

По завершенню роботи оператор повинен виконати наступні дії:

- зменшити робочий тиск до 1 атмосфери, убрати подачу повітря на пістолет, відкрити зливний кран і злити фарбу з шлангів під час повільної роботи насоса, зняти сопла з фарборозпилювача і покласти в ємкість з розчинником;

- встановити біля насоса ємкості з розчинником для відходів, переставити всмоктувальний і зливний шланги з ємкості з ЛФМ в ємкість з розчинником, дочекатися, доки вихід розчинника буде рівномірним, закрити зливний кран, потім направити пістолет в ємкість з ЛФМ і утримувати доки не піде розчинник;

- викрутити пневморегулятор на пістолеті до кінця і закрити клапан, що подає повітря, натиснути на спусковий гачок, щоб послабити тиск в шлангах (насос і шланги повинні бути наповнені розчинником при атмосферному тиску);

- залишки емалі і відходи розчинника транспортувати на ручному візку до фарбоготувального відділення та злити в ємкість для відходів;

- аналогічні міромриємства провести для другої установки першого посту та для першої і другої установок другого посту.

Наступним кроком є сушіння поверхонь пофарбованих деталей, складальних одиниць конвективним способом при температурі 110 – 120 °С впродовж 30 – 40 хвилин та охолодження поверхонь до 40 °С впродовж 10 – 20 хвилин по ходу руху конвеєра.

Після цього пофарбовані деталі, складальні одиниці знімаються з підвісок конвеєра: вручну – малогабаритні і вкладаються в спеціальні пристосування, за допомогою вантажопідйомних механізмів – крупногабаритні і вкладаються в штабеля. Крім того, в разі необхідності, маляр зачищає патьоки, вирівнює шліфувальною шкуркою пошкоджені місця, протирає ганчіркою, змоченою у

розчиннику, зачищені і не пофарбовані поверхні та підфарбовує їх. Також видаляє ізоляційний шар покриття з ділянок, які не підлягали фарбуванню, видаляє змазку, протираючи ганчіркою, змоченою у розчиннику, наносить маркування, згідно креслення.

На наступному етапі пофарбовані поверхні деталей та складальних одиниць висушуються в звичайних умовах впродовж шести годин, після чого транспортуються на ділянку збирання, упакування, на склад.

Проаналізувавши порядок виконання операцій при фарбуванні деталей і складальних одиниць, які здійснюються в ході технологічного процесу фарбування пневматичним розпиленням на АТ «Ельворті», можна прийти до висновку, що значна кількість операцій здійснюється безпосередньо вручну оператором фарбувальної ділянки. Зокрема – це транспортування заготовок, лакофарбових матеріалів, розчинників на ділянку ручним візком, протирання хімічним розчином поверхонь при наявності іржі, завантаження чи підв'язування деталей до кріпильних пристосувань конвеєра, змішування двокомпонентних фарбувальних сумішей – ґрунтовок і емалей та їх транспортування і т.д.

Наявність вказаних операцій, виконуваних вручну, викликана складністю пристосування в даних технологічних умовах засобів автоматизації, економічною недоцільністю їх впровадження. Однак, деякі операції доцільно було б автоматизувати. Зокрема, це стосується можливої автоматизації вмикання фарбувального агрегату при наявності на кріпильних пристосуваннях конвеєра деталей, складальних одиниць. Це дасть можливість покращити умови праці маляра, вивільнивши його від виконання вказаної операції та зменшивши концентрацію уваги при відслідковуванні моменту вмикання агрегату при наявності деталей, а також в певній мірі зменшити витрату лакофарбового матеріалу, виключивши таким чином несинхронне з появою деталей вмикання агрегату.

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ ВИРОБУ

2.1 Огляд існуючих методів нанесення лакофарбових покриттів

2.1.1 Нанесення пневматичним розпиленням

Сутність пневматичного розпилення полягає в тому, що в результаті дроблення рідини струменем стиснутого повітря ЛФМ переходить у стан аерозолю, аерозольні частки рухаються в напрямку повітряного середовища і на поверхні, що обробляється, зливаються в суцільний шар. Розпилення матеріалу відбувається у форсунці, що є основною частиною розпилювачів. Швидкість повітряного струменя на виході з форсунки повинна складати 300 - 450 м/с, тиск повітря в залежності від конструкції лакорозпилювача 0,25 - 0,55 МПа. Оптимальне значення в'язкості ЛФМ - 25 - 35 с по ВЗ-4, розмір аерозольних часток при цьому складає 6 - 80 мкм. Розрізняють форсунки з повітряним і матеріальним соплом [6].

Методом розпилення ЛФМ найчастіше наносять вручну, використовуючи фарборозпилювачі марок КРП-3, КР-20, КР-20, ЗІЛ, З-765 і ін. Процес виконують у розпилювальних кабінах, що повинні забезпечувати повне очищення забрудненого повітря від лакофарбового пилу, максимальне видалення парів, що утворюються, і аерозолі з зони фарбування, пожежебезпечність. Обробку деталей методом розпилення виконують у розпилювальних кабінах. Кабіни служать також для збору й відсмоктування летучих елементів, що утворюються у вигляді туману. За способом подачі виробів розпилювальні кабіни бувають тупикові і прохідні. У тупикові кабіни вироби подають і вивантажують через той самий проїм, а в прохідних – вироби подають в один проїм, а вивантажують з іншого.

На рис. 2.1[3] показана розпилювальна камера для обробки виробів середніх розмірів. Під час роботи повітря з лакофарбовим туманом проходить спочатку через фарбовловлювальні ґрати, а потім через камеру з гідрофільтром із двох водяних завіс, де очищується від лакофарбового пилу і частково від

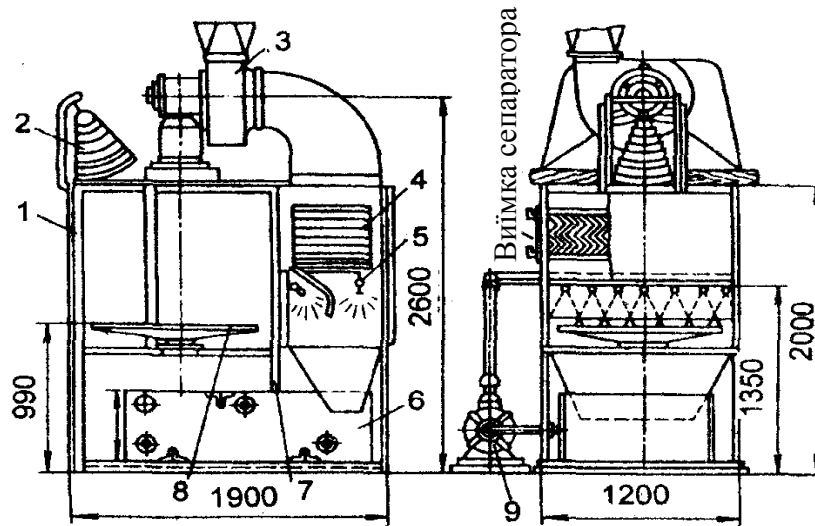


Рисунок 2.1 - Розпилювальна камера для обробки виробів середніх розмірів:

- 1 - каркас; 2 - світильник; 3 - вентилятор; 4 - сепаратор; 5 - гідро фільтр;
6 - ванна; 7 - ґрати; 8 - поворотний стояк; 9 - насос

розчинників. Далі повітря проходить через сепаратор, що складається з набору металевих пластин. Тут воно звільняється від надлишку вологи, що стікає у ванну, а потім надходить у систему витяжної вентиляції і викидається в атмосферу. У ванну стікає і вода, що випливає з форсунок гідрофільтра. Після відстою вода знову надходить у гідрофільтр.

Розпилення підігрітих лаків має ряд переваг у порівнянні з розпиленням холодних лаків: поліпшується розтікання лаків з більшою в'язкістю, зменшується утворення патьоків на вертикальних поверхнях, тобто лаки можна наносити більш товстим шаром, а це дає можливість заощаджувати розчинники і збільшувати продуктивність праці. Для підігріву лакофарбових матеріалів існують установки УГО-2МВ, УГО-4М і ін. Вони забезпечують температуру ЛФМ на виході з розпилювача 70 - 75 °С.

2.1.2 Нанесення електростатичним розпиленням

Електростатичне розпилення відбувається одночасно з доданням аерозольним часткам негативного заряду, унаслідок чого вони притягаються й осаджуються на позитивно заряджений виріб [3]. Цей метод використовується для обробки виробів складної форми, ґратчастих конструкцій. Продуктивність його

висока, втрати ЛФМ мінімальні. При використанні стаціонарних установок

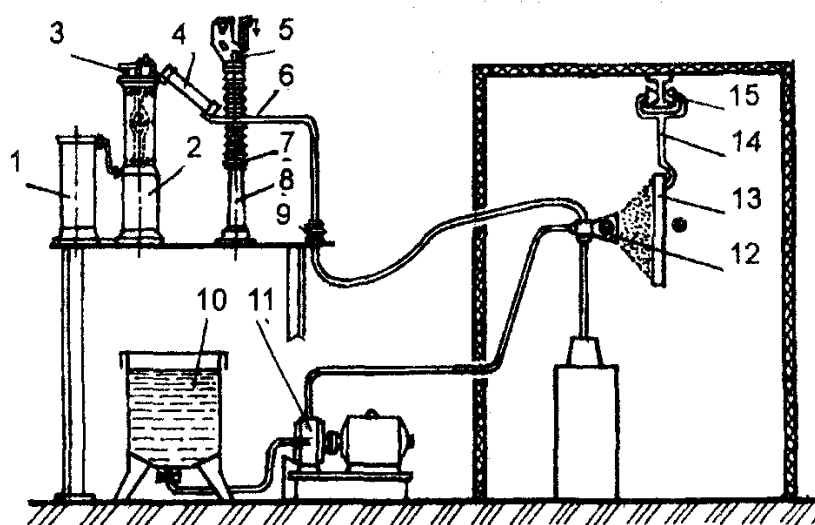


Рисунок 2.2 - Схема установки з високовольтним випрямлячем для обробки виробів в електростатичному полі високої напруги:

- 1 - високовольтний трансформатор; 2 - трансформатор накаливання кенотрона;
3 - кенотрон; 4 - обмежувальний опір; 5 - автоматичний розрядник; 6 - шинопровод;
7, 9 - ізолятори; 8 - стійка авторозрядника; 10 - бак з лакофарбовим матеріалом;
11 - дозатор; 12 - розпилювач; 13 - виріб; 14 - підвіска; 15 - ланцюговий конвеєр

процес майже цілком автоматизований. Санітарно-гігієнічні умови праці добрі.

Розпилення ЛФМ при електрофарбуванні можливо пневматичним, гідравлічним, відцентровим і електростатичним способами. Останній спосіб здійснюється в постійному електричному полі високої напруги (50 - 140 кВ), а виріб при цьому заземлюють. При електрофарбуванні відбуваються наступні електрофізичні процеси: зарядка ЛФМ, його розпилення, утворення факела, рух крапель рідини до виробу, осадження їх на виробі. Принципова схема електрофарбувальної установки з високовольтним випрямлячем показана на рис. 2.2.

Метод нанесення ЛФМ в електричному полі дозволяє зменшити витрату матеріалів до 50 % у порівнянні з пневматичним розпиленням. До недоліків даного способу відноситься обмежений асортимент застосовуваних ЛФМ, не завжди рівномірне їхнє нанесення на всі поверхні виробу, що обробляється, складність і висока вартість апаратури і обслуговування.

2.1.3 Нанесення лакофарбових матеріалів вальцями

Нанесення виконують за один чи кілька проходів в залежності від необхідної товщини покриття, з однієї чи з двох сторін. ЛФМ наноситься на поверхню за допомогою обертового вальця. Матеріал попадає на валець, що

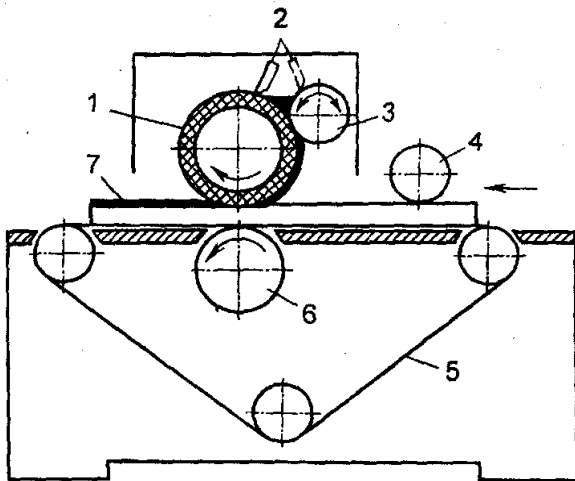


Рисунок 2.3 - Схема вальцевого верстата, що наносить ЛФМ:

- 1 - валець, що наносить фарбу;
- 2 - ракель; 3 - дозуючий валець;
- 4 - притискний ролик;
- 5 - стрічковий конвеєр;
- 6 - приводний валець; 7 - шар лакофарбового матеріалу на поверхні деталі, що обробляється

наносить, з ванни за допомогою живильного і дозуючого вальців чи з проміжку між дозуючим і тим, що наносить вальцями. Принципова схема роботи вальцевого верстата показана на рис. 2.3.

По конструкції верстата бувають різними. Вальцевим методом можна наносити барвники, ґрунтовки, шпаклівки, лаки, друковані малюнки. Для фарбування щитів застосовують верстати марок КЩ, КЩ-9, для нанесення ґрунтовок, шпаклівок і лаків – вітчизняні верстати МЛН1.03, ВЩ9-1, ОД-58, ШПЩ-9, а також імпорتنі.

Перевагами вальцевого методу є висока продуктивність, незначні втрати матеріалу, можливість нанесення матеріалів різної в'язкості, дуже тонких шарів, а також достатньо легка можливість вбудовування верстатів в автоматичні лінії.

2.1.4 Нанесення лакофарбових матеріалів методом плоского наливу

Плоский налив отримав широке поширення, тому що він забезпечує високу продуктивність. За одну операцію можна нанести велику кількість матеріалу при порівняно високій в'язкості, тобто з малою витратою розчинників. Метод наливу має невеликі втрати ЛФМ, щоправда, він не забезпечує нанесення малих витрат лаку за один прохід (менш 90 г/м²), а при вбудовуванні

лаконаливних машин у лінії потрібне застосування спеціальних систем для розгону і гальмування деталей, оскільки швидкість у машині вище, ніж у лінії.

Сутність нанесення ЛФМ методом наливу полягає в тому, що покладені на конвеєр, що рухається, плоскі деталі проходять через завісу рідкого матеріалу, що випливає з наливної голівки (рис. 2.4).

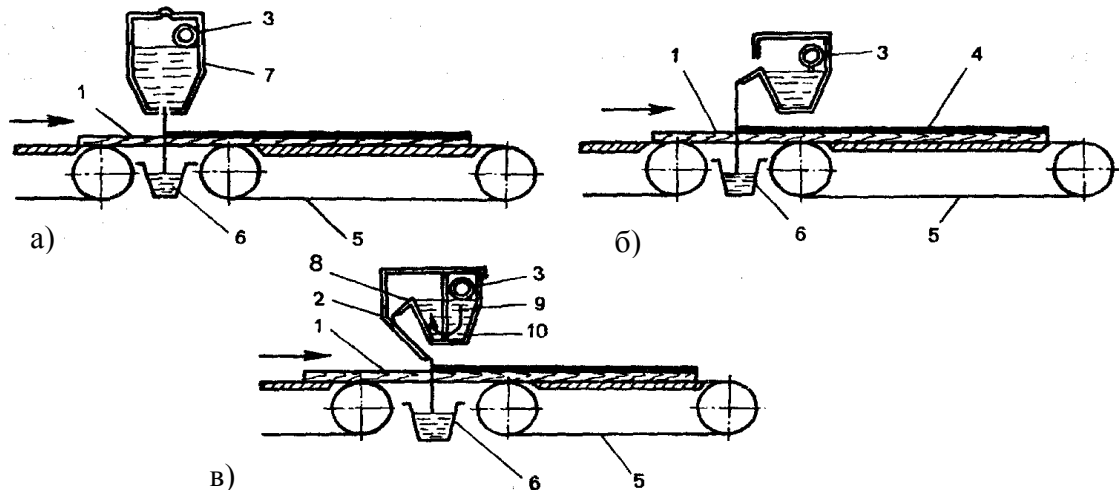


Рисунок 2.4 - Схема утворення завіс фарбувального матеріалу:

а - витікання з донної щілини; б - переливання через зливальну греблю;

в - переливання зі зливальної греблі зі стіканням з екрана;

1 - деталь; 2 - екран; 3 - лакоподаюча труба; 4 - покриття; 5 - конвеєр;

6 - лоток; 7 - корпус голівки; 8 - зливальна гребля; 9 - перегородка; 10 - фільтр

Способом наливу можна наносити однокомпонентні і двокомпонентні лакофарбові матеріали, а також і водно-дисперсійні. Для фарбування пластин щитів застосовують машини типів ЛМ-3, ЛМ-140-1, ЛМ-80-1, для фарбування крайок - ЛМК-1 (двоголівочна) і ін.

2.1.5 Нанесення лакофарбових матеріалів методом занурення

Занурення застосовують для обробки деталей обтічної форми. Деталі чи вироби занурюють у ванну з ЛФМ, потім витягають з неї, витримують до стікання надлишків лаку чи фарби і сушать. На товщину і рівномірність лакового покриття впливають різні фактори. Товщина покриття тим більше, чим вище в'язкість лаку, вміст нелетучих, швидкість випару розчинників і витягування з ванни і чим менше щільність лаку [3].

Метод занурення продуктивний, ЛФМ використовуються ощадливо, добре піддається механізації й автоматизації. Його недолік – нерівномірне по товщині покриття по всій довжині деталі, тому що з верхньої частини деталі стікає більше лаку, чим з нижньої. Зі збільшенням швидкості витягування збільшується нерівномірність покриття по довжині деталі.

2.1.6 Нанесення лакофарбових матеріалів методом протягання

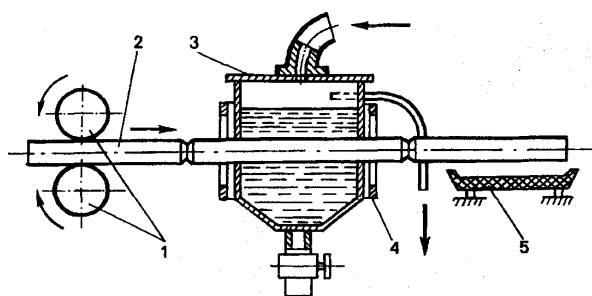


Рисунок 2.5 - Схема установки для нанесення лакофарбових матеріалів методом протягання:

- 1 - вальці, що подають ; 2 - деталь;
3 - ванна; 4 - філь'єра; 5 - стрічковий конвеєр сушильної камери

Протягання (екструзію)

використовують для нанесення ЛФМ на деталі постійного перерізу. Деталь проходить через закриту камеру з ЛФМ крізь гумові шайби (філь'єри), що обжимають деталь і не дають лаку випливати з камери (рис. 2.5). Деталі повинні подаватися торець в торець, без зупинки. Лаки повинні мати високу в'язкість – близько 300 - 350 з по ВЗ-4.

Так як лаки з такою в'язкістю не випускаються, на практиці застосовують нітролаки НЦ-218, НЦ-223, попередньо випаривши з них розчинник. Кількість лаку, що наноситься регулюють твердістю філь'єри і ступенем обтиснення деталей. Спосіб протягання простий, продуктивний, майже цілком автоматизований, при цьому способі зовсім малі втрати лаку, але ним можна обробляти практично тільки круглі і шестигранні в перерізі деталі.

2.1.7 Нанесення лакофарбових матеріалів методом струминного обливу з витримкою в парах розчинника

Сутність цього методу полягає у фарбуванні вертикально підвішених деталей при перетинанні ними багатоструменевої (ламінарного типу) завіси фарби з наступною витримкою в паровій зоні, що створює сприятливі умови для

фарбування важкодоступних місць, сповільнює випар розчинника з фарбувального шару, поліпшуючи тим самим розлив фарби і сприяючи досягненню рівномірної товщини покриття.

Струминний облив здійснюється шляхом подачі фарби через сопла нерухомого контуру, що охоплює деталь, чи через систему сопел на хитній трубі (осциляторі), розташованій під конвеєром з деталями (рис. 2.6). Необхідна концентрація парів у паровому тунелі створюється, головним чином, за рахунок

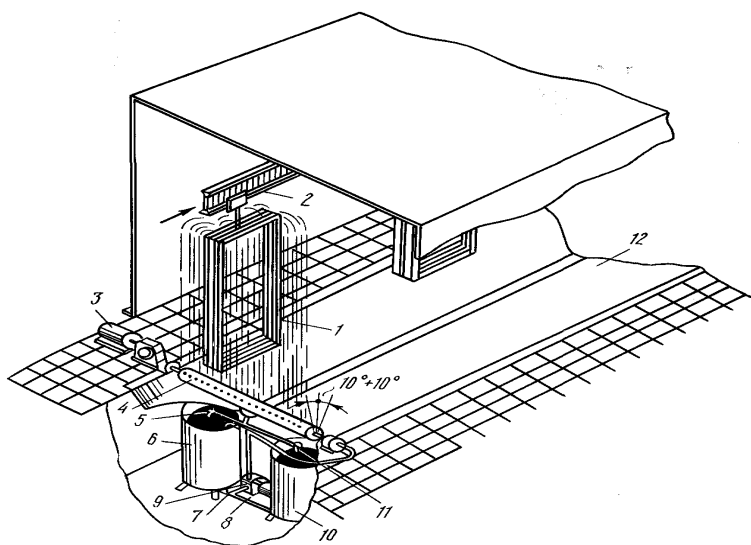


Рисунок 2.6 - Схема установки струминного обливу:

1- виріб; 2 - конвеєр; 3 - привод; 4 - колектор;
5, 11 - труби; 6 - бак з емаллю; 7, 8 - вентиль;
9 - насос; 10 - бак з розчинником; 12 - піддон

випару розчинників з пофарбованих деталей. Тривале перебування виробів у паровому тунелі і концентрація розчинника знижують товщину фарбувального шару, у першу чергу, на крайках виробів. Втрати фарби при нанесенні даним методом не перевищує 5 - 10 %.

2.2 Огляд існуючих засобів виявлення руху об'єктів у просторі

Розроблювана в даній роботі система позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату повинна містити датчик руху деталі, підвішеної на конвеєрній стрічці. До того ж бажано використати безконтактний датчик. Це вимагає розгляду існуючих засобів виявлення руху об'єктів у просторі.

В системі слід використати засіб, котрий надсилав би сигнал на керуючий пристрій в момент надходження деталі в поле його дії, тобто необхідно застосувати безконтактний вмикач.

Безконтактним вмикачем (БВ) називається вимикач, що приводиться в дію зовнішнім об'єктом без механічного контакту вимикача й об'єкта. Комутація навантаження виробляється напівпровідниковими елементами. Усе це забезпечує високу надійність роботи безконтактних вимикачів [9].

У системах керування вони, як правило, виконують функцію датчиків зворотного зв'язку, сигналізуючи про завершення виконання конкретним елементом устаткування команди на переміщення. Але цим їхнє застосування не обмежується.

Входячи в зону чутливості безконтактного вмикача об'єкт, що рухається, викликає його спрацювання, при цьому комутаційний елемент БВ включає чи відключає струм навантаження (до 400 ма DC чи до 500 ма AC). Як навантаження може бути використаний вхід контролера, електронної схеми чи безпосередньо обмотка реле, контактора.

Електрична частина БВ поміщена в корпус з нікельованої латуні чи пластмаси. Для забезпечення працездатності в екстремальних умовах експлуатації електрична частина герметизується компаундом.

В основі класифікації безконтактних вимикачів - їхні основні характеристики, по них будується і система позначень. Безконтактні вимикачі класифікуються:

- 1) за принципом дії чутливого елемента - індуктивні, ємнісні, оптичні, ультразвукові, магнітні немеханічні;
- 2) за умовами установки в конструкцію. Індуктивні і ємнісні БВ випускаються утопленого чи неутопленого виконання. Останнім необхідна наявність навколо чутливого елемента зони, вільної від матеріалу, що демпфірує;
- 3) по можливостях комутаційного елемента. БВ розрізняються по комутаційній функції і по типу виходу (схемам підключення);
- 4) по особливостях конструктивного виконання. БВ розрізняються за формою корпусу і по способу підключення.

Розглянемо докладніше типи датчиків для визначення руху, контролю розмірів об'єктів. Ці датчики знаходять широке застосування, оскільки контроль положень і переміщень є важливим елементом правильного функціонування

великого числа різноманітних машин. В той же час багато фізичних величин вимірюються за допомогою їх первинного перетворення в переміщення, що вони викликають у зразках; це відноситься до виміру сил, тисків, прискорень, температур і т.д.

Існує два основних методи визначення положення і вимірювання переміщень [10].

В першому методі, найбільш уживаному, датчик виробляє сигнал, що є функцією положення однієї з його частин, зв'язаних з рухливим об'єктом, а зміни цього сигналу відображають переміщення; у важливій групі таких датчиків використовується залежність електричного імпедансу від положення рухливого елемента – потенціометра, індуктивності з рухомим сердечником, конденсатора з рухливими обкладками, трансформатора зі змінним числом витків, що підключаються.

До цієї категорії датчиків відносяться також кодові датчики абсолютних значень, за допомогою яких положення і переміщення визначаються за допомогою оптичного чи магнітного зчитування з двійкової шкали, нанесеної на рейку чи диск і з'єднаної з рухливою частиною.

В другому методі, менш уживаному, датчик генерує одиничний імпульс на кожному елементарному переміщенні; положення і переміщення визначаються підрахунком суми чи різниці випущених імпульсів в залежності від напрямку переміщення, тобто мова йде про датчики послідовних прирощень.

Датчики, називані безконтактними, характеризуються відсутністю механічного зв'язку з об'єктом, відстань до якого чи переміщення якого вони вимірюють, тому вони мало впливають на вимірювану величину. Зв'язок між рухливим об'єктом і датчиком здійснюється в цьому випадку за допомогою магнітного, електромагнітного чи електростатичного поля, а інтенсивність цього зв'язку, що є функцією відносного розташування об'єкта і датчика, визначає електричний сигнал датчика.

2.2.1 Потенціометри

Датчик цього типу заснований на простому принципі дії, що приводить до конструкцій помірної вартості; вимірюваний сигнал, що він дозволяє отримувати, може мати високий рівень і не вимагати спеціальної електричної схеми обробки [11].

Потенціометри без механічного ковзного контакту. Істотні труднощі, зв'язані з тертям механічного ковзного контакту об доріжку (знос, шум, гальмівний люмент), можуть бути усунуті заміною механічного з'єднання між рухливою віссю і смугою опору оптичним або магнітним зв'язком.

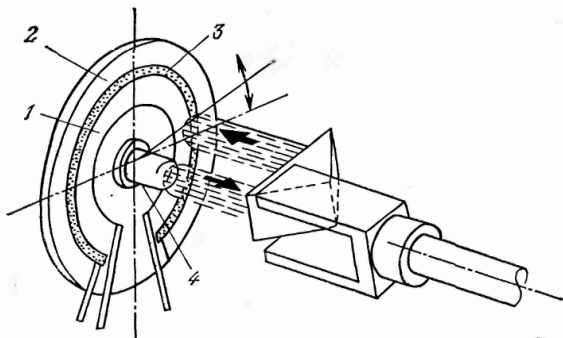


Рисунок 2.7 - Кутовий потенціометр з оптичним зв'язком (документація фірми Segor) схема принципова:

- 1 – вимірювальна смуга; 2 – контактна смуга; 3 – фотопровідна смуга; 4 – електролюмінесцентний діод

У кутовому потенціометрі з оптичним зв'язком вимірювальна смуга опору відділена від контактної вузькою смугою фотопровідника (CdSe), по якій під час повороту осі потенціометра переміщається світлова пляма (рис. 2.7). Опір фотопровідної зони на освітленій частині істотно зменшується, забезпечуючи зв'язок між вимірювальною і контактною смугами.

2.2.2 Індуктивні датчики

Зразкові технічні параметри датчиків з диференціальним включенням індуктивностей: діапазон виміру – від $\pm 0,1$ до ± 200 мм; чутливість – від 10 до 100 мВ на 1 В и на 1 мм; відхилення від лінійності – від 0,5 до 2 % діапазону виміру.

Диференціальні трансформатори. Мова йде про датчик з високими лінійністю, розрішенням і чутливістю; крім того, цей датчик придатний до використання в умовах надзвичайно агресивного середовища.

Він має ряд переваг перед схожою з ним системою диференціального включення двох індуктивних датчиків з рухомим сердечником, такі, як:

- значне спрощення схеми, оскільки не вимагається складання і балансування моста;

- незалежність контуру збудження від вимірювального контуру з появою між ними гальванічної ізоляції, що полегшує усунення впливу різниці статичних потенціалів між ними, що дозволяє обійтися в деяких випадках без використання підсилювачів з гальванічною розв'язкою.

Мікросин - невеликий механізм складається з феромагнітних статора з чотирма полюсами і ротора. Кожен полюс оповитий двома обмотками, первинної і вторинної; ротор не обмотаний і робить обертання, яке потрібно перетворити.

Порядок метрологічних параметрів мікросина наступний: діапазон вимірів - $\pm 10^\circ$; чутливість – 0,1 В на 1 В и 1° ; відхилення від лінійності – від 0,5 до 1 % діапазону вимірів.

Індуктивний потенціометр. Такий потенціометр складається з феромагнітних статора і ротора; кожний з них має обмотку, яку можна уподібнити плоскій котушці.

Вдале розташування обмоток дозволяє розширити область лінійності до максимального кута повороту α_m , близького до $\pi/2$. Порядок значень метрологічних параметрів індуктивних потенціометрів наступний: діапазон вимірів – від 120° до 180° ; чутливість – від 0,5 до 20 мВ на 1 В и 1° ; відхилення від лінійності – від 0,1 до 0,5 % діапазону вимірів.

Сельсин. Мова йде про систему двох механізмів: передавача і приймача; кожний складається з однофазного ротора і трифазного статора, обмотки якого розташовані під кутом 120° буквою Y. Статорні обмотки передавача і приймача попарно з'єднані між собою.

Порядок значень метрологічних параметрів сельсинів наступний: діапазон вимірів – 360° ; чутливість (поблизу нуля) – від 10 до 100 мВ на 1 В и 1° ; точність – від 5' до 30'.

Револьвер. Цей прилад складається з двох обмоток ротора, розташованих під прямим кутом, і двох обмоток статора, розташованих також під прямим кутом. Різні схеми його функціонування знаходять застосування головним чином

у таких установках, у яких контроль і керування вимагають точного знання скоріше тригонометричних функцій кута, чим самого кута. Залишкова напруга поблизу нуля дуже мало (менше мілівольт), і відхилення напруг від теоретичних значень менше 0,01 %.

Індуктосин. Відомі два види індуктосина: а) лінійний індуктосин для виміру прямолінійних переміщень; б) круговий індуктосин для виміру кутових переміщень. По своєму принципу дії індуктосин може розглядатися як резольвер зі збільшеним числом полюсів, статорні і роторні обмотки яких розташовані в одній площині. Таким чином, індуктосин складається з двох плоских частин, одна з яких рухлива відносно іншої: лінійки і ковзного ноніуса у випадку лінійного індуктосина, ротора і статора у випадку кругового індуктосина [12].

Порядок величин по метрологічних параметрах індуктосинів наступний. Лінійний індуктосин: діапазон вимірів – до декількох метрів; крок 0,1 і 0,2 дюйми, 1 і 2 мм (1 дюйм = 2,54 см); розрішення $\pm 0,1$ мкм; відтворюваність $\pm 0,25$ мкм; точність ± 2 мкм. Круговий індуктосин: діапазон вимірів 360° ; крок 2° і 1° ; розрішення $\pm 0,05''$; відтворюваність $\pm 0,1''$; точність $\pm 1''$.

Таким чином, найважливішими якостями індуктосина є точність, розрішення, відтворюваність; він знаходить застосування при контролі за переміщеннями в стінках, а також при керуванні положенням, наприклад, у навігаційних системах, антенах, телескопах.

2.2.3 Ємнісні датчики

Ємнісний датчик являє собою плоский чи циліндричний конденсатор, одна з обкладок якого сприймає переміщення, що піддається контролю, викликаючи зміну ємності. Ємнісні датчики відрізняються своєю простотою, що дозволяє створювати міцні і надійні конструкції. Діелектриком звичайно служить повітря, так що параметри конденсатора залежать тільки від геометричних характеристик і не залежать від властивостей використовуваних матеріалів, якщо ці матеріали правильно підібрані. Отже, можна зневажити впливом температури на зміну

площі поверхні і відстань між обкла�ками, правильно підбираючи марку металу для обкла�ок і ізоляцію для їхнього кріплення [15].

2.2.4 Цифрові датчики

Вимірювальну інформацію, одержувану в аналоговому виді, часто можна обробляти за допомогою цифрових схем, що створює додаткові зручності. Це стає можливим при використанні аналого-цифрових перетворювачів. У випадку переміщень, тим часом, можливо створити датчик, що вимірює положення – лінійне чи кутове – і видає його в цифровій формі. Як і у всіх приладах з цифровим перетворенням, інформація виявляється квантованою, і, отже, розрішення завжди кінцеве.

Абсолютні цифрові датчики. Це – рейки для лінійних переміщень чи диски для кутових переміщень, розділені на N рівновеликих площадок (смуг у випадку рейки, секторів у випадку диска), на яких записані бінарні слова, що відповідають обумовленому положенню відповідно до коду і конкретній технології. Число площадок N визначає розрішення у такий спосіб: L/N см для рейки довжиною L см і $360^\circ/N$ для диска.

Усі n біт, що утворюють кожне зі слів, матеріалізуються на n рівнобіжних (для рейки) чи концентричних (для диска) доріжках при використанні двох різних фізичних станів для визначення значень 0 чи 1:

- а) ненамагнічувана чи феромагнітна поверхня (магнітне зчитування);
- б) ізолююча чи провідна поверхня (електричне зчитування);
- в) непрозора і просвітчаста поверхня (оптичне зчитування).

В даний час оптичне зчитування застосовується найбільше часто; для кожної доріжки є джерело – електролюмінісцентний діод, і приймач – фототранзистор.

2.2.5 Датчики, засновані на принципі поширення пружних хвиль

Швидкість поширення пружних хвиль у тілі звичайно порядку 10^3 м/с; вона, таким чином, приблизно в 10^5 разів нижче швидкості електромагнітних хвиль у вакуумі. Час поширення між двома точками, розташованими на відстані l одна від іншої, складає $t_p = l/V$, тобто $t_p \sim$ мс для $l \sim$ м $t_p \sim$ мкс для $l \sim$ мм; ці часи t_l легко вимірні, а значення V дозволяє обчислити l .

Датчик цього типу містить:

- а) тверdotілий елемент (пластину, стрижень, трубу) – середовище для поширення хвиль;
- б) генератор пружних хвиль, з'єднаний із тверdotілим елементом;
- в) приймач, розташований на вимірюваній відстані l від генератора; приймач формує електричний сигнал, коли до нього доходить пакет хвиль, породжених генератором за t_p до цього моменту.

2.2.6 Датчики близькості

У датчиків цього типу не існує механічного зв'язку між приладом і об'єктом, що переміщається; взаємодія між ними – функція їхнього взаємного положення – установлюється за допомогою поля, яким може служити:

- а) поле магнітної індукції для датчиків зі змінним магнітним опором (що використовують ефект Хола або магніторезистивних);
- б) електромагнітне поле для датчиків зі струмами Фуко;
- в) електростатичне поле для ємнісних датчиків.

Переваги датчиків близькості випливають з факту відсутності цього механічного зв'язку. До них відносяться: а) широка смуга пропускання; б) малий вплив на об'єкт виміру через надзвичайну малість сил, що виникають між цим об'єктом і датчиком; в) підвищена надійність внаслідок відсутності рухливих частин, підданих зносу чи збільшенню зазорів. Крім того, ці датчики забезпечують гальванічну розв'язку вимірювального контуру й об'єкта, що переміщається.

2.2.7 Оптичні датчики

Слід розглянути ще один тип датчиків, які можуть бути використані для позиціонування фарбувальної головки в просторі відносно фарбованого об'єкта, – це оптичні датчики. Для ефективного використання оптичного датчика потрібно, щоб він відповідав характеристикам прийнятого випромінювання – спектру, потоку, частоті модуляції. Властивості випромінювання визначаються в першу чергу джерелом випромінювання, тому тут коротенько будуть розглянуті найважливіші з погляду їхнього застосування характеристики основних типів джерел випромінювання [13].

Лампи накаливання з вольфрамовою ниткою. Вольфрамова нитка лампи накаливання міститься в скляному чи кварцовому балоні, наповненому інертним газом (у галогенних лампах – парами йоду), щоб обмежити випар нитки. Нитка нагрівається струмом; сила струму визначає температуру нитки. Колірною температурою нитки називається така температура чорного тіла, при якій спектральний розподіл випромінювання у видимій області подібно спектральному розподілу випромінювання нитки; колірна температура трохи вище істинної.

Перевагами ламп накаливання з вольфрамовою ниткою є значний по величині потік і неперервний спектр випромінювання, що може бути ослаблений за допомогою фільтрів. До недоліків ламп накаливання відносяться значна теплова інерція, що унеможливорює швидку модуляцію випромінювання за допомогою живильного струму, обмежений термін служби, а також крихкість під впливом ударів і вібрацій.

Електролюмінісцентні діоди (світлодіоди). У діоді цього типу енергія, що звільняється при рекомбінації електрона і дірки в *p-n*-переході, замість того, щоб виявляти себе, як звичайно, у формі фотона (енергії теплового порушення) звільняється у формі фотона.

Перевагами світлодіодів є мала постійна часу (нс) і зв'язана з цим можливість модулювати випромінюваний потік до дуже високих частот, керуючи модуляцією за допомогою струму, а також чітко визначений і обмежений спектр випромінювання, висока надійність і міцність. До недоліків світлодіодів

відносяться порівняно слабкий по величині потік ($\approx 10^2$ мкВт) і залежність потоку від температури.

Лазери. Лазерний ефект – це ефект посилення світла, автоматично підтримуваний на досить високому рівні позитивним зворотним зв'язком. Лазер є джерелом з дуже високими монохроматичністю і яскравістю, має дуже вузьку спрямованість і високу когерентність. Ця остання властивість є відмінною рисою саме лазера – тоді як випромінювання інших джерел є результатом взаємного накладення великого числа хвиль з випадковим розподілом орієнтації площини поляризації і фаз, у лазері усі випромінювані хвилі мають однакові поляризацію і фазу і їхнє додавання дає єдину хвилю з визначеними характеристиками [14].

Просторова чи поперечна когерентність визначає ідентичність фаз у різних точках площини, перпендикулярної осі пучка випромінювання лазера: відстань поперечної когерентності практично дорівнює ширині пучка, тобто декільком міліметрам на виході лазера. Єдиний напрямок поширення і відповідна висока просторова когерентність забезпечують винятково високу спрямованість пучка; одержуваний при цьому дуже вузький промінь, розходжуваність якого вкрай незначна, може поширюватися на значні відстані (наприклад, лазерний промінь дозволяє вимірювати відстані до супутників).

Фоторезистори. Опір фоторезистора, що є резистивним датчиком, сприймає вплив потоку випромінювання з визначеним розподілом енергії по спектру. З'єднаний з відповідною схемою формування сигналу фоторезистор є одним із самих чутливих оптичних датчиків. Фізичне явище, на якому заснована дія датчика, – фотопровідність – являє собою внутрішній фотоефект, тобто звільнення в матеріалі датчика електричних зарядів під дією світла й обумовлене цим збільшення провідності.

Застосування фоторезисторів. Загалом, переваги фоторезисторів полягають насамперед у високих значеннях статичного коефіцієнта перетворення і чутливості, що дозволяє використовувати прості схеми (наприклад, безпосереднє керування за допомогою реле) [12].

Фоторезистори знаходять застосування в таких дослідженнях, коли не потрібно прецизійних вимірів, а робиться оцінка рівня прийнятого потоку (реєструється, наприклад, ситуація світло – чи темрява наявності світлового імпульсу). Однак можливе використання фоторезисторів і у фотометрії за умови, що їхні характеристики стабілізовані і визначені з високою точністю.

Вимір опору фоторезисторів чи виявлення зміни його величини здійснюється за допомогою різного типу схем формування сигналів, з'єднаних з резистивними, датчиками: потенціометричної схеми, що живиться постійним струмом, моста Уитстона, операційного підсилювача і RC-генератора.

При використанні фоторезистора для керування, наприклад, потік випромінювання, що перевищує визначений поріг, викликає достатнє для виникнення струму зменшення опору, а цей струм або безпосередньо, або після підсилення здійснює переключення пристрою з двома стійкими станами: включення чи вимикання реле (рис. 2.8); чи блокування відкриття тиристора і т.п.

При використанні фоторезистора для прийому оптичних сигналів фоторезистор і його електрична схема перетворюють у форму електричних імпульсів оптичні імпульси, що виходять, коли світловий пучок поперемінно переривається чи пропускається в ритмі, що несе необхідну інформацію (рахунок предметів, вимір швидкості обертання диска). Імпульси напруги, одержувані на виході електричної схеми, через порівняно велику постійну часу фоторезистора часто приходить попередньо перетворювати за допомогою тригера Шмідта для

наступної обробки. Крім того, максимальна частота світлових імпульсів повинна бути менше граничної частоти фоторезистора.

Режим роботи фотодіода вибирають у залежності від необхідних характеристик і задачі проведених досліджень. В даній

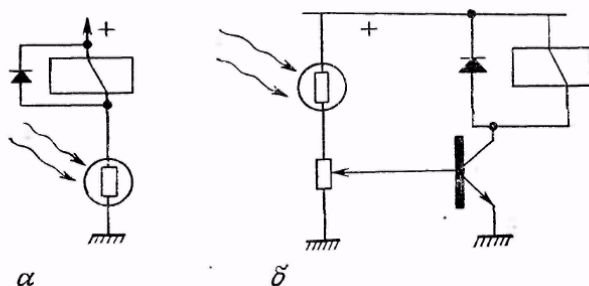


Рисунок 2.8 - Схема з фоторезистором для керування реле:

а – безпосереднє керування; б - керування з допомогою транзисторного підсилювача

системі доцільно було б використовувати фотодіодний режим. Його відмінними рисами є лінійність, малий час запізнювання і широка смуга пропускання.

Електричні схеми лавинних фотодіодів такі ж, що використовуються і при включенні звичайних фотодіодів у фотодіодному режимі, однак істотно більш висока чутливість лавинних фотодіодів дозволяє при тій же вихідній напрузі підсилювача використовувати електричний ланцюг чи навантаження з меншим опором, підвищуючи тим самим швидкодію і розширюючи смугу пропускання.

Схеми включення фототранзисторів. Фототранзистор може використовуватися або як комутатор, або в лінійному режимі. У комутаційному режимі його перевага перед фотодіодом полягає в тім, що можна безпосередньо керувати відносно великими струмами. У лінійному режимі, навпроти (хоча у фототранзистора і є визначені переваги, зв'язані з властивим йому підсиленням), фотодіод забезпечує кращу лінійність і, отже, менші викривлення.

Фототранзистор у режимі комутації. Інформація в цьому випадку носить дискретний характер: чи є присутнім випромінювання, або, точніше, чи перевершує освітленість визначений поріг. Фототранзистор блокує чи пропускає (у режимі насичення) струм, керуючи безпосередньо чи після підсилення роботою реле, логічною вентильною схемою чи тиристором (рис. 2.9).

Швидкодія комутації обмежується опором навантаження фототранзистора і може бути значно поліпшено, якщо далі йде схема з малим вхідним імпедансом – схема з загальною базою чи перетворювач струм–напруга.

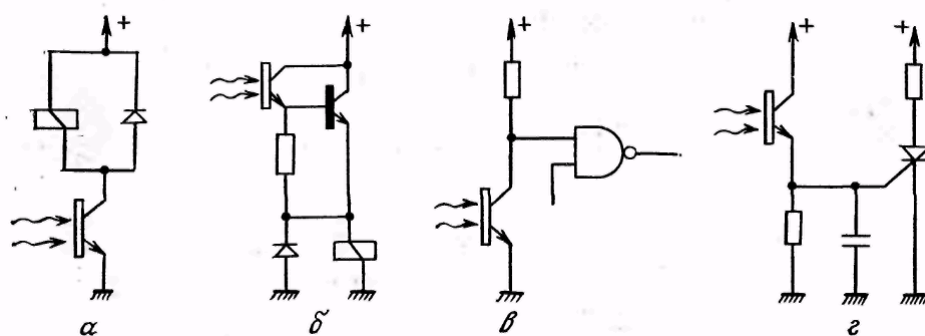


Рисунок 2.9 – Приклади застосування фото транзисторів в схемах керування:

а - реле; б - реле після підсилення; в – з логічною вентильною схемою;
г – з тиристором

Фотоємисійні датчики. У датчиках цього типу перетворення оптичного сигналу в електричний відбувається в результаті явища фотоємисії, чи зовнішнього фотоэффекта. Зовнішній фотоэффект полягає у звільненні з твердого тіла (що є мішенню для випромінювання і являє собою фотокатод) електронів, число яких пропорційно числу падаючих фотонів. Первинні електрони, еміттуємі фотокатодом, утворюють струм катода, що потім або безпосередньо збирається анодом (у вакуумному фотоелементі), або служить джерелом подальшого процесу множення, що приводить до підсилення первинного струму шляхом ударної іонізації молекул газу (у газоповному фотоелементі) чи за рахунок вторинної емісії (у фотоелектронному помножувачі).

Можливість вибрати тип фотокатода, погодивши його з робочою спектральною областю, лінійність і слабка залежність від температури – головні переваги вакуумних фотоелементів із зовнішнім фотоэффектом, у зв'язку з чим вони особливо підходять для фотометрії. Крім того, можливість забезпечити у визначених типах фотоелементів дуже великі вихідні струми в максимумі дозволяє приймати і вимірювати потужні імпульси світлового потоку, наприклад, від імпульсних ламп чи лазерів. Газонаповнені фотоелементи улаштовані так само, як і вакуумні, але балон наповнений розрідженим газом – звичайно аргоном – при невеликому тиску ($10^{-1} \div 10^{-2}$ мм рт.ст.). При досить великій анодній напрузі електрони, еміттуємі фотокатодом, ініціюють процеси ударної іонізації атомів газу. У результаті виходить ефект множення струму емісії фотокатода з коефіцієнтом множення 5-10.

Фотоелектронні помножувачі. Явище, коли число еміттуємих поверхнею електронів перевершує число упалих, використовується у фотоелектронних помножувачах. Переваги фотопомножувачів насамперед зв'язані з їхньою високою чутливістю, мінімальним шумом і високою швидкодією. Ці якості особливо підходять для виявлення оптичних сигналів дуже малого рівня, неперервних чи імпульсних, у таких областях, як астрономічна радіометрія, спектрофотометрія, лазерна телеметрія випромінювання, оптична локація, лидари. Однак значні габарити, крихкість, висока вартість і необхідність живлення добре

стабілізованою високою напругою обмежують можливість застосування фотоелектронних помножувачів.

Волоконна оптика. Оптичне волокно служить світловодом і знаходить застосування в наступних трьох областях:

- передача інформації, перетвореної в оптичні сигнали, щоб виключити вплив на них паразитних електромагнітних наведень і забезпечити електричну ізоляцію між електронними схемами джерела і приймача;
- спостереження чи вимір оптичними засобами у важкодоступних зонах чи у несприятливому навколишнім середовищі (наприклад, у вибухонебезпечній чи корозійній атмосфері);
- генерування оптичних сигналів шляхом модуляції світла під дією фізичної величини, що, змінюючи оптичні властивості волокна, змінює умови проходження через нього світла; у цьому випадку волокно є датчиком, оптичний сигнал якого характеризує варіації вимірюваної фізичної величини.

2.3 Вимоги до засобів автоматичного регулювання систем

Тепер розглянемо вимоги до системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату, яка підлягає розробці в даній бакалаврській роботі:

- заземлення устаткування;
- використання устаткування у добре провітрюваному приміщенні;
- не можливість перевищення максимального робочого тиску для устаткування – 120 атм.;
- для з'єднання насоса з фарборозпилювачем необхідно використовувати лише повітряні шланги зі статичним провідником;
- при припиненні роботи на фарбувальному агрегаті більш ніж на 15 хвилин необхідно продуктове і повітряне сопло поміщати у ємкість з розчинником.

2.4. Аналіз існуючих засобів виявлення руху об'єктів у просторі

Проведемо короткий аналіз розглянутих засобів виявлення руху об'єктів у просторі. Потенціометричний такий датчик має внутрішнє тертя, що впливає на його точність, будучи джерелом шумів і причиною зносу, що спричиняє погіршення характеристик (лінійності, точності) і встановлює межу кількості вимірів, що датчик може витримати. Крім того, на його функціонування може помітно впливати навколишня атмосфера (вологість, пил). Вказані недоліки унеможливають використання датчиків такого типу в розроблюваній системі.

Використання потенціометра без механічного ковзкого контакту передбачає встановлення на рухомому об'єкті світловідбиваючого пристосування, а при умові подальшого фарбування об'єкта цього зробити не має змісту, тобто датчик такого типу застосовувати не доцільно.

По самій своїй природі індуктивні датчики, з одного боку, чутливі до зовнішніх електромагнітних полів, а з іншого, – здатні самі їх індукувати. Тому індуктивні датчики необхідно поміщати всередині кожуха, що служить магнітним екраном. Вказаний діапазон виміру зразкових датчиків з диференціальним включенням індуктивностей не дає можливості застосування датчиків даного типу в розроблюваній системі.

Мікросин, як і індуктивний потенціометр конструктивно мають можливість вимірювати лише кутові переміщення, що унеможливає їх використання в розроблюваній системі.

Сельсини використовуються в приводах для фіксованих кутових поворотів; сельсин визначає напруга, амплітуда якого є функцією відхилення положення осі привода, зв'язаної з ротором передавача, від деякого вихідного положення, фіксованого ротором приймача. Вказане не дає можливості застосування сельсину в якості датчика в розроблюваній системі.

В розроблюваній системі застосувати індуктосин не доцільно, оскільки він має високу вартість, а заявлені точнісні характеристики в розроблюваній системі

не є вже надто необхідними, до того ж на рухомому об'єкті необхідно встановлювати один з елементів конструкції датчика.

Що ж стосується ємнісного датчика, то його необхідно захищати від тих факторів навколишнього середовища, що можуть погіршити ізоляцію між обкладками, – від пилу, корозії, вологості, іонізуючої радіації. Ще одним фактом, який унеможлиблює використання ємкісних датчиків в розроблюваній системі є незначний діапазон вимірювань.

В розроблюваній системі не доцільно використовувати датчики, засновані на принципі поширення пружних хвиль, оскільки вони відрізняються складністю, достатньо високою вартістю, а точність, яку вони забезпечують в даній системі не вимагається.

Головними недоліками датчиків близькості, які унеможлиблюють їх використання в розроблюваній системі, є: а) як правило, малий, порядку 1 мм, діапазон вимірів; б) нелінійність; в) залежність показань деяких з них від форми, розмірів і матеріалу об'єкта і навколишньої його середовища, що приводить до необхідності їхнього калібрування в конкретних умовах застосування.

Головні недоліки фоторезисторів наступні:

- нелінійність енергетичної характеристики (залежності струм–потік);
- значний час запізнювання й обмежена смуга пропускання;
- нестабільність характеристик (старіння);
- залежність характеристик від температури (як і для більшості оптичних датчиків);
- необхідність охолодження для деяких типів фоторезисторів.

Попри перераховані недоліки, переваги фоторезисторів дозволяють використовувати прості схеми (наприклад, безпосереднє керування за допомогою реле). Фоторезистори знаходять застосування в таких дослідженнях, коли не потрібно прецизійних вимірів, а робиться оцінка рівня прийнятого потоку (реєструється, наприклад, ситуація світло – чи темрява наявності світлового імпульсу).

Фототранзистор може використовуватися або як комутатор, або в лінійному режимі. У комутаційному режимі його перевага перед фотодіодом полягає в тім, що можна безпосередньо керувати відносно великими струмами. У

лінійному режимі, навпроти (хоча у фототранзистора і є визначені переваги, зв'язані з властивим йому підсиленням), фотодіод забезпечує кращу лінійність і, отже, менші викривлення.

Значні габарити, крихкість, висока вартість і необхідність живлення добре стабілізованою високою напругою обмежують можливість застосування фотоелектронних помножувачів, а тим більш не доцільне застосування помножувачів в складі розроблюваної системи.

Виходячи з розглянутих вище сфер застосування оптичних волокон в розроблюваній системі їх застосування не є доцільним.

Таким чином при розробці системи необхідно знайти розумний компроміс між високою якістю роботи та простотою технічної реалізації. Виходячи з результатів аналізу, такий компроміс забезпечується використанням оптичних датчиків.

2.5 Вибір принципу побудови системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату

Серед розглянутих засобів виявлення руху об'єктів у просторі з огляду на досягнення розумного компромісу між високою якістю роботи та простотою технічної реалізації в розроблюваній в даній бакалаврській роботі в якості датчика обираємо оптичний датчик.

При наявності в зоні чутливості датчика контролюємого об'єкта (деталей, складальних одиниць, підвішених на стрічці конвеєра), сигнал датчика повинен викликати запуск компресора, який подає фарбу на фарборозпилювач маніпулятора. В цьому випадку доцільно використати оптичний датчик типу D – датчик прямої дії, дифузійний. Датчики цього типу містять випромінювач і приймач, встановлені в одному корпусі. Промінь випромінювача дифузно відбивається від об'єкта і потрапляє в приймач. Звичайно дальність дії датчика залежить від відбивальних властивостей об'єкта, у випадку металевого об'єкта, дальність дії складає 2 – 3 метра.

Особливістю процесу фарбування, зокрема і на АТ «Ельворті», є доволі часта зміна номенклатури деталей, які відрізняються за геометричними розмірами, формою. Тобто за одну робочу зміну підлягати фарбуванню можуть як достатньо довгі рамні конструкції різної ширини і висоти, листи металу, профіль, так і окремі деталі, підвішені на стрічці, що надто ускладнює можливість однозначного встановленні єдиного датчика. Також характерним є відсутність строго визначеної черговості певного переліку деталей, а значить не можливо запрограмувати послідовність вмикання і відключення фарбувального агрегату.

Отже, слід розробити систему позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату з надходженням деталі шляхом використання оптичних датчиків із забезпеченням їх однозначного спрацювання. Створення такої системи є головною задачею даної бакалаврської роботи.

3 ОПИС ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРА ФАРБУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

3.1 Розробка структури системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату

Система позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату є складовою частиною системи керування РТК фарбування. Задачею даної системи є вмикання електродвигуна компресора фарбувального агрегату при наявності на вході фарбувальної кабіни деталі, підвішеної на конвеєрній стрічці. Система повинна містити чутливий елемент, який однозначно реагує на деталь. Звичайно, необхідно забезпечити підсилення сигналу чутливого елемента до рівня, прийняттого для введення в мікроконтролер, адже в розроблюваній системі саме за допомогою мікроконтролера відбувається зчитування сигналу датчика руху, запам'ятовування моменту часу появи сигналу з вказаного датчика та формування керуючого впливу на пускач електродвигуна компресора фарбувального агрегату.

При цьому відомо, що швидкість руху конвеєрної стрічки складає 1,5 м/хв., а час заповнення лакофарбовим матеріалом магістралей фарбувального агрегату складає 30 секунд. Таким чином необхідно встановити чутливий елемент на певній відстані від фарбувальної кабіни. Звичайно, можливо було б встановити датчик руху безпосередньо на вході фарбувальної кабіни, однак при цьому необхідно було б забезпечити форсування підготовки і запуску електродвигуна компресора фарбувального агрегату. Форсування значно ускладнило б схему електричну пускача компресора та вводило б електродвигун у жорсткі режими роботи.

В даному випадку є конструктивна можливість розміщення датчика руху на певній відстані від фарбувальної кабінки. Це дасть можливість без форсування режиму запуску електродвигуна, забезпечити синхронізацію вмикання компресора фарбувального агрегату з надходженням деталі, підвішеної на конвеєрній стрічці.

До того ж необхідно забезпечити постійне сканування простору перед фарбувальною кабінкою навіть при наявності деталі на стрічці, оскільки окрім визначення моменту її надходження необхідно визначити і момент її зникнення з поля зору датчика. Це дасть можливість знаючи швидкість руху конвеєра визначити момент вимкнення електродвигуна компресора і припинення подачі лакофарбового матеріалу на краскопульт.

На мікроконтролер необхідно покласти окрім задачі запам'ятовування моменту часу зникнення деталі з поля зору датчика ще і задачу запуску таймера. Таймер повинен відлічити час 13 хвилин, по закінченню якого контролер повинен подати звуковий сигнал оператору. Оператор повинен вжити заходів, передбачених технологічною інструкцією, спрямованих на попередження засихання лакофарбового матеріалу в соплі краскопульту. За вимогами технологічної інструкції такі заходи необхідно вживати при зупинці агрегату більше, ніж на 15 хвилин. В даному випадку вибрано час відліку контролера рівним 13 хвилин, оскільки за технологічною інструкцією оператору потрібно близько двох хвилин аби вжити заходів щодо попередження засихання матеріалу у вихідному соплі пульверизатора.

Слід відмітити, що при кожному запуску таймера система забезпечує подальше сканування простору під конвеєрною стрічкою перед фарбувальною кабінкою. При появі на стрічці деталі до стікання часу у 13 хвилин, мікроконтролер обнуляє таймер до наступного зникнення деталі з поля зору датчика.

3.2 Розробка та опис схеми функціональної системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату

Виходячи з викладеного вище матеріалу, можна розробити функціональну схему системи, що розробляється. Схема, представлена на кресленні , містить: датчик наявності деталі на конвеєрній стрічці; погоджувальний блок (масштабуючий підсилювач), який забезпечує приведення сигналу з датчика до рівня, прийнятного для введення в мікроконтролер; власне

мікроконтролер, який, обробляючи вхідні дані, виробляє два керуючих сигнали для двох фарбувальних майданчиків; силові ланцюги, які забезпечують підсилення керуючих сигналів з виходу мікроконтролера та подачу їх на пускачі компресорів фарбувальних майданчиків, які відпрацьовують керуючі сигнали; регульовані об'єкти – електродвигуни компресорів фарбувальних майданчиків.

3.3 Розробка схем електричних принципових реалізації системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату

Поява та швидке вдосконалення мікропроцесорних засобів призвело до їх широкого застосування у різних галузях народного господарства. Функціональна гнучкість, висока надійність, малі габарити та вартість мікропроцесорних засобів обумовлюють доцільність їх застосування в системах автоматичного керування.

Сучасна елементна база цифрової техніки відкриває широкі можливості побудови цифрових регуляторів з програмною реалізацією операцій в реальному масштабі часу на основі мікропроцесорів. Зокрема, однокристальні мікроконтролери представляють собою прилади, що конструктивно виконані у вигляді ВІС і вміщують в себе складові частини мікроЕОМ: мікропроцесор, пам'ять програм, пам'ять даних, а також програмуємі інтерфейси для зв'язку із зовнішнім середовищем. Використання мікроконтролерів в системах керування забезпечує досягнення виключно високих показників ефективності при низькій вартості, малих габаритах, вазі, енергоспоживанні, відносно високій обчислювальній потужності [21-25].

Структурна організація, набір команд та апаратурно-програмні засоби вводу/виводу інформації мікроконтролерів краще всього пристосовані для вирішення задач керування і регулювання в приладах, пристроях і системах автоматики. На практиці при проектуванні мікропроцесорних САК слід враховувати ряд факторів – це забезпечення заданих показників якості керування, раціональний розподіл функцій САК між апаратними та програмними засобами, спряження цифрової і аналогової частин САК.

На такі показники якості керування, як динаміка, точність, вірогідність виконання функцій керування та ін., впливають особливості цифрової реалізації алгоритму керування в мікроконтролері. Як відомо, при цифровому представленні інформації здійснюється дискретизація процесів в часі та квантування по рівню. Дискретизація процесів в часі, що здійснюється у відповідності з деяким критерієм якості функціонування САК, пред'являє вимоги до швидкодії мікроконтролера, а квантування по рівню приводить до виникнення шумів квантування.

Рішення задачі розподілу функцій САК на апаратно та програмно реалізуємі пов'язане із необхідністю аналізу багатьох факторів, першочерговими з яких, поряд із забезпеченням заданої потужності мікроконтролера, є структура системи, характер представлення вхідної і вихідної інформації та особливості цифрових алгоритмів обробки інформації.

Для спряження аналогової частини САК з мікроконтролером використовуються аналого-цифрові та цифроаналогові перетворювачі, до яких пред'являються високі вимоги по швидкодії, точності та лінійності перетворення [24]. Виникає необхідність схемотехнічного та програмного спряження АЦП іншої розрядності, в порівнянні з тією, яку має мікроконтролер. Однак останнім часом достатньо широкого розповсюдження отримали мікроконтролери з вбудованими АЦП достатньо високої розрядності, що дає можливість не використовувати додаткові мікросхеми, а це значно полегшує проектування схем електричних.

Враховуючи вище викладене для побудови мікропроцесорної САК таким вимогам задовольняє однокристальний мікроконтролер типу AT90S4433.

В порівнянні з апаратно реалізованими цифровими регуляторами регулятори з програмною реалізацією є менш швидкодіючими, але більш універсальними, легко переналаштовувемими і мають кращі масогабаритні характеристики. Надійність мікропроцесорних систем автоматичного керування в порівнянні із системами на іншій елементній базі є більш високою.

Цифроаналоговий перетворювач однозначно перетворює кодові комбінації цифрового сигналу в аналоговий сигнал. Аналого-цифровий перетворювач вирішує задачу пошуку однозначної відповідності аналоговому сигналу цифрового коду. Одна із основних вимог, що пред'являються до АЦП і ЦАП – це можливість їх спряження з мікропроцесором, що передбачає сумісність логічних рівнів цифрових сигналів перетворювачів і шини даних мікропроцесора, співпадання видів цифрових кодів і формату даних, програмну сумісність. Обраний мікроконтролер типу AT90S4433 містить вбудовані ЦАП і АЦП.

В схемі позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату можна виділити дві основні частини: слабкострумову (керуючу) та силову (енергетичну). Реалізація слабкострумової частини на одному мікропроцесорі підвищує надійність і універсальність САК, дозволяє достатньо просто реалізувати необхідні закони зміни керуючих діянь. Оскільки інформація про процес регулювання міститься в самому цифровому сигналі і не пов'язана з його енергією, то вона менш піддана дії перешкод та викривлень.

Слабкострумова частина мікропроцесорної САК повинна вирішувати задачі програмної реалізації цифрового регулятора і формування спеціальних кодових послідовностей для керування силовою частиною з метою отримання сигналу для керування двигуном компресора.

Принципальна схема системи складається із мікроконтролера AT90S4433, який реалізує алгоритм керування, датчика наявності деталі на конвеєрній стрічці, вхідного масштабуючого пристрою для приведення вхідних сигналів до уніфікованого рівня, що сприймається мікроконтролером, силової частини, рідкокристалічного індикатора.

На елементі **DD1** (мікросхема AT90S4433) зібраний мікроконтролер з внутрішнім тактовим генератором G1, частота якого визначається зовнішнім кварцовим резонатором 12 МГц. Вхідний масштабуючий підсилювачі, який в масштабі перетворює вхідні сигнали датчика до рівня, що сприймається мікропроцесорною системою, виконаний на елементі **DA1** (мікросхема K140УД17

– це операційний підсилювач, який використовується для підсилення без викривлень сигналів з датчиків, подавляє синфазний сигнал, має малу напругу зміщення нуля, малий його дрейф, малий рівень шумів, великий вхідний опір), зміна масштабу виконується зміною коефіцієнта підсилення операційного підсилювача [26-28]; керуючий сигнал з порта PB0 мікроконтролера надходить через силову розв'язку на транзисторах VT1, VT3 на пускач електродвигуна компресора першої фарбувальної ділянки, а через певний час керуючий сигнал з порта PB1 мікроконтролера надходить через силову розв'язку на транзисторах VT2, VT4 на пускач електродвигуна компресора другої фарбувальної ділянки. Система керування електродвигуном компресора наведена на слайді 06.01, а на слайді 06.02 наведено схему підключень.

На даному кресленні також наведена схема електрична принципова блока живлення розроблюваної системи.

Узагальнений алгоритм роботи системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату наведено на слайді 04.02.ТК.

4 РОЗРАХУНКИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ВИРОБУ

4.1 Розрахунок трансформатора блока живлення мікроконтролера

Знаючи необхідну напругу на вторинній обмотці ($U_2 = 20 \text{ В}$) і максимальний струм навантаження (I_n), трансформатор розраховують у такій послідовності [28].

1. Визначаємо значення струму, що тече через вторинну обмотку трансформатора:

$$I_2 = 1,5 I_n, \quad (4.1)$$

де I_2 - струм через обмотку II трансформатора, А;

I_n - максимальний струм навантаження, А. В даному випадку I_n – це струм, який споживають всі елементи схеми. Для розроблюваної системи підсумувавши струми, що споживаються всіма елементами, та взявши отримане значення з запасом, отримаємо $I_n = 150 \text{ мА}$. Таким чином,
 $I_2 = 1,5 \cdot 150 = 225 \text{ (мА)}$.

2. Визначаємо потужність, споживану випрямлячем від вторинної обмотки трансформатора:

$$P_2 = U_2 I_2, \quad (4.2)$$

де P_2 - максимальна потужність, споживана від вторинної обмотки, Вт;

U_2 - напруга на вторинній обмотці, В;

I_2 - максимальний струм через вторинну обмотку трансформатора, А.

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$$P_2 = 20 \times 0,225 = 4,5 \text{ (Вт)}.$$

3. Підраховуємо потужність трансформатора:

$$P_{тр} = 1,25 P_2, \quad (4.3)$$

де $P_{тр}$ - потужність трансформатора, Вт;

P_2 - максимальна потужність, споживана від вторинної обмотки трансформатора, Вт.

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$P_{тр} = 1,25 \times 4,5 = 5,625$ (Вт), для подальших розрахунків приймемо $P_{тр} = 6$ Вт.

Якщо трансформатор повинний мати кілька вторинних обмоток, то спочатку підраховують їхню сумарну потужність, а потім потужність самого трансформатора.

4. Визначаємо значення струму, що тече в первинній обмотці:

$$I_1 = P_{тр} / U_1, \quad (4.4)$$

де I_1 - струм через обмотку I, А;

$P_{тр}$ - підрахована потужність трансформатора, Вт;

U_1 - напруга на первинній обмотці трансформатора (сіткова напруга).

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$$I_1 = 6 / 220 = 0,3 \text{ (А)}.$$

5. Розраховуємо необхідну площу перетину сердечника магнітопровода:

$$S = 1,3 P_{тр}, \quad (4.5)$$

де S - перетин сердечника магнітопровода, см^2 ;

$P_{тр}$ - потужність трансформатора, Вт.

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$$S = 1,3 \times 6 = 7,8 \text{ (см}^2\text{)}.$$

6. Визначаємо число витків первинної (мережної) обмотки:

$$w_1 = 50 U_1 / S, \quad (4.6)$$

де w_1 - число витків обмотки;

U_1 - напруга на первинній обмотці, В;

S - перетин сердечника магнітопровода, см^2 .

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$$w_1 = 50 \cdot 220 / 7,8 = 1410 \text{ витків}.$$

7. Підраховуємо число витків вторинної обмотки:

$$w_2 = 55 U_2 / S, \quad (4.7)$$

де w_2 - число витків вторинної обмотки;

U_2 - напруга на вторинній обмотці, В;

S -перетин сердечника магнітопровода, см^2 .

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$$w_2 = 55\,20 / 7,8 = 141 \text{ виток.}$$

8. Визначаємо діаметри проводів обмоток трансформатора за формулою

$$d = 0,02 I, \quad (4.8)$$

де d - діаметр проводу, мм;

I - струм через обмотку, мА.

Діаметр проводу обмотки можна також визначити по табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Діаметр проводу обмотки

$I_{\text{обм}}, \text{ мА}$	≤ 25	25 ... 60	60 ... 100	100 ... 160	160 ... 250	250 ... 400	400... ... 700	700 ... 1000
$d, \text{ мм}$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6

Скориставшись вказаною таблицею, отримаємо

$$d_1 = 0,4 \text{ мм,}$$

$$d_2 = 0,25 \text{ мм.}$$

Після цього можна приступити до підбора придатного трансформаторного заліза і проводу, виготовленню каркаса і, нарешті, виконанню обмоток. Але Ш-подібні трансформаторні пластини мають неоднакову площу вікна, тому потрібно перевірити, чи підійдуть обрані пластини для трансформатора, тобто чи розміститься провід на каркасі трансформатора. Для цього досить підраховану раніше потужність трансформатора помножити на 50 - вийде необхідна площа вікна, виражена в мм^2 . Якщо в підібраних пластинах вона більше чи дорівнює обчисленій, залізо можна використовувати для трансформатора.

При виборі сердечника магнітопровода потрібно також враховувати і ту обставину, що відношення ширини сердечника до товщини набору (відношення сторін сердечника) повинне бути в межах 1...2.

Як трансформатори живлення часто використовуються уніфіковані трансформатори ТВК. Промисловість випускає кілька видів таких трансформаторів, і кожний з них при роботі з випрямлячем, виконаним за

мостовою схемою, дозволяє одержати на навантаженні цілком визначені напруги в залежності від споживаного нею струму. Ці параметри зведені в табл. 4.2, що допоможе у виборі трансформатора ТВК для того чи іншого блоку живлення.

Таблиця. 4.2 - Параметри трансформаторів ТВК

Трансформатор	Випрямлена напруга при струмові навантаження, А				
	0	0,3	0,5	0,8	1,0
ТВК-70Л2	14	11,5	10,5	9	8
ТВК-110Л1	28	26	25	24	23
ТВК-110Л2, ТВК 110ЛМ	17	15	14	13,5	12,5

Вибираємо трансформатор типу ТВК-110Л1

4.2 Розрахунок випрямляча блока живлення мікроконтролера

Оскільки в переважному більшості конструкцій блоків живлення використовується двохнапівперіодний випрямляч, діоди якого включені за мостовою схемою (рис. 4.1), про вибір його елементів тут і піде розмова.

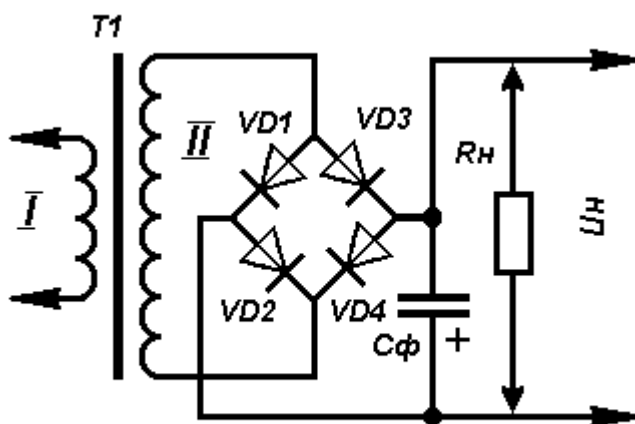


Рисунок 4.1 - двохнапівперіодний випрямляч, діоди якого включені за мостовою схемою

Розрахувати випрямляч - значить правильно вибрати випрямні діоди і конденсатор фільтра, а також визначити необхідну змінну напругу, що знімається для випрямлення з вторинної обмотки мережного трансформатора. Вихідними даними для розрахунку випрямляча слугують: необхідна напруга на навантаженні (U_H) і споживаний нею максимальний

струм (I_H).

Розрахунок ведемо у такому порядку:

1. Визначаємо змінну напругу, що повинна бути на вторинній обмотці мережного трансформатора:

$$U_2 = B U_H \quad (4.9)$$

де U_H - постійна напруга на навантаженні, В;

B - коефіцієнт, що залежить від струму навантаження, що визначають по табл. 4.3.

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$$U_2 = 1,0 \times 20 = 20 \text{ (В)}.$$

Таблиця. 4.3 - Коефіцієнт, що залежить від струму навантаження

Коефіцієнт	Струм навантаження, А					
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
В	0,8	1,0	1,9	1,4	1,5	1,7
С	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8

2. По струму навантаження визначаємо максимальний струм, що тече через кожен діод випрямного моста:

$$I_d = 0,5 C I_H \quad (4.10)$$

де I_d - струм через діод, А;

I_H - максимальний струм навантаження, А;

C - коефіцієнт, що залежить від струму навантаження (визначають по табл. 4.3).

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$$I_d = 0,5 \times 2,2 \times 150 = 165 \text{ (мА)}.$$

3. Підраховуємо зворотну напругу, яку буде прикладено до кожного діода випрямляча:

$$U_{обр} = 1,5 U_H \quad (4.11)$$

де $U_{обр}$ - зворотна напруга, В;

U_n - напруга на навантаженні, В.

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$$U_{обр} = 1,5 \times 20 = 30 \text{ (В)}.$$

4. Вибираємо діоди, у яких значення випрямленого струму і припустимої зворотної напруги рівні чи перевищують розрахункові. Це діод КД226Б у якого $U_{обр} = 200 \text{ В}$; $I_d = 1,7 \text{ А}$.

5. Визначаємо ємність конденсатора фільтра:

$$C_\phi = 3200 I_n / U_n K_\phi, \quad (4.12)$$

де C_ϕ - ємність конденсатора фільтра, мкф;

I_n - максимальний струм навантаження. А;

U_n - напруга на навантаженні, В;

K_ϕ - коефіцієнт пульсації випрямленої напруги (відношення амплітудного значення змінної складової частотою 100 Гц на виході випрямляча до середнього значення випрямленої напруги).

Для різних навантажень коефіцієнт пульсації не повинний перевищувати визначеного значення. Якщо вихідна напруга випрямителя буде додатково стабілізуватися транзисторним стабілізатором напруги, то розрахункова ємність конденсатора фільтра може бути зменшена в 5...10 разів.

Підставляючи вказані значення, отримаємо

$C_\phi = 3200 \cdot 0,15 / 1,137 = 422 \text{ (мкФ)}$, зі стандартного ряду ємностей вибираємо $C_\phi = 500 \text{ мкФ}$.

В якості стабілізатора використаємо мікросхеми LM 7815 та LM 7915.

4.3 Розрахунок надійності розроблюваної системи

Надійністю називається властивість пристрою зберігати у часі встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність пристрою, виконувати потрібні функції в заданих режимах і умовах використання.

Під безвідмовністю пристрою розуміють властивість безперервно зберігати працездатний стан на протязі деякого часу, при цьому не повинно бути зупинки або перерви у роботі пристрою. Безвідмовність характеризує здатність пристрою працювати до певної відмови.

Довготривалість – це властивість пристрою зберігати працездатний стан до появи граничного стану.

Головними показниками надійності є :

а) імовірність безвідмовної роботи впродовж часу t :

$$P(t) = Nt / N_0, \quad (4.13)$$

де Nt – число виробів, які продовжують нормально працювати впродовж часу t ;

N_0 – число виробів, які поставлені на випробування.

Імовірність відмов визначається як величина обернена імовірності безвідмовної роботи :

$$\bar{P}(t) = 1 - P(t), \quad (4.14)$$

Імовірність безвідмовної роботи розраховується на десятитисячних напрацюваннях.

б) інтенсивність відмов:

$$\lambda_t = \Delta n / \Delta t N_{cp}, \quad (4.15)$$

де Δn – число елементів, які відмовили за час Δt ;

N_{cp} – середнє значення справно-працюючих елементів.

в) середній час безвідмовної роботи:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot t_{cpi}}{N_0}, \quad (4.16)$$

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

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

$$t_{cpi} = \frac{t_{in} - t_{ik}}{2}, \quad (4.17)$$

де N_0 – число виробів, які поставлені на випробування;

k – число ітервалів спостереження.

Інтенсивність відмов дозволяє визначити середній час безвідмовної праці:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda} \quad (4.18)$$

та імовірності безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (4.19)$$

Показники надійності системи у цілому можуть бути визначені по відповідним показникам надійності елементів, які входять до даної системи.

Найбільш простий розрахунок при наступних припущеннях: резервування немає, вихід з ладу одного елемента призведе до виходу з ладу усього пристрою.

За аналогією з електричними ланками таку систему у теорії надійності називають послідовною.

При цьому можна застосувати теорему множення ймовірностей;

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) \quad (4.20)$$

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

N – кількість комплектуючих елементів.

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

Система вважається задоволеною, якщо імовірність безвідмовної роботи при $t = 1000$ – х складає 0.7 чи 70 %.

Побудуємо таблицю інтенсивності відмов із довідкових даних.

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

Середній час безвідмовної роботи пристрою знаходимо за формулою:

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

Таблиця 4.4 – Інтенсивності відмов радіоелементів

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

Таблиця 4.5 – Результатів розрахунку імовірності безвідмовної роботи системи

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

Знаходимо імовірність відмов і записуємо результати розрахунків в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати розрахунку імовірності відмов пристрою

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

З таблиці видно, що чим більше час роботи пристрою, тим менше його імовірність безвідмовної роботи і тим більше імовірність відмов.

З проведених розрахунків випливає висновок, що при 10000-годинному напрацюванні на відмову, імовірність відмов складає 96,7 %.

Графік імовірності безвідмовної роботи розроблюваної системи при 10000-

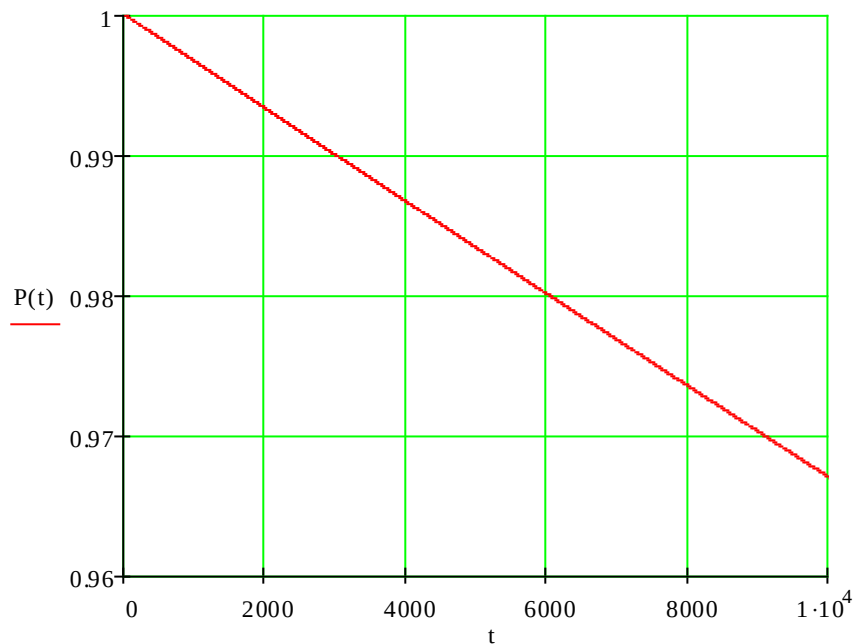


Рисунок 4.2 - Імовірність безвідмовної роботи розроблюваної системи годинному напрацюванні приведено на рис. 4.2.

4.4 Розрахунок точки встановлення фотобар'єра

Раніше була доведена доцільність встановлення фотобар'єра на певній відстані від фарбувальної кабінки. Для визначення місця його встановлення необхідно знати швидкість руху конвеєра, габаритні розміри деталей, що підлягають фарбуванню, час від подачі керуючого сигналу на пускач електродвигуна компресора фарбувального агрегату до появи факела лакофарбового матеріалу на виході фарборозпилювача, а також мати

конструктивну можливість розміщення фоточутливих елементів на певній відстані перед кабінкою по ходу руху конвеєрної стрічки.

Згідно технічної документації на технологічний процес фарбування на АТ «Ельворті» в цеху, де встановлена фарбувальна кабіна, швидкість руху конвеєрної стрічки складає 1,5 м/хв., час заповнення магістралі підведення лакофарбового матеріалу до пульверизатора складає 30 секунд.

Таким чином, можна визначити відстань між площиною фотобар'єра і кронштейном фарбувального агрегату, на якому закріплений пульверизатор. Ця відстань дорівнює 750 мм. Для забезпечення утворення якісного факелу лакофарбового матеріалу, завершення перехідних процесів в магістралі нагнітання повітря і фарби необхідно дещо збільшити час. При цьому, звичайно можна очікувати наявності певних втрат ЛФМ, однак при цьому гарантовано отримаємо якісне нанесення матеріалу. Зважаючи на вказане, прийmemo час заповнення магістралі 35 секунд. В такому випадку відстань між площиною фотобар'єра і кронштейном фарбувального агрегату, на якому закріплений пульверизатор складе 875 мм. Позитивним моментом, що стосується збільшення відстані від площини фотобар'єра до кронштейна, на якому закріплений пульверизатор, є можливість програмного варіювання моменту вмикання електродвигуна компресора фарбувального агрегату.

Ширина прохідного отвору фарбувальної кабінки складає 1300 мм. Звичайно максимальна ширина, деталей, підвішених на конвеєрній стрічці менша вказаного розміру. Таким чином ширину фотобар'єра прийmemo також 1300 мм. Максимальна висота деталей, які можливо підвішувати на стрічці – 3500 мм, проте зазвичай фарбуванню підлягають деталі висотою 1000-1200 мм.

Можна зробити висновок, що конструктивно є можливість встановлення перед фарбувальною кабінкою на відстані 875 мм фотобар'єру з випромінювачем RPJ1-56-20-2,2-С та приймачем EPJ1-56-20-2,2-С. Контролюєма даним бар'єром висота складає 1120 мм, кількість променів – 56, мінімальний розмір контролюємого об'єкта складає 25 мм, діапазон робочих температур – 0...+60° С.

5 ОПИС ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ, ЩО ПОВ'ЯЗАНІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРА ФАРБУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

5.1 Монтаж системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату

Розміщення вузлів у шафі КК 42.02 представлено на слайді 07.00. Монтаж мікропроцесорного блока та інших вузлів здійснюється з врахуванням зручності обслуговування при налагоджуванні і ремонті системи, а також з врахуванням можливості розміщення в шафі додаткових блоків при розширенні функціональних можливостей даної системи, зокрема блоків вимірювання температури навколишнього середовища, витрати лакофарбового матеріалу та інших.

При нормальних експлуатаційних умовах прилади в шафі можуть працювати безперервно довгий час. Але в цеху шафа встановлюється безосередньо поблизу фарбувального агрегату і для запобігання різного роду вібрацій, які можуть привести до порушення електричних контактів та зміни налагодження елементів і вузлів системи, її необхідно встановлювати на амортизаторах. Вологе повітря, пил та бруд понижують опір ізоляції, порушуючи нормальний режим роботи приладів. Наявність в повітрі агресивних газів викликає окислення контактуючих поверхонь реохордів задавачів та контактів реле. Важливою завадою в роботі приладів є наявність сильних магнітних полів в місцях встановлення датчиків та вторинних пристроїв, а також в місцях прокладки з'єднувальних ліній від датчика до вторинного приладу [29].

Якщо в приміщенні повітря підвищеної вологості і вміщує багато пилу, то потрібно добре підігнати ущільнюючі прокладки та заглушити непотрібні отвори в корпусі шафи. При великій вологості повітря в середині корпусу шафи розташовують посуд з хімічним осушувачем, який потрібно періодично герметично обробляти для збереження його якостей.

Потрібно також приділити увагу заземленню приладів, так як при поганій якості заземлення можуть з'явитися додаткові помилки в показах вторинних приладів. Не рекомендується використовувати в якості заземлення водопровідну

та опалювальну системами. Розрахунок захисного заземлення приведений в розділі охорони праці [30].

Загальна лінія, від якої живляться силові електричні пристрої, знаходиться під впливом значних коливань напруги внаслідок змін навантаження. Поряд з цим в такій лінії мають місце перешкоди, викликані струмами високої частоти, що виникають при появі дугових розрядів в силових агрегатах. Тому напругу живлення до пристроїв бажано подавати від спеціальних КВП-ліній. Підключення приладів до мережі в ряді випадків проводиться через розподільчі трансформатори. Один кінець вторинної обмотки розподільчого трансформатора повинен бути заземлений, з метою усунення наводок промислової частоти на вихідні ланцюги електронного приладу. Ця обставина особливо важлива для приладів з високоомним входом і для приладів, вимірювальні схеми яких живляться від мережних стабілізованих джерел. Розподільчий трансформатор повинен мати достатній запас потужності. Підключення розподільчого трансформатора до мережі повинно виконуватись через двополюсний рубильник і плавкі запобіжники. Не допускається включення приладів в мережу через автотрансформатор, бо він не захищає від перешкод, а у випадку застосування понижуючого автотрансформатора обривання його обмотки призводить до подачі повної напруги мережі на прилад [31].

Підведення напруги до шафи виконується дротом з прорезиненою водонепроникною ізоляцією. Діаметр дротів повинен бути не менше 1 мм^2 . З метою запобігання механічного пошкодження дротів рекомендується прокладати їх в гнучких металевих шлангах або трубах, які повинні бути надійно заземлені. Вводи дротів до шафи герметизуються за допомогою спеціальних ущільнюючих втулок. Потрібно уникати нарощування дротів, а в разі нарощування, місця стиків необхідно обов'язково пропаяти. Після завершення прокладання дротів необхідно провести перевірку опору ізоляції по відношенню до землі, він повинен бути не менше 10 МОм. Вимоги, що ставляться до дротів, які з'єднують датчики із вторинним приладом, залежать від типу датчиків та приладу. Загальною вимогою до більшості приладів є прокладення дротів від датчика до приладу в сталевих захисних трубах, обов'язково окремо від дротів мережі.

5.2 Налагоджування системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату

Перевірку неушкодженості блоків необхідно проводити перед монтажем, під час профілактичного ремонту та при виявленні пошкоджень під час роботи приладу. Перевірці підлягають: основна похибка спрацювання вторинного приладу, основна похибка запису, варіація та поріг чутливості приладу, робота механізму установки робочого струму, сигналізація “обривання в ланцюзі приладу”, рівень перешкод на вході електронного підсилювача, ступінь нагріву деталей при тривалій роботі приладу. Перевірка приладів повинна проводитись при таких умовах: температура навколишнього повітря $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, напруга живлення не повинна відрізнятись від номінальної більш ніж на $\pm 3\%$, частота струму живлення $50 \pm 0,5$ Гц, при відсутності сторонніх магнітних полів.

5.3 Експлуатація системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату

При умовах правильної експлуатації автоматичні електронні прилади можуть працювати надійно та безперервно дуже довгий час. Під час експлуатації приладів необхідно стежити за тим, щоб умови, які вважають нормальними для роботи приладу збереглися під час всього строку служби. Не допускати коливання напруги живлення мережі вище допустимих границь. При підвищенні температури понад 40°C , необхідно збільшити вентиляцію приміщення. При холоді необхідно слідкувати за опаленням приміщення. Частини вузлів, які труться, потрібно систематично змащувати. Строки та способи змащування вказані в заводських інструкціях. В процесі експлуатації необхідно систематично проводити огляд та планово-попереджувальний ремонт приладів. При огляді блоки знімаються із шафи та відправляються в майстерню, де звільняються від пилу та бруду за допомогою ганчірки та продувкою повітрям. Після видалення всіх наявних неполадок та перевірки блоків на правильність роботи встановлюють їх в шафу.

ВИСНОВКИ

Задачею даної бакалаврської роботи було удосконалення організації процесу фарбування на прикладі фарбувальної ділянки АТ «Ельворті» шляхом створення системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату з метою зменшення витрат лакофарбового матеріалу та покращення умов праці обслуговуючого персоналу.

В ході виконання роботи була розглянута загальна характеристика АТ «Ельворті», структура управління та продукція, що ним випускається, встановлено, що фактично кожен вид продукції містить деталі чи складальні одиниці, які підлягали фарбуванню.

У зв'язку з важливістю і необхідністю в складі технологічного процесу виготовлення продукції процесу нанесення лакофарбових матеріалів, було охарактеризовано процес фарбування, зокрема визначено призначення і види покриттів, розглянуті процеси підготовки поверхонь до обробки, способи затвердіння покриттів, здійснено огляд існуючих методів нанесення лакофарбових покриттів та визначено їх головні недоліки і переваги. Також подана загальна характеристика процесу фарбування на АТ «Ельворті». Встановлено, що значна кількість операцій здійснюється безпосередньо вручну оператором фарбувальної ділянки, зокрема і вмикання маніпулятора фарбувального агрегату при появі деталі на вході кабінки.

Для забезпечення можливості автоматизації даної операції було здійснено огляд існуючих засобів виявлення руху об'єктів у просторі, зокрема розглянуті і проаналізовані з точки зору можливості застосування в якості чутливих елементів потенціометричні, індуктивні, ємнісні, цифрові датчики, датчики, засновані на принципі поширення пружних хвиль, датчики близькості, оптичні датчики. З аналізу перерахованих засобів встановлено, що найбільш ефективними для виявлення наявності деталей на конвеєрній стрічці в умовах фарбувальної ділянки є оптичні датчики.

На основі проведеного огляду існуючих рішень та проведеного їх аналізу обґрунтовано принцип побудови системи позиціонування маніпулятора фарбувального агрегату. Задачею даної системи є вмикання електродвигуна компресора фарбувального агрегату при наявності на вході фарбувальної кабіни деталі, підвішеної на конвеєрній стрічці. Система містить чутливий елемент, який однозначно реагує на деталь. Забезпечується підсилення сигналу чутливого елемента до рівня, прийняттого для введення в мікроконтролер, адже в розроблюваній системі саме за допомогою мікроконтролера відбувається зчитування сигналу датчика руху, запам'ятовування моменту часу появи сигналу вказаного датчика та формування керуючого впливу на пускач електродвигуна компресора фарбувального агрегату.

Розроблена структура системи, спроектовані її функціональна та схеми електричні принципів. З метою підтвердження працездатності виробу були проведені розрахунки трансформатора та випрямляча блока живлення мікроконтролера, розрахована надійність розроблюваної системи, а також розрахована точка встановлення фотобар'єра.

Список літератури

1. Лебедев В.П. и др. Справочник по противокоррозионным лакокрасочным покрытиям /В.П. Лебедев, Р.Э. Калдама, В.Л. Авраменко. – Харьков: Прапор, 1988. – 231 с.
2. Холмов О.С., Долганов М.А. Электрические измерение неэлектрических величин. - Киев: “Техника”, 1981. – 185 с.
3. Баранов Л.А., Гершензон Г.С., Дмитриев В.И., Княжинский А.Е. Конденсаторные преобразователи в автоматике и системах управления. – М.: Энергия, 1969. – 72с.
4. Кондратець В.О. Автоматика та автоматизація виробництва сільськогосподарських машин. ч.1. - Київ: “Вища школа”, 1993. – 320 с.
5. Гостев В.И., Стеклов В.К. Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами. – К.:”Радиоаматор” 1998. – 704 с.
6. Бойко Н.П., Стеклов В.К. Системы автоматического управления на базе микро-ЭВМ. – К.: Техніка, 1989. – 182 с.
7. Коцій Я.Й., Іваник І.Г. Технологія будівельного виробництва Курс лекцій для студентів інженерно-будівельного профілю / Укл.: Я. Й. Коцій, к. т. н., доц.; І.Г. Іваник, к. т. н., доц.; С. І. Віхоть, м. н. с. – Львів: 2006. -94 с.
8. Костинюк Л.Д. Паранчук Я.С. Мікропроцесорні засоби та системи. Навчальний посібник Львів 2001. - 200с.
9. Бабіченко А.К. та ін. Промислові засоби автоматизації. Ч2. Регулювальні і виконавчі пристрої Харків: ХІП. 2001 р. - 260с.
10. Беляєв Ю.Б., Киричук С.А., Сідлецький В.М., Іванченко М.Г. Технічні засоби автоматизації Курс лекцій. – К: НУХТ, 2009. –101 с.
11. Медвідь В.Р., Пісціо В.П., Козбур І.Р. Проектування мікропроцесорних систем керування Навчальний посібник. — Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. — 360 с.