

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка та дослідження автоматичної системи контролю
технологічного процесу миття скляної тари на базі
ТОВ «Микулинецький Бровар».

Виконав: студент VI курсу, групи КАм-61
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»

(шифр і назва спеціальності)

Федорів І.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Савків В.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Козбур І.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Савків В.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Стухляк П.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розроблено та досліджено автоматичну систему контролю технологічного процесу миття скляної тари.

Спроековано автоматизовану систему контролю процесу миття скляної тари пляшкочийної машини, яка виконує автоматичний контроль та регулювання технологічних параметрів під час очищення пляшок. При розробці автоматизованої системи контролю за процесами миття та дезінфекції використано програмований логічний контролер Vision V1040 OPLC. Здійснено вибір пристроїв для вимірювань концентрації та температури миючих розчинів. Для керування електроприводами конвеєрів та насосів підібрано частотні перетворювачі.

Проведено дослідження фізико-хімічних властивостей розчинів та характеристики датчиків для вимірювання концентрації розчинів.

У спеціальній частині висвітленні питання використання ПК для задач САПР та вимоги до програмного та апаратного забезпечення АСУ ТП.

Розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях висвітленні в цьому розділі.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Особливості миття скляної тари	8
1.2 Аналіз факторів, які впливають на чистоту скляної тари	8
1.3 Функціональні елементи систем вимірювання	10
1.4 Аналіз засобів вимірювання концентрації розчинів	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Опис конструкції та принципу роботи пляшкомийної машини.....	19
2.2 Опис технологічного процесу роботи пляшкомийної машини	25
2.3 Характеристики миючих розчинів	31
2.3.1 Миючий лужний розчин	31
2.3.2 Підготовка миючого лужного розчину	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	36
3.1 Особливості вимірювань у промислових мийках	36
3.1.1 Вимірювання витрати	36
3.1.2 Вимірювання тиску	37
3.1.3 Вимірювання температури	38
3.1.4 Вимірювання питомої провідності	38
3.2 Проектування автоматизованої системи контролю	39
3.2.1 Розробка функціональної схеми	39
3.2.2 Вибір датчика рівня	42
3.2.3 Вибір пристрою вимірювання концентрації та температури	44
3.2.4 Вибір програмованого контролера	46
3.2.5 Вибір частотних перетворювачів.....	48
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	52
4.1 Дослідження електричної провідності розчинів	52
4.2 Дослідження числа переносу розчинів	59
4.3 Аналіз датчиків вимірювання концентрації розчинів	60

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	62
5.1 Використання ПК для задач САПР	62
5.2 Вимоги до програмного забезпечення АСУ ТП	62
5.3 Вимоги й характеристики використовуваної операційної системи верхнього й нижнього рівнів АСУ ТП	67
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
6.1 Заходи з охорони праці мийному відділенні	69
6.2 Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог у мийному відділенні	70
6.3 Оцінка можливих джерел пожеж на підприємстві	71
6.4 Протипожежний захист виробничих об'єктів	72
Висновки	74
Перелік посилань	75

ВСТУП

Збільшення виробничих потужностей у харчовому виробництві вимагає використання ширшої автоматизації. Виробництво продукції повинне здійснюватися в закритих системах, а ручне керування процесами необхідно звести до мінімуму [18, 19, 20]. Необхідно приймати до уваги економічні аспекти, а також спеціальні вимоги до методів миття. Якість продукту у значній мірі залежить від чистоти технологічного устаткування та тари. Чищення є першим й останнім етапом у будь-якому виробництві.

Великі підприємства харчової промисловості щодня борються з тисячами забруднених робочих інструментів і тари. Окрім відповідних гігієнічних технологій, хороше обладнання зі спеціалізованими промисловими мийними системами є фактично необхідною умовою для ефективної роботи відповідно до гігієнічних норм.

Для відповідності директивам по якості це застосовується не тільки до дійсних процесів виробництва фармацевтичних продуктів, але усе більше й більше з пов'язаними з ними процесами очищення. Для того, щоб виконати миття ефективно й абсолютно безпечно необхідно, щоб мийна здатність за допомогою мийки приймалася до уваги вже при плануванні технологічного устаткування.

Промислові мийні системи – це автоматизовані мийні системи з високою продуктивністю, які адаптовані до потреб різних галузей переробної промисловості. Залежно від галузі промисловості існує більша чи менша потреба в цих спеціалізованих мийних системах. Ці потреби особливо високі в харчовій промисловості, до якої також частково застосовуються особливо високі стандарти гігієни. Для гігієнічних концепцій цих компаній очисні пристрої або системи миття для всіх робочих матеріалів, що використовуються та повторно використовуються, є такими ж важливими, як і гігієнічні рішення для персоналу.

Промислові мийні системи переважно проектуються індивідуально, а потім адаптуються до виробничих потреб відповідної компанії. До різного виду тари та обладнання, що підлягають миттю, ставляться особливі вимоги, які необхідно враховувати безпосередньо під час планування мийних систем [21, 22, 23].

Крім міцних і високоякісних виробничих виробів з нержавіючої сталі, сучасні промислові мийні системи характеризуються, перш за все, своїми внутрішніми якостями: надійністю та економічністю. Це стає помітним під час щоденного використання завдяки зменшеному споживанню води та малому споживанню хімікатів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Особливості миття скляної тари

Перед наповненням всі пляшки багаторазового використання повинні бути ретельно вимиті [24, 25]. Миття пляшок у харчовій промисловості здійснюється пляшкомиюною машиною, задачею якої є видача чистих пляшок, вільних від мікроорганізмів і вільних від залишків колишнього вмісту.

Оскільки пляшки іноді надходять від споживачів із значними забрудненнями, то мийка пляшок багаторазового використання - досить дорогий процес, а пляшкомиюча машина - найбільший агрегат лінії розливу [26, 27, 28]. Перш ніж пляшки підуть в пляшкомиючу машину з їх загальної кількості повинні бути відсортовані пляшки: невідповідної висоти, форми і кольору; із дефектним горлечком; із невідкритим ковпачком.

1.2 Аналіз факторів, які впливають на чистоту скляної тари

Для досягнення ефективної мийки пляшок використовуються поєднання декількох факторів впливу [1, 2, 29, 30].

Вплив миючих засобів. Найважливішим засобом мийки є, без сумніву, вода, без якої вимити пляшку неможливо. Ефективність мийки однією водою низька, тому її підвищують шляхом добавки миючих засобів. Миючі засоби є лужними і вони мають бактерицидну дію, особливо при високих температурах, а також дією, що сприяє видаленню бруду. З метою підвищення ефективності мийки і зниження небажаного піноутворення до лужному розчину домішуються також і добавки. Крім того, пляшки повинні набути злегка блискучий вигляд.

Вплив високих температур при митті. Високі температури діють на розчинення бруду прискорено. При мийці скляних пляшок багаторазового користування для досягнення доброго миючого ефекту застосовують

температури від 80 до 85 °С. Однак потрапляти в область таких температур пляшки повинні не відразу, так як при цьому може виникнути висока напруга скла і пляшки можуть потріскатися. Потрібно уникати стрибків температури понад 30° при нагріванні і понад 20°C - при охолодженні. При низькій температурі навколишнього середовища (при утворенні льоду) особливу увагу потрібно приділяти поступовості підвищення і зниження температур. Замерзлі пляшки перед подачею їх в пляшкомийну машину повинні відтанути.

Чим довше діє гаряча миюча рідина, тим вища ефективність мийки. Тривалість занурення в лужний розчин (каустик) в середньому становить 6-7 хв, а в разі необхідності її можна значно збільшити. Цей час визначається при проектуванні машини і потім може змінюватися лише в невеликих межах.

Механічний вплив шляхом шприцювання. Розчинення забруднень вимагає значних витрат часу на їх розчинення і відмочування. Це також стосується видалення етикеток, клею і фольги (при її наявності), для чого пляшкомиючі машини оснащуються достатньо місткими ваннами для відмочування [31, 32, 33]. Коли більша частина забруднень розчинилась, процес мийки підкріплюється механічним впливом струменя води при шприцюванні. Велике значення надається шприцюванню при митті внутрішньої частини пляшки.

Процеси очищення, які здійснюються в промисловому митті, полягають у взаємодії чотирьох факторів: механічна дія (контакт між очищуваною поверхнею та миючим засобом); час; температура і хімічна дія (миючий засіб та його концентрація).

Механічний вплив миючого розчину - враховуються фізичні умови, необхідні для чищення, такі як тиск та об'ємна витрата. Щоб досягти коефіцієнтів турбулентного потоку, витрата повинна становити не менш 2 м/сек (або $Re > 8000$).

Температура миючого розчину - діапазон температур, який необхідний для очищення, визначений технічними можливостями, стійкістю

забруднення/залишків продукту, які необхідно видалити й хімічним складом мийного засобу.

Хімічна активність мийного розчину - концентрація, склад, поверхневий натяг і дисперсність є параметрами, які впливають на процес чищення. Тип і концентрація мийного засобу, який буде використатися, залежить сильно від типу забруднення [34, 35]. Крім того, послідовність і комбінація різних кроків чищення відіграють важливу роль.

Загальна тривалість впливу мийного розчину - процеси для розчинення бруду (розчинення каменю кислотою), нагромадження бруду (висушені залишки крохмалю й протеїну), омилення (для жирів), розбризкування й промивання підлягають тимчасовій залежності.

Не всі параметри повинні бути постійними під час процесу очищення. Процес очищення може бути оптимізований внесенням спеціальних змін в окремі параметри.

Беручи до уваги тип і рівень забруднення або залишки продуктів, необхідно прийняти попереднє рішення по введенню параметрів у ці фактори впливу вже під час фази планування для пристрою нерозбірної мийки.

1.3 Функціональні елементи систем вимірювання

Деякі фізичні величини, такі як довжина та маса, можна безпосередньо виміряти за допомогою вимірювальних приладів. Однак неможливе пряме вимірювання фізичних величин, таких як температура, сила та тиск [36, 37, 38]. У таких ситуаціях вимірювання можна виконувати за допомогою перетворювача, де одна форма енергії/сигналу, яка не піддається безпосередньому вимірюванню перетворюється в іншу форму, яку легко виміряти. Необхідно провести калібрування вхідних і вихідних значень, щоб визначити вихід для всіх вхідних значень.

Вимірювальний прилад по суті складається з трьох основних фізичних елементів [3,4, 39, 40]. Кожен із цих елементів розпізнається функціональним елементом. Кожен фізичний елемент у вимірювальному приладі складається з

компонента або групи компонентів, які виконують певні функції в процесі вимірювання. Отже, система вимірювання описується більш узагальненим методом. Узагальнена система вимірювання по суті складається з трьох етапів. Кожен із цих етапів виконує певні кроки, щоб значення фізичної змінної, яке потрібно виміряти, відображалось як вихідні дані для нашої довідки. На рисунку 1.1 схематично представлені узагальнені системи вимірювання. Три етапи вимірювальної системи такі:

1. Первинний ступінь детектор–перетворювач;
2. Проміжна модифікуюча стадія;
3. Вихідний або кінцевий етап.

Первинний детектор-перетворювач сприймає величину, що підлягає вимірюванню, і перетворює її в аналогові сигнали. Необхідно кондиціонувати або модифікувати сигнали, отримані від каскаду первинного детектора-перетворювача, щоб вони були придатними для вимірювальних цілей. Цей сигнал передається на проміжну стадію модифікації, де вони посилюються, щоб їх можна було використовувати на завершальній стадії для відображення. Ці три етапи вимірювальної системи діють як міст між вхідними даними вимірювальної системи та її виходом.



Рисунок 1.1 – Елементи узагальненої системи вимірювань

Основною функцією каскаду первинного детектора-перетворювача є сприйняття вхідного сигналу та перетворення його в аналоговий сигнал, який можна легко виміряти. Вхідним сигналом є фізична величина, така як тиск, температура, швидкість, тепло або інтенсивність світла. Пристрій, який

використовується для виявлення вхідного сигналу, називається перетворювачем або давачем [41, 42]. Перетворювач перетворює отриманий вхідний сигнал у сигнал, який можна виявити, який може бути електричним, механічним, оптичним, тепловим тощо. Згенерований сигнал додатково модифікується на другому етапі. Перетворювач повинен мати здатність виявляти лише вхідну величину, що підлягає вимірюванню, і виключати всі інші сигнали.

Наприклад, якщо сильфони використовуються як перетворювачі для вимірювання тиску, вони повинні виявляти сигнали, що стосуються лише тиску, а інші нерелевантні вхідні сигнали або збурення не повинні виявлятися. Однак на практиці перетворювачі, що використовуються, рідко бувають чутливими лише до сигналів вимірюваної величини.

На проміжному етапі модифікації вимірювальної системи перетворений сигнал модифікується та підсилюється відповідним чином за допомогою пристроїв кондиціонування та обробки перед тим, як передати його на вихідний каскад для відображення. Кондиціонування сигналу (шляхом шумозаглушення та фільтрації) виконується для покращення стану сигналу, отриманого на першому етапі, щоб збільшити відношення сигнал/шум [43, 44]. Якщо потрібно, отриманий сигнал додатково обробляється за допомогою інтегрування, диференціювання, додавання, віднімання, оцифровування, модуляції тощо. Для отримання вихідного сигналу, аналогічного входу, характеристики вхідні сигнали повинні бути перетворені з істинною точністю.

Вихідна або кінцева стадія вимірювальної системи представляє значення виходу, яке є аналогічним до вхідного значення. Вихідне значення надається шляхом індикації або запису для подальшого оцінювання людьми або контролером, або комбінацією обох. Індикація може бути забезпечена шкалою та показником, цифровим дисплеєм або електронно-променевим осцилографом. Запис може бути у формі сліду чорнила на паперовій діаграмі або комп'ютерного роздруку. Інші методи запису включають перфоровані

паперові стрічки, магнітні стрічки або відеокасети. Також можна використати камеру для фотографування сліду катодного осцилографа.

Вимірювання таких фізичних величин, як тиск, сила, температура, які неможливо виміряти безпосередньо, можна проводити непрямим методом вимірювання [45, 46]. Цього можна досягти за допомогою перетвореного сигналу для переміщення вказівника на шкалі або шляхом отримання цифрового виходу.

Узагальнена вимірювальна система складається з трьох функціональних елементів: первинного детекторно-перетворювального каскаду, проміжного модифікуючого каскаду та вихідного або кінцевого каскаду. Кожна ступінь виконує певні функції, так що значення фізичної змінної, що підлягає вимірюванню (вимірювана величина), відображається як вихід. Крім того, у багатьох програмах потрібна функція контролю. Наприклад, вимірювальні системи, що використовуються в управлінні процесом, містять четверту стадію, яка називається стадією керування зі зворотним зв'язком. Етап керування зворотним зв'язком по суті складається з контролера, який інтерпретує виміряний сигнал залежно від того, яке рішення було прийнято для керування процесом. Отже, відбувається зміна параметра процесу, що впливає на величину вимірюваної змінної. Тут важливо зазначити, що чим вища точність вимірювання контрольної змінної, тим краще точність контролю. На рисунку 1.2 показано просте схематичне зображення узагальненої вимірювальної системи.



Риунок 1.2 – Ступені узагальненої вимірювальної системи

Детекторний або чутливий елемент вимірювальної системи спочатку вступає в контакт із величиною, що підлягає вимірюванню, і отримана інформація негайно перетворюється в аналогічну форму [47, 48]. Перетворювач, який може бути електричним, механічним, оптичним, магнітним, п'єзоелектричним тощо, перетворює отриману інформацію в більш зручну форму. Перетворювач - це пристрій, який перетворює одну форму енергії в іншу.

Термін ефективність передачі вперше був визначений Сімпсоном для порівняння різних пристроїв, що використовуються на першому етапі. Залежно від інформації, яку сприймає та доставляє давач, ефективність передачі визначається таким чином E_n :

$$E_n = I_{del}/I_{sen}$$

де I_{del} — це інформація, яку надає пристрій захоплення;

I_{sen} — це інформація, яку сприймає пристрій.

Це співвідношення не може бути більше одиниці, оскільки сенсорний пристрій не може самостійно генерувати будь-яку інформацію. Отже, бажано мати давач із дуже високою ефективністю передачі.

Перетворювачі класифікуються наступним чином:

1. Первинні та вторинні перетворювачі;
2. Засновані на принципі трансдукції;
3. Активні та пасивні перетворювачі;
4. Аналогові та цифрові перетворювачі;
5. Прямі та зворотні перетворювачі;
6. Перетворювачі нуля та відхилення.

Перетворювачі зазвичай визначаються як пристрої, які перетворюють значення фізичних величин у формі вхідних сигналів у відповідні електричні вихідні сигнали [49, 50]. Фізичною величиною може бути тепло, інтенсивність світла, швидкість потоку тощо. З точки зору перетворення енергії, перетворювач визначається як пристрій, який перетворює енергію з однієї форми в іншу. Енергія може бути в електричній, механічній або акустичній

формі. Перетворювачі — це пристрої, які використовуються для перетворення отриманої інформації (сигналів) між двома різними фізичними доменами. Перетворювачі, які включають весь перетворювач детектора або первинний ступінь узагальненої вимірювальної системи, можуть містити два важливі компоненти:

Функція сенсорного або детектуючого елемента полягає в тому, щоб реагувати на фізичне явище або зміну фізичного явища. Тому його називають первинним перетворювачем.

Елемент трансдукції Функція елемента трансдукції полягає в перетворенні вихідного сигналу, отриманого чутливим елементом, на аналогічний електричний вихід. Тому його називають вторинним перетворювачем.

Крім них, первинний каскад також складається з допоміжних джерел енергії, підсилювачів потужності та калібрувальних джерел.

Ступінь перетворювача первинного детектора зазвичай виявляє механічну величину та перетворює її в електричну форму. У проміжній стадії модифікації вимірювальної системи перетворений сигнал додатково модифікується та посилюється за допомогою пристроїв кондиціонування та обробки, щоб сигнал був відповідним перед тим, як передавати його на вихідний або кінцевий каскад для відображення [51, 52, 53]. Елементи завершального етапу зазвичай містять індикатори, реєстратори, блоки відображення та обробки даних, а також елементи керування.

Обробка сигналу має важливе значення для покращення стану сигналу, отриманого на першому етапі, шляхом зменшення шуму та фільтрації таким чином, щоб збільшити відношення сигнал/шум. Якщо потрібно, отриманий сигнал необхідно додатково обробити за допомогою ослаблення, інтегрування, диференціювання, додавання, віднімання, оцифровування, модуляції тощо. Тут важливо пам'ятати, що для отримання вихідного сигналу, аналогічного входу, характеристики вхідних сигналів повинні бути перетворені для відображення зі

справжньою точністю. Таким чином, динамічне вимірювання механічних величин створює серйозне навантаження на елементи проміжного ступеня.

1.4 Аналіз засобів вимірювання концентрації розчинів

Концентрація розчину характеризує вміст розчиненої в ньому речовини. Найпоширеніші прилади для вимірювання концентрації – рефрактометри, кондуктометричні концентратоміри, поляриметри та ін..

Рефрактометричний метод зводиться до визначення концентрації розчинів через вимірювання показника заломлення світла при переході між середовищами, які відрізняються оптичною густиною [5, 6, 54].

Основними методами рефрактометрії є:

- 1) метод прямого виміру кутів переломлення (точність приблизно 10-5);
- 2) методи засновані на явищі повного внутрішнього відбиття світла (точність порядку 10-5);
- 3) інтерференційні методи (точність порядку 10-7...10-8).

Найбільше широко поширені рефрактометри другого типу, оскільки мають наступні переваги:

- 1) дозволяють користуватися джерелом білого світла й при цьому визначати значення показника переломлення відповідне стандартній довжині хвилі (жовтий дублет D-лінії в спектрі натрію, середовищ дії значення $\lambda_D=589,3$ нм);
- 2) для виміру n рідини досить усього краплі, а у випадку твердого зразка досить використовувати лише одну його грань;
- 3) наявність у приладі компенсаційних призм Амічі дозволяє визначати питому дисперсію показника переломлення ($1/n \cdot \partial n / \partial \lambda$);
- 4) зразок досить легко термостатується.

Для виміру коефіцієнта переломлення прозорих рідин використовується так званий метод ковзаючого променя, при якому у порівнянні з повним внутрішнім відбиттям хід променів звернений. На рис.1.5 зображена

схематично вимірювальна голівка рефрактометра, що полягає з вимірювальною АВС і освітлювальною А'В'С' прямих трикутних призм (призми Аббе), установлених з невеликим зазором так, що грані АВ і А'В' чітко паралельні. Зазор заповнений досліджуваною рідиною.

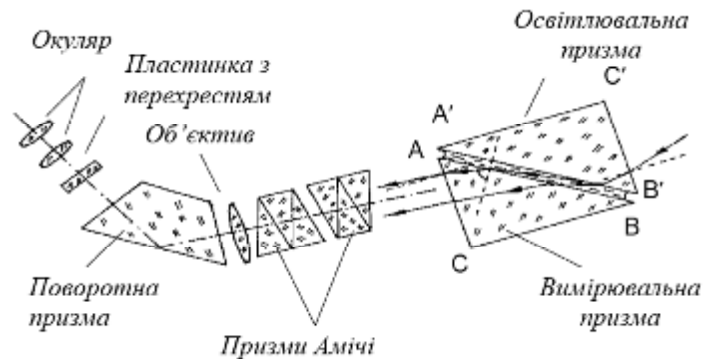


Рисунок 1.3 – Будова рефрактометра

Система призм висвітлюється з боку грані С'В'. Грань А'В' другої призми зроблена матовою, і, розсіюючись на ній, світло падає на границю рідина - скло (грань АВ) під різними кутами. Оскільки товщина зазору мала в порівнянні з розмірами граней, то кут падіння практично досягає 90° (кут ковзання). Переломлені промені спрямовані у вимірювальній призмі в межах від 0 до $\varphi_{\text{ін}}$. Вихідні із грані АС промені створюють у зоровій трубці картину розмежованих верхнього світлого й нижнього затіненого полів. Через дисперсію світла границя світла й тіні може бути пофарбованою. Для усунення цього й вимірювання питомої дисперсії досліджуваної речовини між призмами й зоровою трубкою встановлена система ахроматизуючих дисперсійних призм (Амічі), при повороті яких можна добитися зникнення веселкового фарбування границі. Після того як досягнута максимально можлива різкість границі розділу світлого й темного полів, повертаючи систему призм навколо горизонтальної осі, встановлюють границю точно в центрі поля зору (на схрещенні волосків в окулярі). Оскільки вимірювальна головка жорстко пов'язана з відліковим обладнанням, то спостережені в окуляр показники його шкали, відповідно до положення призм, дають значення коефіцієнта переломлення досліджуваної рідини. У свою чергу покази шкали барабана компенсатора подають інформацію про її середню дисперсію.

Для визначення коефіцієнта переломлення пофарбованих і мутних рідин, а також твердих зразків використовується метод повного внутрішнього відбиття, оскільки в цьому випадку границю розділу доцільніше висвітлювати з боку вимірювальної призми ABC. Грань СВ зроблена матовою і промені, розсіюючись, падають на границю розділу вимірювальної призми й досліджуваної речовини (грань АВ) під різними кутами. При відбитті від неї промені з кутами падіння більшими $\varphi_{\text{ін}}$ мають більшу інтенсивність, тому що відбувається повне внутрішнє відбиття. У результаті в зоровій трубці спостерігається нижнє світле поле й верхнє поле півтіні. Подальше настроювання рефрактометра й зняття показів проводиться аналогічно методу ковзаючого променя [55, 56].

Принципом дії кондуктометричних концентратомірів є вимірювання електричної провідності рідин у залежності від концентрації та природи розчинених у них речовин.

До недоліків даного методу можна віднести залежність результатів вимірювання від температури і можливість використання кондуктометричних концентратомірів лише для аналізу бінарних сумішей або псевдобінарних за умови, що всі інші концентрації невизначених компонентів постійні.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис конструкції та принципу роботи пляшкомийної машини

Пляшкомийні машини переважно комплектуються такими технологічними вузлами [7, 9, 57]:

- система розподілу теплоти;
- пристрій внутрішнього транспортування пляшок;
- пристрої завантаження та вивантаження брудної тари в машину;
- вузол шприцювання пляшок;
- головний привід;
- блок видалення етикеток;
- витяжка;
- система дезінфекції пляшкомийної машини;
- система управління машиною.

У пляшкомийних машинах особливої уваги необхідно приділяти до миючого розчину лугу. Оскільки його концентрація під час багаторазового використання повинна завжди утримуватися і заданих межах.

Завдяки великій системі труб та резервуарів, стічні води після ін'єкції збираються та перекачуються назад насосами. Частина стічних вод використовується для нагрівання ванн для замочування, у яких замочуються брудні пляшки перед відправкою на лужну обробку. Вміст лужних ванн постійно циркулює за допомогою циркуляційних насосів з витратою 100-150 м³/год і підтримується в межах заданої температури за допомогою термостата. Однак може виникнути необхідність повторного використання стічних вод після ін'єкції, оскільки ці стічні води не забруднені. Якщо відбувається постійне нагрівання через попередню лужну ванну, то це тепло також має бути видалене. Це здійснюється шляхом передачі надлишкового тепла із секції лужного впорскування в першу лужну імєрсійну ванну за допомогою пластинчастого теплообмінника. Оскільки наступні етапи упорскування здійснюються з водою

при зниженій температурі, оброблений луг може бути повторно використаний. Пляшки транспортуються через машину рядами в носіях/слотах для пляшок за допомогою конвеєра. Цей рух носіїв пляшок від одного впорскування до іншого може бути як ритмічно уривчастим, так і безперервним.

В обох випадках мова йде про час ритму роботи такту, тобто часу переміщення від однієї станції до іншої, за який відбувається вхід і вихід однієї касети. Воно зазвичай складає 3-4 секунди і визначає продуктивність пляшкомильної машини. Залежно від продуктивності пляшкомильна машина може мати від 200 до 600 касет з кількістю пляшок в ряді від 16 (у дуже малих машин) до 40 пляшок (у більш великих). Ці касети представляють собою міцну сталеву конструкцію і виконані так, щоб вони не прогиналися ні на вході, ні на виході, ні в секторі шприцювання або видалення етикеток. У касетах закріплені гнізда для пляшок, виготовлені з пластмаси або у виконанні сталь/пластмаса (рис. 2.1), в яких транспортуються пляшки. Вибір пластмаси як матеріалу обумовлений тим, що інакше пляшки будуть тертися об жорсткий метал і пошкоджуватися. Крім того, пляшки в цих гніздах центруються самостійно, що дуже важливо для шприцювання. Пляшки рядами в касетах з гніздами проходять всі станції машини і покидають свої гнізда тільки при виході на стороні розвантаженні.

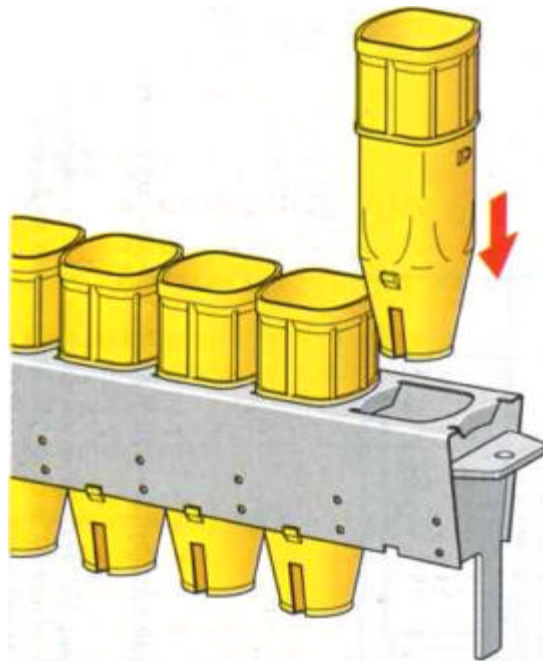


Рисунок 2.1 – Пляшкова касета зі вставленими пластмасовими гніздами для пляшок

Завантаження пляшок відбувається за допомогою комбінованої системи обертових кулачків, що здійснюють обертальні і коливальні рухи (рис. 2.2). При цьому згруповані рядами пляшки бережно перекидаються і за допомогою обертового механізму завантаження кулачкового типу вводяться в носії, які знаходяться в горизонтальному положення. Вихід пляшок із машини після мийки відбувається аналогічно при повільнішому обертанні механізму вивантаження, що вільно опускає і ставить пляшки на відповідний конвеєр.

Після мийки у відмочуваних ваннах пляшки в усіх машинах проходять зони шприцювання, в яких шприцюванням із понижуючою температурою миється внутрішня частина пляшки для видалення залишків луку та інших речовин. Для цього необхідно, щоб охоплені були як бічні стінки пляшки, так і дінце з його особливо важковідмивавим ободком, яке досягається шляхом вприскування дуже сильного струменя.

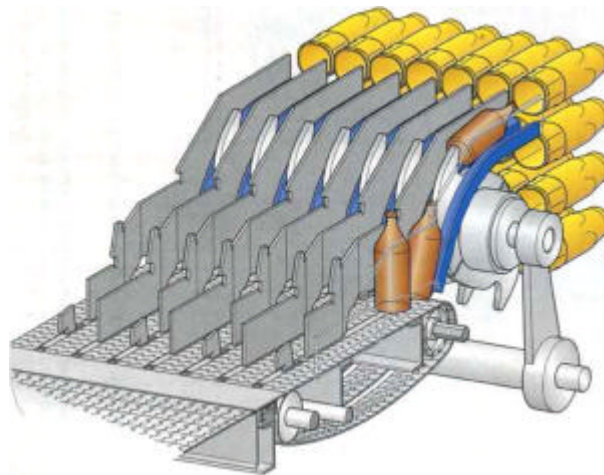


Рисунок 2.2 – Завантаження пляшок у машину

До шприцювання пред'являється ряд вимог:

- горлечко пляшки має невеликий внутрішній діаметр (у більшості типів пляшок він складає всього приблизно 16 мм);
- якщо потрібно домогтися надійної внутрішньої мийки, то на різні частини дна пляшки слід направляти сильний струмінь, для чого має бути точно погоджено рух пляшки з роботою головки шприца;

- обсяг струменя, що надходить в пляшку, повинен бути таким, щоб при вприскуванні більшого обсягу рідини пляшка «не захлиналася б» в області горлечка, в іншому випадку вода, що виливається буде перешкоджати струмені уприскування і мийка не зможе бути достатньо ефективною.

При шприцюванні обертовий вал із насадками рухається синхронно з рядами пляшок (рис. 2.3).

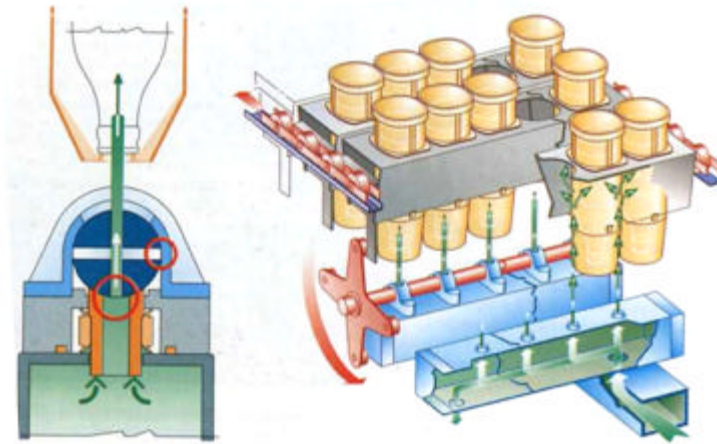


Рисунок 2.3 - Шприцювання пляшок

Вал із насадками має отвори для пропускання струменя і слідуючи точно повільним рухом пляшки, направляє струмінь на стінки і дно пляшки в різних напрямках і під різними кутами (рис. 2.4).

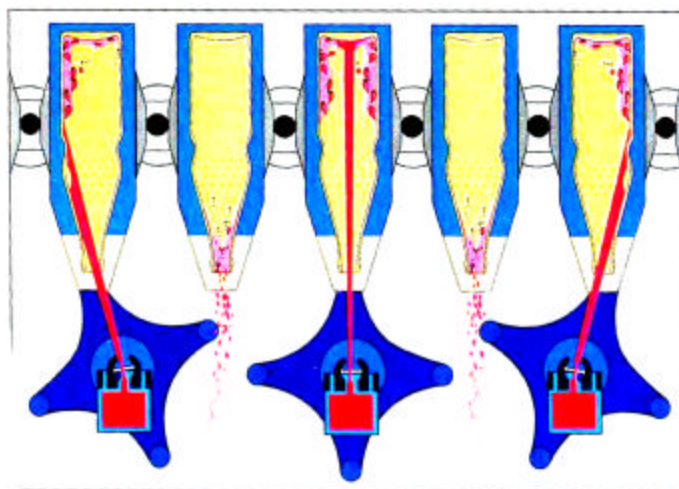


Рисунок 2.4 – Шприцювання за допомогою обертового вала з насадками

Насадки розміщені на обертовому валу з радіальним зміщенням в 90° без осевого зміщення. При обертанні вала в одному напрямі струмінь діє в постійно змінюваному напрямку, промиваючи всю пляшку і не допускає прилипання залишків етикеток. Тиск впорскування становить приблизно 2,0 - 2,5 бар, діаметр отворів при неперервному шприцюванні - від 2,0 до 4,0 мм. Цей діаметр не повинен змінюватися, так як від нього залежить миючий ефект впорскуваного струменя. При цьому він повинен бути спрямований так, щоб вода з пляшки все ж могла витікати; в іншому випадку всередині пляшки виникне нуртування і ефект мийки погіршиться. Тому працюють переважно з періодичним шприцюванням, даючи можливість воді витекти.

Касета з пляшками безперервно повільно рухається через машину за допомогою трьохфазного гальмівного електродвигуна з електронним частотним регулюванням або механічним регулюючим редуктором. Станції приводів працюють синхронно за допомогою валів з кривошипом і черв'ячних редукторів. У великих машинах привід станцій здійснюється окремим редуктором, який синхронізується центральним частотним перетворювачем.

Приводні станції розташовуються в самих верхніх точках, бо там діє сила тяжіння ланцюгів. Якби важкі касети з пляшками приводилися в рух тільки з одного боку, то вони дуже швидко перекошилися б. Щоб уникнути цього протилежного розташування зірочки з'єднані між собою зносостійкими порожнистими валами, які приводяться в дію централізовано. При цьому миючий лужний розчин завдяки дренажним камерам на станціях приводу захищеного від попадання мастила підшипників, а підшипники - від попадання луку. Касети з'єднані з обох сторін з ланками ланцюга.

У гарячій лужній ванні відклеюються всі етикетки. Відклеювання повинно відбуватися цілком, етикетки не повинні розпадатися на волокна. Однак чим довше залишаються етикетки в гарячій лужній ванні, тим більше зростає небезпека їх розшарування на волокна і розпаду (перетворення в пульпу). Тому необхідно якнайшвидше видалити етикетки.

Головна умова для цього - забезпечення гарної циркуляції лугу під взаємодією насоса відповідної потужності. За рахунок цієї циркуляції підхоплюються відклеєні етикетки і відділяються за допомогою знімного сита. У великих пляшкомиїних машинах найчастіше застосовують полімерні стрічкові фільтри або сітки з нержавіючої сталі, що дозволяють видаляти етикетки безперервно.

У двосторонніх машинах у відбірниках етикеток застосовують лопатеві насоси з великою продуктивністю (до 3000 м³/год). Видалені етикетки містять ще дуже багато лугу, який можна повторно використовувати. Крім того, мокрі етикетки не так легко утилізувати. Тому мокрі етикетки відпресовують додатково в етикеточному пресі, який розміщується під відбірником для етикеток. У пресі за допомогою гідравлічного циліндра з силою тиску 12 бар з етикеток видаляється приблизно 80% рідини; при цьому обсяг їх маси зменшується на 50-75% (рис. 2.5). Віджаті етикетки, надходячи в злегка розширену конічну трубу, додатково підсихають, а потім скидаються в призначений для них контейнер. Утилізація залишків етикеток може бути пов'язана з певними проблемами.

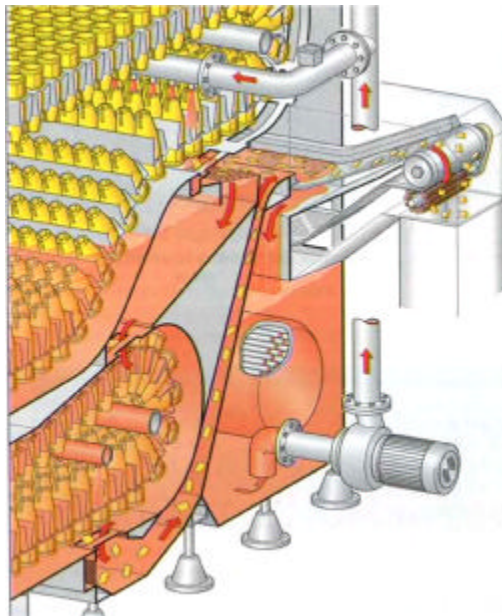


Рисунок 2.5 – Відбір етикеток за допомогою сінчастої стрічки при цілеспрямованому циркуляційному потоці.

Завжди існує можливість, що окремі пляшки до або під час обробки розіб'ються, і уламки будуть скупчуватися в нижній частині машини. Оскільки уламки скла мають дуже високу твердість і при заструганні можуть пошкодити машину, деякі пляшкокомийні машини оснащуються пристроєм, в якому пляшки проводяться над ґратами, через які бите скло провалюється і потім вивантажується окремо від інших відходів цеху.

У головній частині машини відбувається охолодження. При переході температури нижче точки роси пари в машині осідають і у вигляді крапель або конденсату можуть потрапити у вимиті пляшки. Цю загрозу можна усунути шляхом влаштування витяжки випарів на стороні розвантаження. Проблему конденсації на холодних поверхнях можна нейтралізувати шляхом обігріву поверхонь машини в критичних точках.

Пляшкокомийну машину можна оснастити пристроєм для миття і дезінфекції всієї проблематичної головної частини машини, забезпечивши тим самим ефективну дезінфекцію навіть самих в важкодоступних місцях. Дезінфекцію головної частини машини можна здійснювати холодним способом або парою.

2.2 Опис технологічного процесу роботи пляшкокомийної машини

Цикл миття у пляшкокомийній машині складається з окремих фаз залежно від конфігурації. У найскладнішій версії машини включені всі наступні кроки.

Попереднє миття. Відразу після зони подачі пляшки перевертаються догори дном, щоб залишки рідини та сипучі частинки бруду випадали з пляшок. Залишки збираються та викидаються з машини окремо. Стрічковий конвеєр у вигляді сита може бути організований для видалення з машини твердого бруду. Сито-стрічка одночасно є фільтром для стічної води. Позаду зони видалення бруду може бути розташована внутрішня водоструминна труба для подальшого видалення брудних частинок зсередини пляшок якомога раніше. Потім пляшки занурюють і наповнюють теплою водою. Вода

залишається в пляшках, поки вони не перевернуться догори дном у наступній секції струменя. Вода, що витікає, повертається в систему попереднього замочування через сито-стрічковий фільтр. Це перший випадок, коли пляшки перевертають догори дном, і в такий спосіб бите скло та бруд збираються в нижній частині ємності.

Потім пляшки попередньо промиваються набором внутрішніх розпилювачів і зовнішніх душів. Переміщуються в занурену ванну з рекуперацією тепла, де тепло передається із зони охолодження без змішування води. У цій зоні температура поступово підвищується, використовуючи залишкове тепло води, отриманої із зони полоскання.

Потім пляшки потрапляють у фактичну зону миття, яка складається з певної кількості ідентичних замочувань миючого засобу – точна кількість залежить від необхідного часу обробки. Миття пляшки складається з трьох основних етапів: спочатку пляшку занурюють у замочування, де бруд піддається хімічному впливу їдкої дії соди, посиленої високою температурою; на другому етапі пляшка спорожняється для видалення розчиненого бруду і використаного розчину; на третій стадії механічна дія внутрішнього струменя видаляє забруднення, які зазнали хімічної атаки, залишковий бруд вступає в безпосередній контакт з розчином миючого засобу наступного замочування.

У подальшому пляшки переходять до зони промивання, яка зазвичай включає зону занурення та набір зон розпилення. У цій зоні температура поступово знижується, і миючий розчин видаляється як з пляшок, так і з несучих балок через спеціальні комплекти розпилювачів. Уся промивна вода повертається в зону попереднього промивання. Кожна зона розпилення складається з набору внутрішніх розпилювачів високого тиску та зовнішнього душу.

Перед розвантаженням пляшок відбувається остаточне впорскування прісної води, і після достатнього часу відтікання система розвантаження поміщає пляшку на конвеєрну стрічку.

Детальніше процес миття пляшок у машині можна представити сімома етапами: попереднє змочування, тривале намочування, видалення етикеток, видалення залишків мийного розчину, промивка струменем води і змивання, промивка питною водою, додаткове охолодження пляшок та стікання залишкової води (табл.2.1).

Пляшки подаються на стіл акумуляції живлячим транспортером [7, 9, 58]. Стіл акумуляції складається з короткого 19-ти стрічкового вступного конвеєра, що приводиться в рух електродвигуном, за допомогою коробки передач, регульованою варіатором.

На столі акумуляції пляшки за допомогою розподільних пальців і орієнтації надходять по рядах в завантажувальний пристрій. Завантажувальний пристрій складається з кінематичної системи передач і рухів. Рух балки, несучої пальці-завантажувачі, синхронно пов'язане ланцюгом з головним приводом за допомогою механічної муфти, яка у разі перевантаження вимикає блокувальні вимикачі. Пальці-завантажувачі захоплюють пляшки і по пластмасовій лінії вкладають їх в пляшкові кошики. Пляшкові корзини із пластику, лугостійкі і теплостійкі. Одному циклу завантажувача відповідає переміщення головного ланцюга з кошиками на один ряд.

Попереднє змочування у воді

За рахунок попереднього змочування в 3-х фазах забезпечується:

- поступовий підігрів пляшок до температури головної лужної ванни
- видалення більшої частини вільних і великих домішок
- незначне забруднення головної лужної ванни
- рекуперація тепла

Треступеневий попередній нагрів і попереднє миття пляшок полягає у принципі протиструму - завдяки цьому забезпечується дбайливе поводження з пляшками, вони не піддаються занадто великій температурній різниці, накопичення тепла оптимальне, відбувається економія теплоенергії, а також зниження температури стічних вод. Внаслідок ретельної попередньої мийки лужні ванни забруднюються небагато.

У зоні попереднього миття з найнижчою температурою пляшки наповнені водою не повністю, із зовнішнього боку вони підігріваються водою за рахунок нагрівальної зони I, так само як і носії кошиків. В нагрівальній зоні II пляшки занурені повністю, це означає, що вони наповнені водою також всередині, спільно з несучими корзинами вони піддаються подальшому нагріванню водою за рахунок нагріву ступеня III.

Таблиця 2.1. Етапи миття пляшкомильної машини

№ з/п	Етап	Фаза	Контрольований параметр	Значення
1	Попереднє змочування	змочування	температура	35° С
		змочування	температура	45° С
		змочування, змивання	температура	55° С
2	Тривале намочування	намочування в мийному розчині	температура	75–85° С
3	Видалення етикеток	змивання потоком лугу	рівень розчину	мін/макс
4	Видалення залишків мийного розчину	2х промивка обертovими форсунками	температура, рівень води у ванні	65-70° С
		промивка стаціонарними форсунками	температура, рівень води у ванні	65-70° С
		зовнішнє споліскування	температура, рівень води у ванні	65-70° С
5	Промивка струменем води та змивання	7х промивка водою обертovими форсунками	температура	20-65° С
		3х промивка водою стаціонарними форсунками	температура	20-65° С
		3х зовнішнє споліскування водою	температура	20-65° С
6	Промивка питною водою	2х промивка водою обертovими форсунками	температура	8-12° С
7	Додаткове охолодження пляшок та стікання залишкової	охолодження пляшок	температура	12-16° С

	ВОДИ		
--	------	--	--

Після спливання на поверхню їх спорожнюють і одночасно ополіскують водою за рахунок зони зворотного охолодження, завдяки чому вода в зонах попереднього змочування I і II залишається відносно чистою. Надмірна кількість води витікає через перепад в зоні попереднього змочування прямо в канал, що відводить воду. Тим самим у ванні попереднього нагрівання відбувається постійний водообмін.

Лужна ванна - це секція пляшкомийної машини, в якій здійснюється власний процес миття шляхом намочування пляшок, комбінованого з їх промиванням струменем води. Завдяки тому, що ланцюг з корзинами проходить лужну ванну попереднього змочування тричі, то це є досить тривалим процесом для усунення етикеток і осаду в пляшках. Вода в лужну ванну для змочування напускається через вентиль або надходить з регенераторів - до висоти перепаду. Луг випускають через вентиль в стік або в регенератори. Залишок лугу, включаючи забруднення, випускається через очисні отвори.

Автоматичне регулювання рівня рідини в ванні. У перебігу ходу головного насоса виникає різниця в рівні між змочуваною ванною і ванною з нагрівом, причому відбувається сильна циркуляція лугу і одночасно винос етикеток з мийної машини. Автоматичне регулювання рівня служить для підтримування робочого рівня у ванні з нагріванням і забезпечує необхідний стовп рідини для всмоктування головного насоса.

Зона відмочування етикеток - це частина пляшкомийної машини, в якій відбувається змивання і відділення етикеток. Відмочування й усунення етикеток проводиться за допомогою двох етапів:

- Лужне відмочування 1 (нижнє): етикетки, які легко відклеюються, усуваються в лужній ванні і безпосередньо відводяться на конвеєр.
- Лужне відмочування 2 (верхнє): етикетки, які не відклеюються легко, після їх спливання з лужної ванни змивають, за допомогою дієвого лужного охолодження вони відводяться безпосередньо на конвеєр.

Завдяки безпосередньому і швидкому відведенню етикеток, вони не встигають розірватися і розпастися на волокна. Тим самим знижується забруднення лугу, а термін її використання підвищується. Секція складається з наступних складових частин:

- агрегат, встановлений нижче рівня розчину
- агрегат, встановлений вище рівня розчину
- форсунки
- елімінатор етикеток
- насос
- фільтрувальний пристрій
- теплообмінник

Змивання етикеток з поверхні пляшки і з площини пляшкомийки в мийну ванну, в сторону відділювача етикеток, забезпечується за рахунок гідродинамічної дії мийного розчину. Даний ефект досягається за рахунок спеціальної інтенсивної промивки в сторону шийок пляшок, причому мийний розчин проходить через форсунку великого діаметру, що забезпечує надійне змивання етикеток.

Обігрів машини забезпечується зануренням в ванну трубчастим теплообмінником, що гарантує циркуляційне протікання вмісту ванни. В якості опалювального тіла служить насичений водяний пар з надлишковим тиском 0,3 МПа.

Транспортер виносу етикеток складається з ситкового конвеєра, що приводиться в рух коробкою передач з двигуном. Через цей конвеєр переливається циркулюючий луг спільно з етикетками і домішками, які прилипають до конвеєра і виносяться з мийної машини. На виході конвеєра етикетки змитає щітка. Ситковий конвеєр забезпечує безперервне усунення етикеток і домішок, тому спільно з іншими фільтраційними пристроями сприяє більш тривалому використанню лугу.

Пляшки поступово піддаються шприцюванню спочатку лугом, потім водою, яка очищається і відновлюється за допомогою протиструму і нарешті

питною водою. Внутрішнє шприцювання проводиться шляхом комбінації нерухомих і ротаційних душових головок. У ротаційному душі шприцеві форсунки розміщені в підшипниках, обертаються синхронно з рухом пляшок. Поводок на балці з корзинами наїжджає на зірку, повертаючи її на 90°. Тим самим забезпечується точне центрування шприцевого променя в центр шийки пляшки. Маятниковим рухом шприцевого променя шприцюють стінки і дно пляшки в різних кутах падіння. Таким чином пляшка промита досконало. Система зовнішнього шприцювання, що складається з шприцевих трубок з великими отворами, забезпечує достатнє охолодження пляшок і змивання лужних засобів, не має притому ніяких вимог щодо технічного обслуговування. Надмірний тиск форсунок знаходиться в інтервалі 0,05 - 0,09 МПа (система низького тиску). Через комплект фільтраційних сит рідина повертається в ванни, причому великі домішки залишаються на ситі, тому не відбувається знос або пошкодження системи шприцювання.

Вивантаження пляшок і їх подачу на конвеєр забезпечує механізм, що складається з направляючої та ротаційних сегментів. Вимиті пляшки ковзають по направляючій на точки ротаційних сегментів, які обертаються синхронно з рухом головного приводу, а від перевантаження захищені блокуючим вимикачем. По похилій поверхні пляшки потрапляють на рівень конвеєра, після чого за допомогою ексцентричної форми сегмента виштовхуються на конвеєр, що виходить.

2.3 Характеристики миючих розчинів

2.3.1 Миючий лужний розчин

Миючий лужний розчин готують на основі 1,5-2% розчину їдкого натрію (NaOH) із адаптивами [5, 59].

Вимоги до миючого лужного розчину:

- миючий лужний розчин повинен володіти високим миючим ефектом, а саме:

- здатністю розчиняти бруд;
- володіти бактерицидною дією;
- володіти хорошою сполучною властивістю;
- володіти здатністю швидкого проникнення в папір етикеток;
- він не повинен бути отруйним і не повинен забруднювати води токсичними речовинами;
- він не повинен утворювати відкладення каменю;
- він не повинен пінитися;
- він повинен добре дозуватися;
- по можливості бути відносно дешевим.

Якщо доводиться працювати з алюмінієвою фольгою, то лужність розчину повинна бути збільшена, інакше буде виділятися і осідати алюмінат. У цьому випадку приходиться рахуватися з тим, що алюмінат пов'язує триразове кількість лугу (вміст 0,7% алюмінату підвищує необхідну концентрацію лугу на 2,1%). Концентрація при цьому стає досить високою, щоб за час використання весь алюміній розклався.

Якщо луг застосовується на другій стадії лужної обробки, то його концентрація повинна бути вже нижче (0,5-0,8% NaOH), й адитиви в неї вже не додаються, оскільки вони вносяться в лужну ванну постійним поточним виносу.

В якості адитивних добавок до миючих засобів найчастіше використовують п- і к-тензиди. Вони хоча і володіють хорошою очисною дією, проте здатні залишати відкладення на твердих поверхнях, і тому погано змиваються.

Після шприцювання пляшки не відразу повністю спорожняються. Можна вважати, що в півлітровій пляшці навіть через 10 с. після спорожнення залишається 2-3 г рідини, а це становить 0,5% маси наповнення. Тільки приблизно через 30 с стікання вміст зменшиться до 1 г.

Сюди ще додаються луг і вода, які затримуються на пляшкової касеті і в гніздах, так що можна очікувати, що приблизно 10-15 мл рідини на кожную пляшку буде перенесено в наступний сектор. Отже, якщо лінія потужністю в

30 000 пляшок/год працює протягом 10 год, то за цей час пройдуть 300 тисяч пляшок. Вважаючи, що на 1 пляшку припадає 10 мл (= 0,010 л) рідини, тоді $300000 \cdot 0,01 \text{ л} = 3000 \text{ л} = 30 \text{ гл}$ буде «перенесено» з одного відсіку в інший. При цьому втрати рідини майже не має, так як в тому ж обсязі буде проходити приплив з попереднього відсіку. Відмочування, яке передує лужній ванні забезпечується гарячою водою або гарячим лугом. Тому використання стадії відмочування буде в будь-якому випадку сприяти:

- охолодженню лужної ванни;
- розбавленню водою луги;
- внесенню забруднюючих речовин.

Тому зрозуміле прагнення різними заходами зменшити обсяг рідини, яка переноситься. До таких заходів належать:

- витримування більш тривалого часу для стікання рідини;
- застосування в кінці шприцювальних відсіків тільки внутрішнього шприцювання;
- застосування лужного шприцювання тільки всередині пляшки.

Внаслідок втрати лугу знижується її концентрація. Щоб мати можливість гарантувати повний ефект пляшкоомийної машини, луг постійно додають, і його концентрація доводиться до кондиції. Крім того, електрична провідність розчину лугу постійно контролюється за допомогою давачів, які не чутливі до забруднення, і потрібна кількість лугу добавляється по необхідності із запасних ємностей.

При постійній температурі електрична провідність пропорційна концентрації лугу, яка безпосередньо не може бути виміряна.

У якості запасних ємностей використовують резервуари з пластмаси, які повинні стояти в захисних ваннах для запобігання небажаного розтікання реагентів у разі протікання. Ці запасні ємності слід по можливості розміщувати в окремому приміщенні (склад хімічних реагентів) недалеко від пляшкоомийної машини і з'єднувати їх за допомогою необхідних трубопроводів, дозаторів, регулюючих приладів і насосів із пляшкоомийною машиною.

2.3.2 Підготовка миючого лужного розчину

Внаслідок повторного використання миючого лужного розчину погіршується його якість, оскільки в ньому осідає все більша кількість шламу і в лугах накопичуються різні розчини, нерозчинні або колоїдно-розчинні частинки. До них відносяться [5, 60]:

- паперові волокна від розшарованих етикеток;
- фарбувальні пігменти (окис титану, каолін, карбонат кальцію, фарби із вмістом важких металів);
- сполучні речовини з етикеток (крохмаль, целюлоза);
- волого стабілізуючі речовини (крейди-Мінова смоли, сечовинні смоли) [5];
- клеючі засоби (смоляний клей);
- шлам у вигляді вапняних компонентів;
- відлиглий від пляшок бруд;
- клей етикеток і багато іншого.

Цей шлам слід видаляти, бо інакше вже через 6-8 тижнів луг доведеться замінювати. Для видалення шламу існує кілька можливостей.

Відстійний метод. Найпростіше і найбільш поширене рішення полягає в тому, щоб весь лужний розчин в кінці тижня перекачати в окремий теплоізований танк і дати йому відстоятися. Якщо потім здійснити декантацію зверху, то вийде освітлений розчин луку. При цьому, однак, з розчину усуваються тільки містяться в ньому тверді частинки, а не розчинні компоненти забруднень. Тим самим постійно підвищується забрудненість миючого розчину луку, і цей бруд все більшою ступеню буде виноситися в зони подальшої мийки.

Центрифугування. Існує можливість підключити до пляшкомильної машини саморозвантажний відцентровий сепаратор та але відвідному трубопроводу постійно пропускати через нього частина миючого розчину і,

таким чином, майже без втрат очистити лужний розчин від суспензій. Завдяки отриманим за рахунок даного методу пріоритетами витрати на сепаратор дуже швидко окупаються. Замість відцентрового сепаратора можуть бути використанні інші апарати.

Очищення лужного розчину шляхом осадження та фільтрування.

У системі «Aquarx» (фірми Rehmann Process Engineering, м Фрайбург) певну кількість миючого розчину лугу поступово закачується в реактор і в нього додається точно розрахована маса коагулюючих або окислюючих реагентів. Під їх впливом розчинений бруд випадає в осад або змінюється так, що вже не може зашкодити процесові миття пляшок.

Після певної витримки ці речовини осідають на ямкоподібне дно. Освітлений розчин лугу зливається через отвір, розташований вище рівня осаду, і направляється в реактор з нерухомим фільтруючим шаром. Осівший шлам вивантажується за допомогою стрічкового фільтру, а стікаючий через фільтр залишки лугу поступають в реактор з нерухомим фільтруючим шаром. У ньому відокремлюються ще залишилися там забруднення, а чисто відфільтрований лужний розчин повертається назад в лужну ванну. Цей процес постійно повторяється.

Все ширше застосовується очистка миючого розчину лугу шляхом фільтрування в ультра- або нанофільтрах. При наявності таких фільтрів луг можна використовувати майже необмежено довго. В залежності від типу використовуваних мембран і їх утримуючої здатності спостерігається зниження переносу забруднень на 80%. Завдяки такому виду фільтрування миючого розчину лугу витрата миючих засобів, свіжої і оборотної води, а також теплової енергії знижується настільки, що в більшості випадків фільтраційна установка може окупатися протягом 2-3 років.

Враховуючи постійно зростаючі витрати на очищення стічних вод, фільтрування є найбільш сучасним способом очищення лужного розчину. Якщо таким чином збагачувати і постійно підтримувати концентрацію розчину лугу, то його можна використовувати без заміни необмежено довго, оскільки завдяки

постійному виносу луку і додаванню свіжого луку для підтримання концентрації розчину відбувається швидка заміна вихідного миючого засобу. Важливо при цьому піклуватися про постійне видалення шламу.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Особливості вимірювань у промислових мийках

Із погляду перспективи кваліфікації й приймальних випробувань, відтворюваність автоматичного чищення має переваги над процесом ручного чищення, який залежить від фізичної особи. Параметри, що ставляться до чищення, можуть бути записані й документовані швидше й легше, і таким чином, більш легко вони доступні для приймальних випробувань. Для цього наступні параметри за звичай виміряються й документуються оперативно в сучасних пристроях нерозбірного чищення [6]:

- Витрати Q ;
- Тиск P ;
- Температура T ;
- Питома провідність k .

3.1.1 Вимірювання витрати

Витрата використовується як значення подачі для керування насосом нерозбірної мийки в подаючому і реверсному потоці, для того щоб гарантувати, що в трубах завжди є достатня швидкість потоку ($v > 2$ м/сек, $Re > 8000$) [4].

Придатні вимірювальні пристрої, які працюють за принципом вимірювання магнітної індукції й інструменти для вимірювання потоку маси, що працюють за принципом коріолісового вимірювання. Необхідно переконатися в тому, що мінімальна питома провідність, не менш $k > 4$ мс, забезпечується для процедур вимірювання магнітної індукції. Якщо в процедурі чищення використовується знесолена вода, цей тип вимірювань не може бути використаний. Наступним методом вимірювання, який досить відрізняється від вищезгаданих методів з погляду точності, є вимірювання витрати

ультразвуком. Однак він володіє значною перевагою - може бути застосований поза трубою, а з погляду НПП, є найбільш гігієнічним виміром обсягу.

Якщо вимірювання витрати визначені в якості критичного вимірювального параметру для кваліфікації або приймальних випробувань, пристрої для вимірювання маси потоку повинні бути забезпечені пріоритетом точності вимірювання. Для калібрування вимірювального пристрою необхідно забезпечити не тільки вимірювальний давач, але також перевіряється й вихідний сигнал для керування (імпульсний сигнал, сигнал витрати).

3.1.2 Вимірювання тиску

Вимірювання тиску в системах мийки використовується як основними вимірювальними пристроями для контролю над процесом, так і вимірювальним інструментом захисту. Зокрема, щоб гарантувати бажану форму розпилення, для головок форсунки повинна бути забезпечена відповідність певному діапазону тисків для оптимального чищення резервуара. Вимірювання тиску часто використовується для контролю й вимірювання рівня в герметичних резервуарах у якості запобіжного заходу.

Основним типом використовуваних інструментів для виміру тиску є вимірювальні самописи з діафрагмовими манометрами, які оснащені різними утилітами, залежно від вимоги (діапазон температур і тиску). Вони встановлені в гігієнічних фітінгах або хомутових з'єднаннях і відповідають вимогам НПП. Якщо вимірювані значення використовуються не тільки для відображення, а також для оцінювання в пристрої керування мийки, то використовуються електричні вимірювальні самописи. Вони вмонтовані в процес у такий же спосіб як і манометри з діафрагмовим давачем тиску. Останнім часом стали також використовувати електричні давач тиску з керамічними поверхнями, які не вимагають діафрагмових давач тиску.

Якщо вимірювання тиску є основним значенням, то рекомендується щоб вимірювання виконувалося електрично, щоб можна було записувати й оцінювати значення в блоці керування.

3.1.3 Вимірювання температури

Для ефекту очищення й особливо для стерилізації паром, відповідність із необхідною температурою в певних точках пристрою очищення є критерієм, що класифікується як критичне вимірюване значення.

Температура вимірюється майже винятково термopарами РТ-100, які встановлені в спеціально вмонтовані або занурені рукава. Швидкість температурних змін у процесі й пов'язана із цим необхідність вимірювати температуру якомога швидше є ключовою для конструкції занурених рукавів. Занурені рукава приварюються в трубу або резервуар, і таким чином, встановлюються без яких-небудь щілин або витоків.

Щоб виміряти температуру для забезпечення правильного виконання стерилізації, давач температури повинен бути встановлений у найхолоднішому місці пристрою.

3.1.4 Вимірювання питомої провідності

Вимірювання питомої провідності рідин використовується в процедурі нерозбірної мийки (CIP) відповідно декільком вимогам керування лінії. З однієї сторони використовується для визначення концентрації миючих розчинів, оскільки провідність змінюється зі збільшенням або зменшенням концентрації, а з іншої - для поділу фаз окремих кроків чищення. Зокрема, вимір провідності кінцевого промивання після чищення, тобто падіння нижче рівня мінімальної провідності (звичайно $k < 1 \dots 3 \text{ мс}$), є найбільш важливим для наступного виробничого процесу.

Різняють кондуктивні й індуктивні процедури вимірювань. Оскільки постійна комірка може бути відносно легко мінімізована в кондуктивних пристроях вимірювань питомої провідності, то завдяки структурній конструкції ці інструменти застосовуються для більш низького вимірювального діапазону, (наприклад, знесоленої води). Індуктивні інструменти, завдяки своїй конструкції, майже не вимагають догляду, їх легко калібрувати й, завдяки процедурі індуктивного виміру, вони нечутливі до стирання електрода й нагромадженню відкладень.

3.2 Проектування автоматизованої системи контролю

3.2.1 Розробка функціональної схеми

На основі конструкторської документації на пляшко мийну машину та даних технологічних параметрів миття пляшок проектуємо функціональну схему автоматизації (рис.3.1).

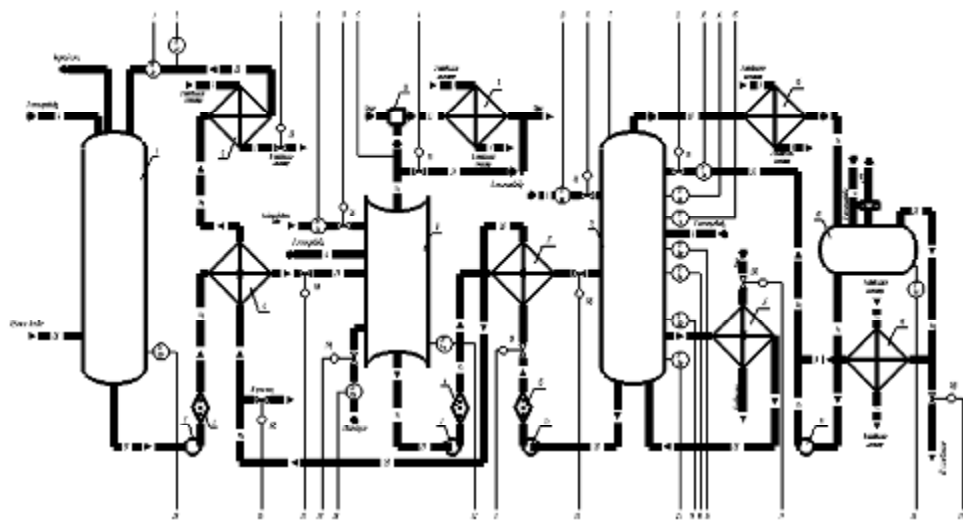


Рисунок 3.1 – Функціональна схема автоматизації технологічного процесу миття пляшок

Керування параметрами миючого розчину здійснюється за параметрами: температура, концентрація та рівень (рис.3.2 і 3.3).

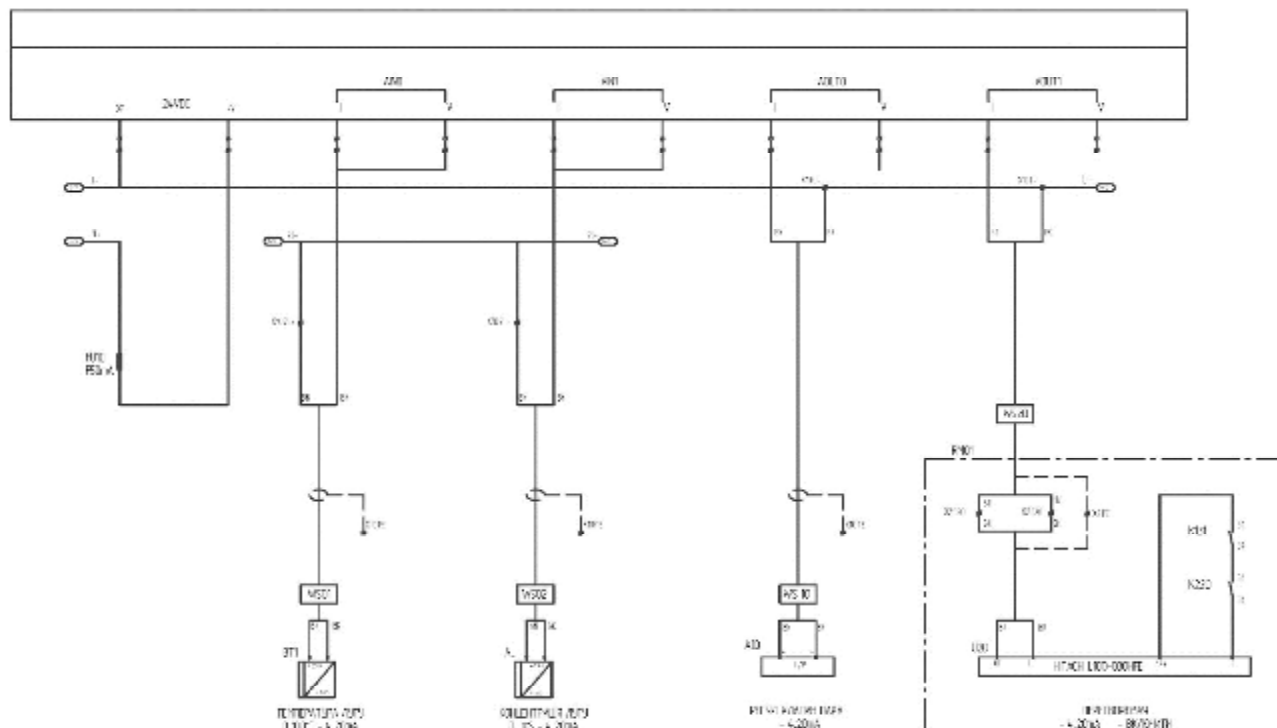


Рисунок 3.2 – Функціональна схема блоку контролю параметрів миючого розчину

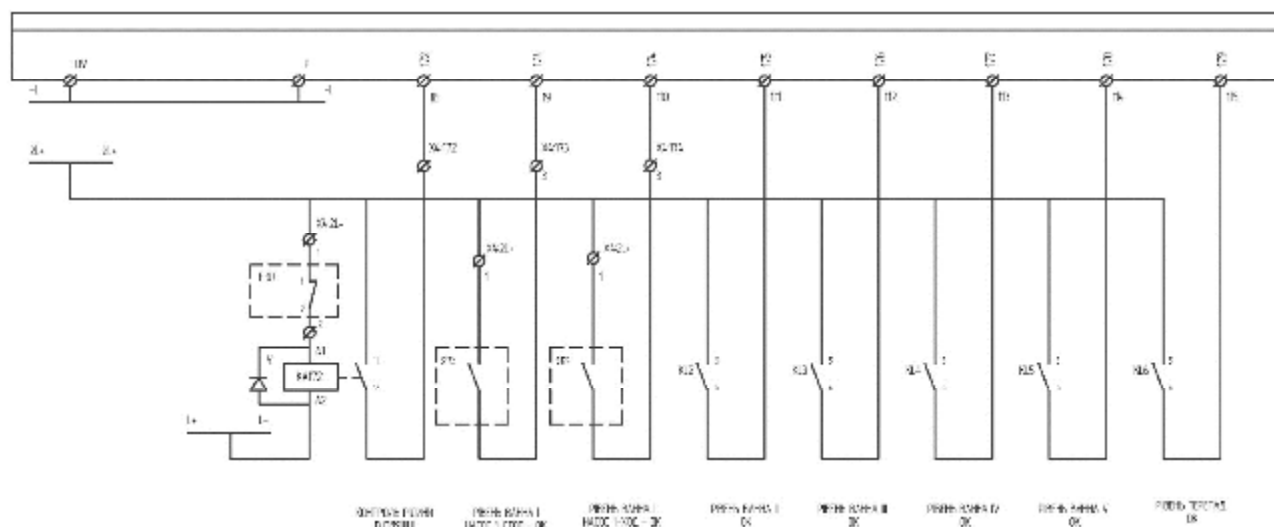


Рисунок 3.3 – Функціональна схема блоку контролю рівня рідин

Як альтернатива традиційній системі пропонується встановити систему приводу машини з набором механічно незалежних мотор-редукторів. Ця система синхронного приводу забезпечує чудовий розподіл навантаження на ланцюг у будь-якому режимі роботи, дозволяє контролювати натяг ланцюга в усіх зонах машини та, за необхідності, автоматично його коректувати.

Швидкість і крутний момент кожного мотор-редуктора контролюються пристроєм перетворювача частоти (рис.3.4). Перетворювачі з'єднані між собою шиною даних та підтримують зв'язок між собою за допомогою спеціального програмного забезпечення. Цим гарантується однакова швидкість обертання всіх двигунів.

Система пропонується укомплектувати електронними пристроями безпеки, які зупиняють машину в разі несправності або перевантаження.

Рухи завантаження та розвантаження також генеруються двома незалежними мотор-редукторами. Перетворювачі частоти взаємодіють із перетворювачами головних валів, завдяки чому завжди забезпечується ідеальна синхронізація.

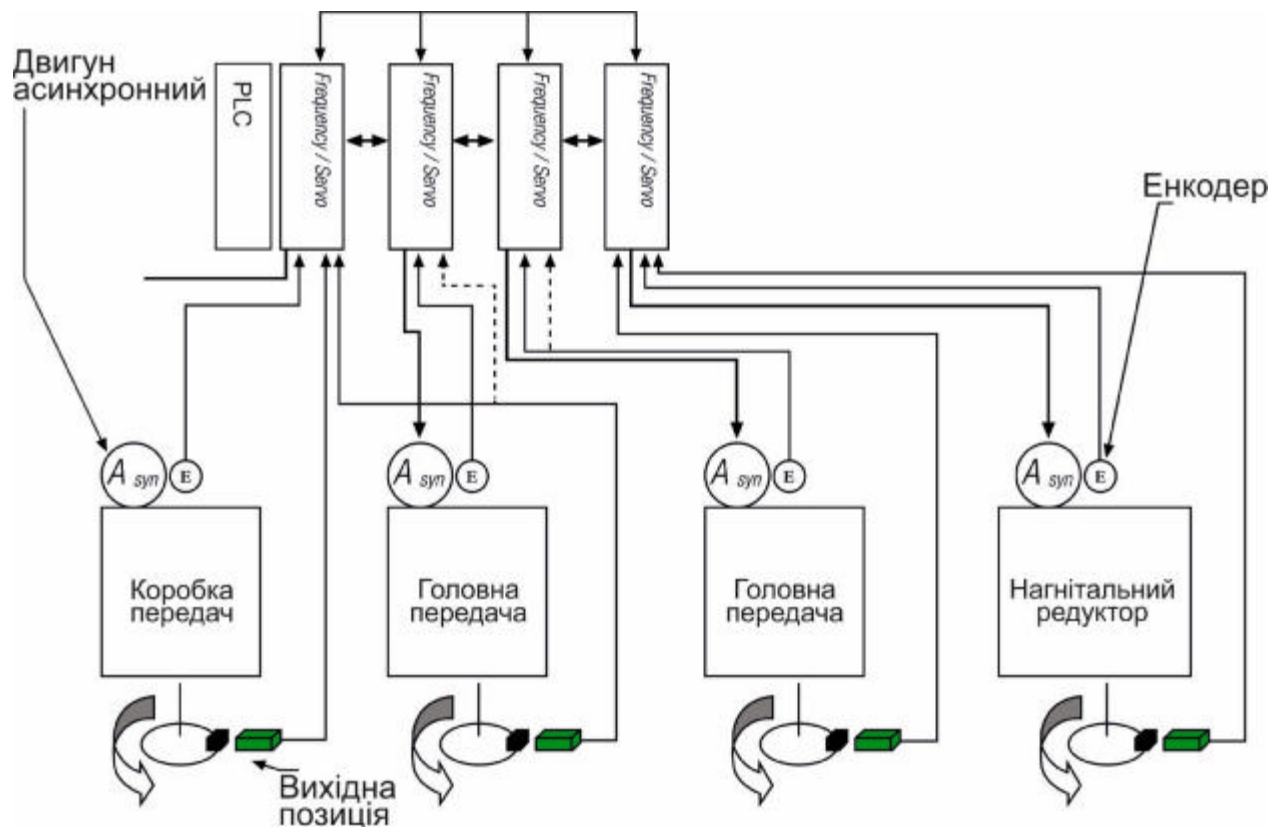


Рисунок 3.4 – Система синхронізації приводу пляшкостійної машини

3.2.2 Вибір давача рівня

Індикатор рівня використовується для вимірювання рівня рідини, розділу фаз двох рідин або вимірювання об'єму, залежно від шкали і типу поплавця. Для використання у проекті вибираємо давач рівня ВМ 26 А [12], технічні характеристики якого подані у додатку А.



Рисунок 3.5 – Загальний вид індикатора рівня

Додатково до локальної шкали ВМ 26 А оснащується перетворювачем рівня, який формує і передає аналоговий вихідний сигнал 4...20 mA за межі небезпечної зони, відповідно до положення поплавка. Конструктивно перетворювач рівня складається з нержавіючої трубки, усередині якої розміщена схема з резисторів і герконів. Ця нержавіюча трубка фіксується поруч з вимірювальною трубою. Залежно від положення поплавця формується вихідний сигнал (опір давача). Цей вихідний сигнал прямо пропорційний діапазону вимірювання.

Для сигналізації попереджувальних значень рівня продукту, індикатор рівня ВМ 26 А може бути обладнаний 13 різними типами кінцевих вимикачів, які кріпляться до вимірювальної труби і можуть бути виставлені по всьому

діапазону вимірювання. Граничні вимикачі приводяться в дію магнітною системою, вбудованою в поплавки.

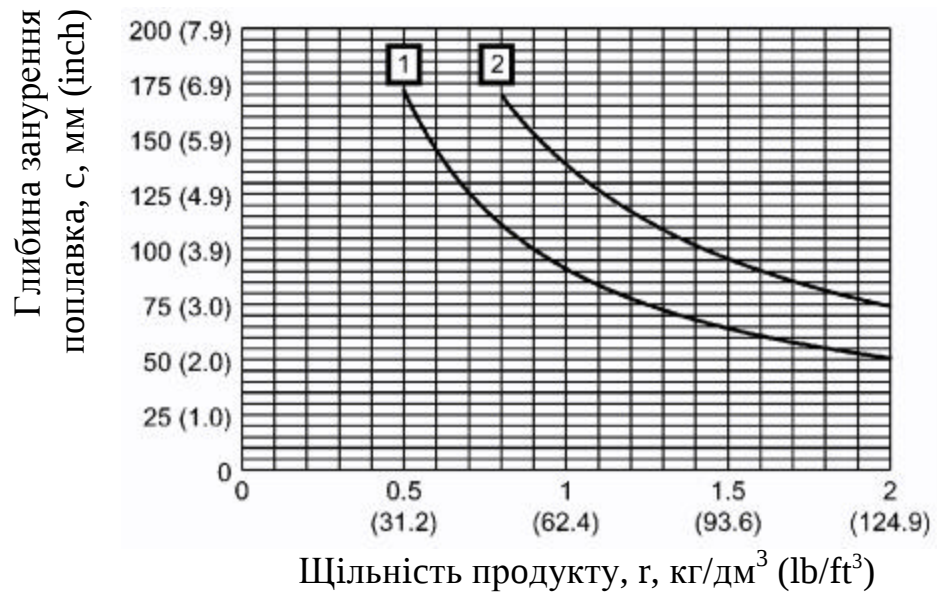


Рисунок 3.6 - Глибина занурення поплавка залежно від щільності продукту: крива 1 - поплавок №1, крива 2 - поплавок №2.

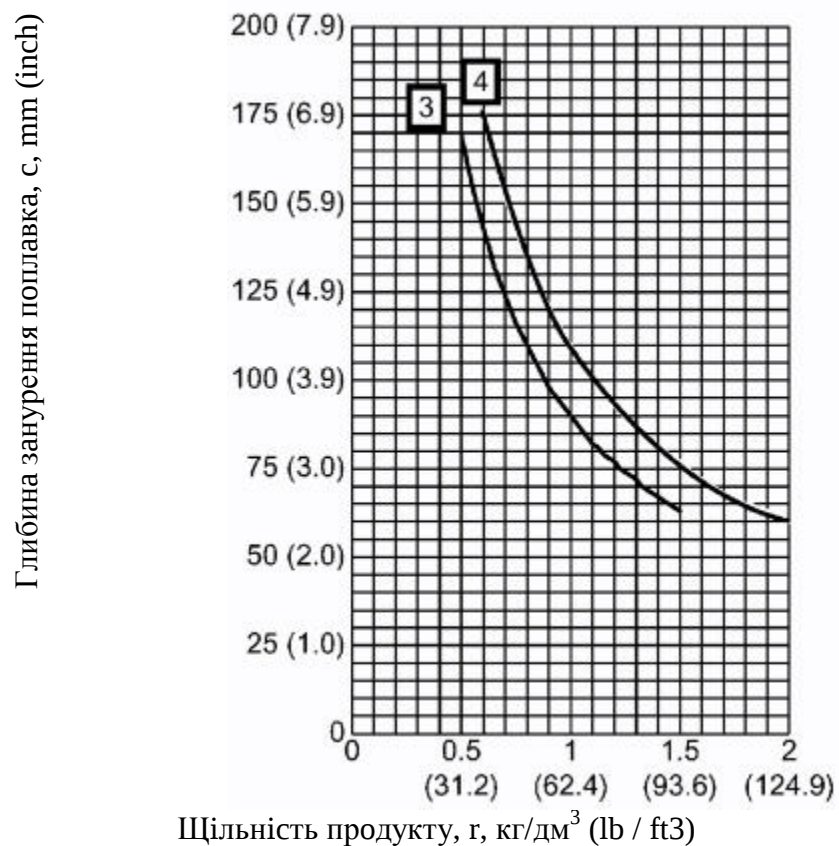


Рисунок 3.7 - Глибина занурення поплавка залежно від щільності продукту: крива 3 - поплавок №3, крива 4 - поплавок №4.

Граничні вимикачі MS складаються з герконового контакту, який приводиться в дію магнітним полем магніту, який розташовується в поплавці. Завдяки його бістабільній характеристиці, стан контакту зберігається і після проходження поплавця з магнітом. Перемикання контакту відбувається при поверненні поплавка у зворотний бік.

Індикатор рівня VM 26 A працює за принципом сполучених посудин. Поплавок оснащений системою магнітів, якими здійснюється передача вимірюваних значень.

3.2.3 Вибір пристрою вимірювання концентрації та температури

Для вимірювання концентрації та температури миючих засобів вибираємо індуктивний вимірювальний перетворювач електропровідності/концентрації з комутуючими виходами JUMO STI-750 [13], технічні характеристики якого подані у додатку Б.

Прилад застосовується для вимірювання питомої електропровідності/концентрації в рідких середовищах. Особливо рекомендується його застосування в середовищах, де може відбуватися сильне обростання за рахунок осадження бруду, масла, жиру, гіпсу або вапна. Вбудований давач температури забезпечує швидку і точну температурну компенсацію, яка має особливе значення при вимірюванні електропровідності водності. Додаткові функції, як, наприклад, комбіноване перемикання діапазону вимірювань і температурного коефіцієнта, дозволяють оптимально застосовувати прилад у СІР-процесах. Два вбудованих релейних виходи можуть бути довільно запрограмовані для контролю граничних значень електропровідності, концентрації та/або температури. Крім того, можуть виконуватися завдання з аварійної сигналізації та управління. Управління приладом здійснюється або за допомогою сенсорної клавіатури і графічного

дисплея з відкритим текстом (мова управління перемикається), або за допомогою програми для ПК.



Рисунок 3.8 - Загальний вид концентратоміра JUMO STI-750

Простим поворотом кришки корпусу досягається хороший огляд дисплея при монтажі, як на вертикальних, так і на горизонтальних трубопроводах. За допомогою Setup-програми можна також зберігати в пам'яті і роздруковувати дані конфігурації приладу для документації на установку. В залежності від маніпуляцій прилад може також поставлятися без клавіатури і дисплея. У цьому випадку для програмування потрібна Setup-програма. У залежності від виробничих вимог, в якості матеріалу корпусу можуть бути обрані пластмаса або нержавіюча сталь. JUMO STI-750 може поставлятися як комбінований прилад (вимірювальний перетворювач і давач в одному приладі) або як роздільна версія (вимірювальний перетворювач і давач з'єднані кабелем). Роздільна версія особливо підходить для установок з сильною вібрацією та/або з сильним тепловим випромінюванням на місці вимірювань, або для монтажу в важкодоступних місцях.

Типові області застосування: харчова, фармацевтична промисловість, розділення продуктів при виробництві напоїв, пивоварні і молочні заводи, установки для миття пляшок, регулювання концентрації в гальваніки та хімічної промисловості, СІР-установки, гідротехніка та очищення стічних вод, дозування реактивів, індикація витоків, системи опалення та охолодження та ін.

Індуктивний метод вимірювань дозволяє із полегшеним обслуговуванням виконувати вимірювання питомої електропровідності у несприятливих

середовищах. На відміну від кондуктивного методу вимірювань, практично не виникають проблеми, пов'язані з розкладанням і поляризацією електродів. Вимірювання електропровідності проводиться за допомогою індуктивного зонда. Синусоїдальна змінна напруга живить передавальну котушку. В залежності від електропровідності вимірюваної рідини в приймальній котушці індукується струм. Цей струм пропорційний електропровідності середовища.

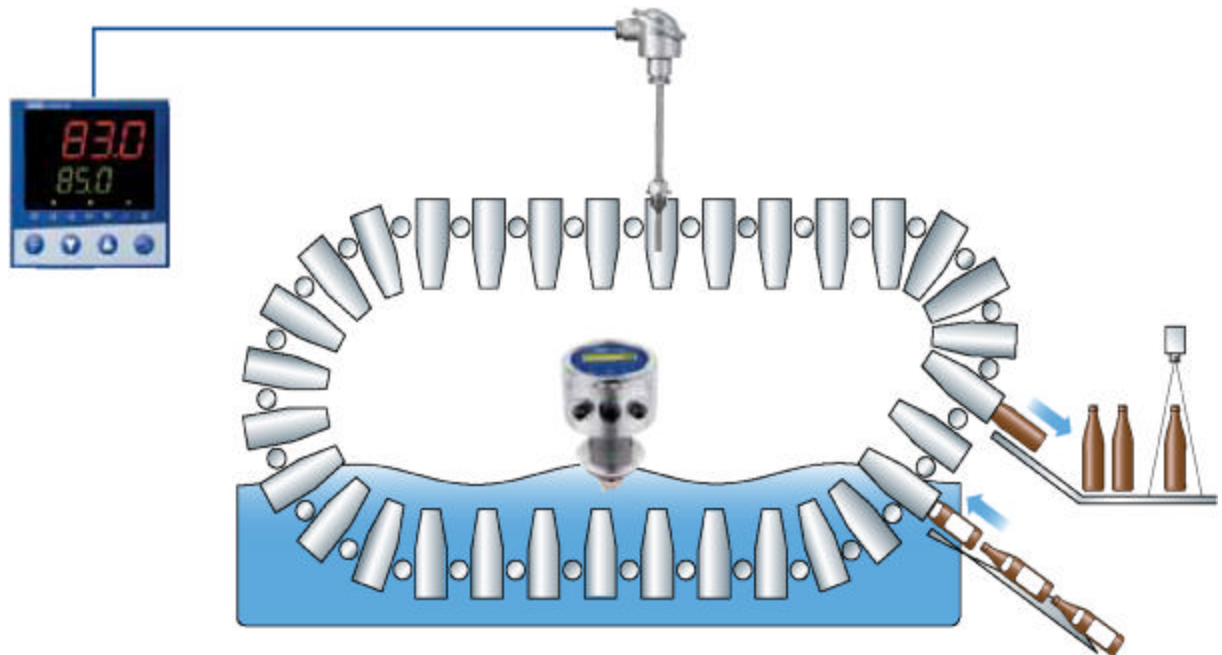


Рисунок 3.9 - Схема застосування концентратоміра JUMO STI-750

3.2.4 Вибір програмованого контролера

В якості основного пристрою керування автоматичною системою контролю технологічного процесу миття скляної тари вибираємо контролер Vision V1040 OPLC [14]. V1040 — це програмовані логічні контролери, які містять вбудовану панель керування з кольоровим сенсорним екраном 10,4". V1040 пропонує функціональні клавіші разом із віртуальною буквено-цифровою клавіатурою, яка автоматично відображається, коли програма вимагає від оператора ввести дані.

Vision OPLC V1040 інтегрований НМІ та ПЛК із повною функціональністю керування. Можна додати широкий вибір цифрових і

аналогових опцій вводу-виводу, а вбудований порт програмування USB є стандартним. Потужна комунікаційна здатність, гнучкі вбудовані параметри вводу-виводу та вбудовані можливості рецептів – це лише деякі з переваг Vision 1040™, універсального контролера. Опції зв'язку включають TCP/IP Ethernet, MODBUS і CANopen, GSM і SMS. Плата V200-19-RS4X RS232 і RS485 або карта Ethernet V200-19-ET2 можуть бути додані як опція для розширення доступних комунікаційних портів.



Рисунок 3.10 – Загальний вид контролера

Основні характеристики Vision OPLC V1040:

- Автоматичне налаштування PID, до 24 незалежних циклів
- Програми рецептів і реєстрація даних через таблиці даних
- Підтримка MicroSD – ведення журналу, резервне копіювання, клонування тощо.
- Функціональні блоки
- Високоякісний сенсорний екран
- Багатомовний дисплей
- Вбудовані екрани тривоги
- Порти: mini USB для програмування, CAN bus, RS485/RS232, Ethernet (опційно).

- Протоколи: MODBUS TCP, SNMP, CANopen, CANlayer2, UniCAN, BACnet, KNX і M-Bus через шлюз, FB.
- До 1000 портів вводів/виходів: цифрові, аналогові, високошвидкісні вимірювання.

3.2.5 Вибір частотних перетворювачів

Для керування електроприводами насосів та конвеєрів вибираємо частотні перетворювачі Hitachi L100 (рис.3.10) та Hitachi S1 (рис.3.13). Технічні характеристики перетворювачів Hitachi L100 та Hitachi S1 подані у додатках В та Г відповідно.

Hitachi пропонує широкий асортимент інверторів для багатьох промислових застосувань. Модульна конструкція та висока універсальність інверторів забезпечують оптимальні, економічні технічні рішення, які можна індивідуально адаптувати до відповідного застосування. Промислові інвертори можна легко конфігурувати, вони створені для забезпечення безпрецедентної продуктивності, надійності та гнучкості.

На схемі (рис.3.12) показано підключення живлення і двигуна для виконання основних робіт перетворювача Hitachi L100 [15].

Серія частотних перетворювачів Hitachi S1 сприймається як інвертори загального призначення, дуже гнучкий і зручний для користувача для легкого введення в експлуатацію. Він підходить для широкого спектру застосувань, використовуючи розширене безсенсорне векторне керування. S1 забезпечує виняткову стабільність і ефективні характеристики приводу для економії енергії та максимізації продуктивності.



Рисунок 3.11 – Частотний перетворювач Hitachi L100

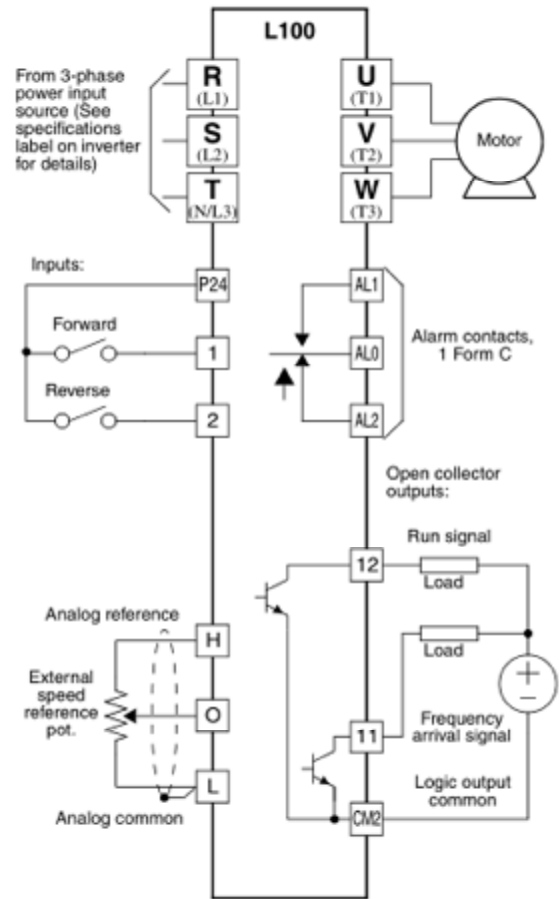


Рисунок 3.12 – Схема підключення частотного перетворювача Hitachi L100



Рисунок 3.13 – Частотний перетворювач Hitachi S1

Hitachi S1 — це новий простий і легкий у використанні інвертор із високою продуктивністю [16]. Орієнтація на ринки OEM-обладнання, головним

чином охоплюючи загальні програми, такі як пакування, намотування, вентилятори та насоси та багато інших.

Основні характеристики Hitachi S1 [16]:

- Підтримує керування SVC
- Забезпечує високу точність регулювання крутного моменту швидкості та швидку реакцію швидкості
- Інтегрована функція безпеки-STO (Safe Torque OFF, SIL2)
- Унікальне керування I/F дуже підходить на низькій швидкості з високими вимогами до крутного моменту
- Перехід від стану обертання до гальмування постійним струмом дуже плавний. Поточний вплив невеликий а струмовий відгук гальмування постійним струмом є швидшим
- Висока продуктивність у "Catch-on-the-Fly"
- Міцний пластиковий корпус 4 – 75 кВт
- Суцільний металевий корпус 90 – 500 кВт
- Стандартний вбудований DBU ≤ 37 кВт
- Внутрішній фільтр електромагнітної сумісності C3, додатковий зовнішній фільтр електромагнітної сумісності C2
- Функція ПД-регулювання (з функцією сну).
- Автоматичне регулювання напруги (AVR), функція компенсації крутного моменту
- Додаткова зовнішня світлодіодна клавіатура копіювання параметрів, що відповідає вимогам різноманітних додатків

Hitachi S1 підходить для застосувань, де великі маси маховика продовжують працювати протягом тривалого часу після припинення живлення. Це, наприклад, застосування з великими вентиляторами або центрифугами. S1 визначає швидкість, що залишилася, і ловить двигун у правильному положенні, щоб прискорити назад до заданої швидкості.

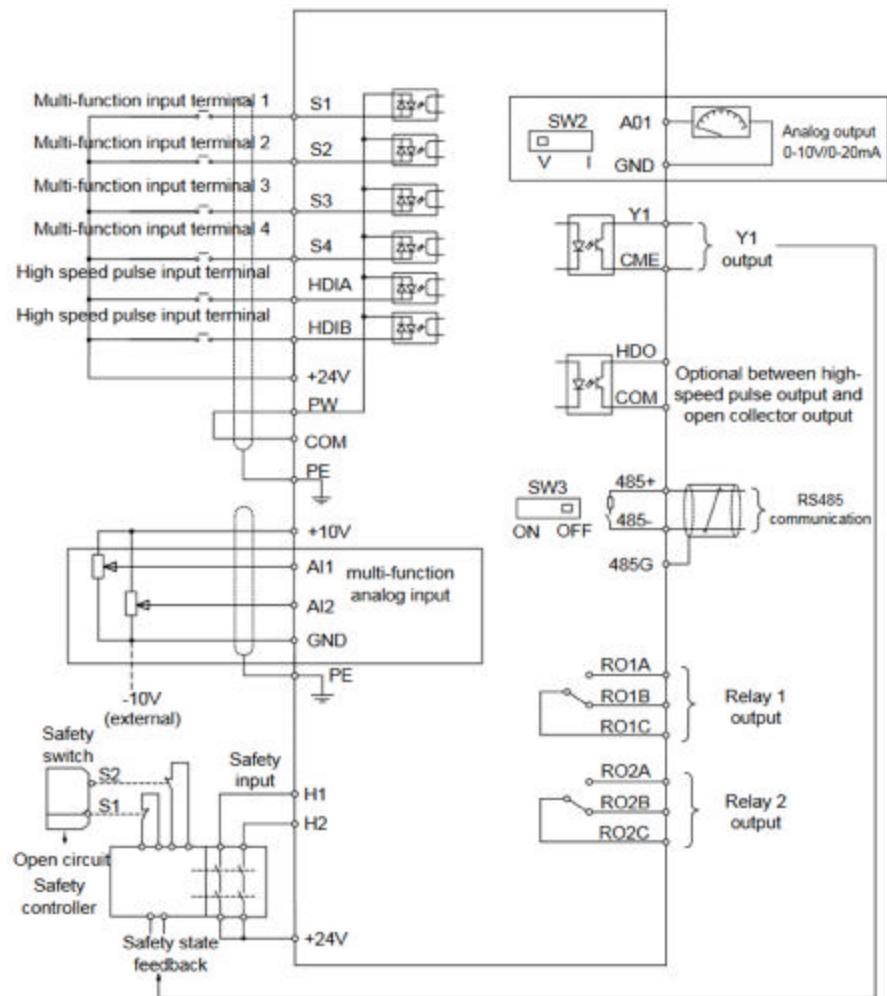


Рисунок 3.14 – Схема підключення частотного перетворювача Hitachi S1

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1 Дослідження електричної провідності розчинів

Електрична провідність (електропровідність, ЕП) — здатність речовини проводити електричний струм під дією електричного поля.

Опір провідника будь-якого виду R пов'язане з його питомим опором ρ рівнянням:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (4.1)$$

де l — довжина провідника, м; S — площа його поперечного перерізу, м².

Електрична провідність G — величина, зворотна опору провідника R :

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{S}{l} = \chi \frac{S}{l} \quad (4.2)$$

вимірюється в сіменсах ($\text{См} = 1/\text{Ом}$).

Величина, яка є зворотною до питомого опору:

$$\chi = \frac{1}{\rho}, \quad (4.3)$$

називається питомою електричною провідністю й являє собою провідність одиничного обсягу розчину, поміщеного між плоскими паралельними інертними електродами одиничної площі, що перебувають на відстані один від одного, рівній одиниці. Питома електрична провідність вимірюється в $\text{См} \times \text{м}^{-1}$ (кондуктометри, які використовуються для вимірювання електричної провідності, за звичай проградуировані в $\text{мСм} \times \text{см}^{-1}$ або в $\text{мкСм} \times \text{см}^{-1}$).

Із рисунка 4.1 видно, що зі зростанням концентрації питома електропровідність розчинів спочатку збільшується, досягаючи деякого максимального значення, а згодом зменшується. Для сильних електролітів ця залежність проявляється дуже чітко. Для слабких електролітів швидкість руху іонів мало залежить від концентрації: питома електрична провідність спочатку збільшується майже прямо пропорційно числу іонів; зі зростанням концентрації збільшується взаємодія іонів, яка зменшує швидкість їхнього руху. Для врахування впливу їх концентрації на електричну провідність розчинів та

взаємодії між іонами використовується поняття молярної електропровідності розчину.

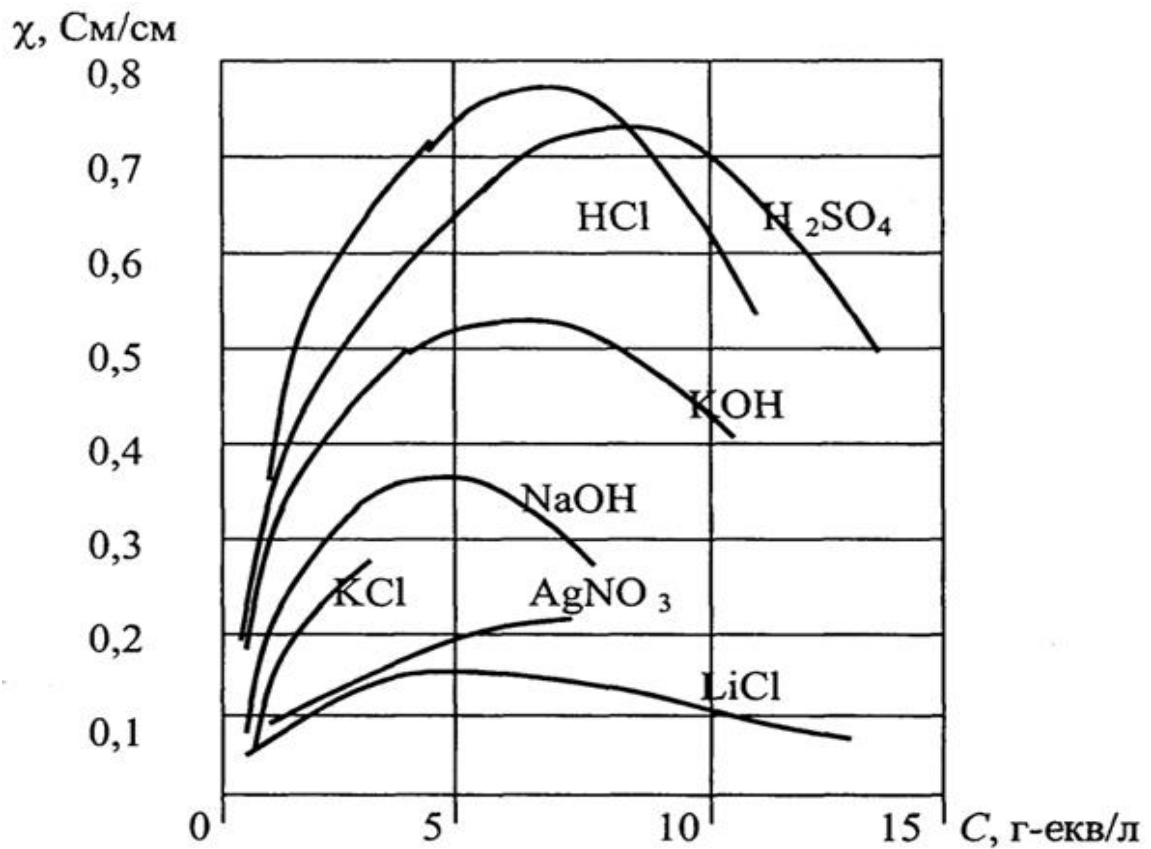


Рисунок 4.1 - Залежність питомої електропровідності електролітів від концентрації

Молярна електрична провідність Λ — провідність об'єму розчину, яка містить 1 моль розчиненого електроліту, поміщеного між плоскими паралельними інертними електродами, що перебувають на відстані 1 м один від одного:

$$\Lambda = \frac{\kappa}{c} = \kappa V, \quad (4.4)$$

де c - молярна концентрація, моль/м^3 ; V — розведення, $\text{м}^3/\text{моль}$. Молярну ЕП виражають у $\text{См} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$.

Молярна електропровідність як сильних, так і слабких електролітів збільшується зі зменшенням концентрації (тобто збільшенням розведення

розчину $V=1/3$), досягаючи деякого граничного значення λ_0 - молярна електропровідність при нескінченному розведенні (рис. 4.2, 4.3).

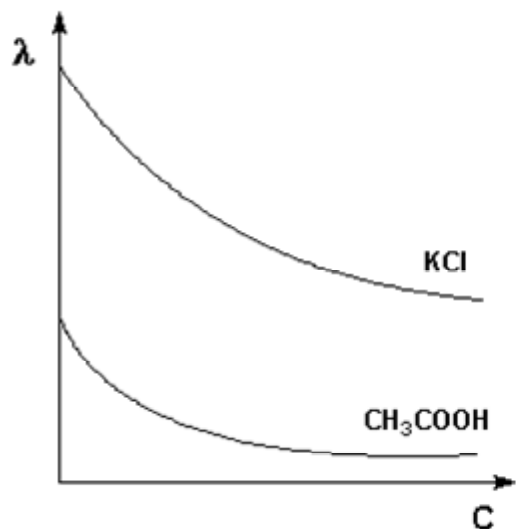


Рисунок 4.2 - Залежність молярної електропровідності від концентрації.

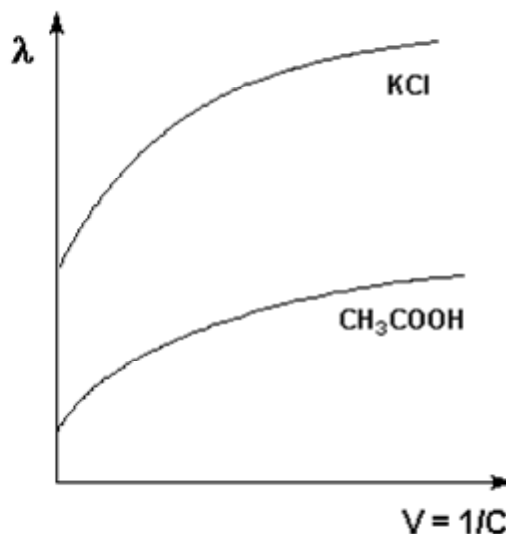


Рисунок 4.3 - Залежність молярної електропровідності від розведення розчину

Залежність молярної електропровідності для слабого електроліту залежність молярної електропровідності від концентрації обумовлена в основному збільшенням ступеня дисоціації з розведенням розчину. У випадку сильного електроліту зі зменшенням концентрації послабляється взаємодія іонів між собою, що збільшує швидкість їх руху й, отже, молярну електропровідність розчину. Останню зв'язує з абсолютними швидкостями руху катіонів і аніонів U_+ і U_- рівняння Ареніуса:

$$\lambda = \alpha F(U_+ + U_-). \quad (4.5)$$

Молярна електропровідність при нескінченнім розведенні дорівнює сумі електролітичних рухів катіона й аніона даного електроліту.

$$\lambda_0 = \lambda_+ + \lambda_-. \quad (4.6)$$

Підставивши в це вираз рівняння Арреніуса і прийнявши, що при нескінченнім розведенні ступінь дисоціації α дорівнює одиниці, отримаємо:

$$\lambda_0 = F(U_+ + U_-) = FU_+ + FU_-. \quad (4.7)$$

Звідси

$$\lambda_+ = F U_+; \quad \lambda_- = F U_-$$

Електролітична рухливість є найважливішою характеристикою іона, що відбиває його участь в електропровідності розчину.

Нерідко використовується таке поняття, як еквівалентна електрична провідність — провідність об'єму розчину, що містить одну молярну масу еквівалента електроліту, поміщеного між плоскими паралельними інертними електродами, що перебувають на відстані 1 м один від одного:

$$\lambda = \frac{\chi}{c_e} \quad (4.8)$$

де c_e — молярна концентрація еквівалента, моль/м³. Еквівалентна ЕП вимірюється в См·м²·моль⁻¹.

Зв'язок молярної й еквівалентної ЕП впливає зі співвідношення між концентраціями:

$$c = \frac{c_e}{z}, \quad \Lambda = \chi \frac{z}{c} = z\lambda,$$

де z — число молярних мас еквівалента в 1 молі електроліту.

ЕП розчину залежить як від числа іонів в одиниці об'єму, так і від швидкості їх спрямованого руху під дією електричного поля. Швидкість руху іонів (міграції), у свою чергу, залежить від природи іонів (катіони рухаються до катода, аніони — до анода), природи розчинника й напруженості електричного поля. Для опису руху іонів у розчинах електролітів під дією електричного поля використовується поняття рухливості іонів.

Електрична рухливість іона u_i — це швидкість руху i -іона v_i в електричному полі з напруженістю $E = \frac{U}{l}$ В/м,

$$u_i = v_i \frac{l}{E}, \quad (4.9)$$

де U — напруга, подана на електроди, l — відстань між електродами, u_i — рухливість i -іона, м²·В⁻¹·с⁻¹; v_i — швидкість руху i -іона, м/с.

Питома ЕП бінарного електроліту пропорційна зарядовому числу іона z_i , концентрації c_i і рухомості іонів:

$$k = F \times (z_+ z_+ u_+ + z_- z_- u_-), \quad (4.10)$$

де z_+ і z_- — молярні концентрації катіонів і аніонів відповідно; F — постійна Фарадея, Кл/моль.

Для сильних електролітів концентрації іонів у розчині пов'язані з молярною концентрацією електроліту наступними співвідношеннями:

$$c_+ = n_+ c \text{ і } c_- = n_- c,$$

де n_+ і n_- — число катіонів і аніонів відповідно, на які дисоціює молекула електроліту в розчині.

$$\text{Тоді } k = F \times (c n_+ z_+ u_+ + c n_- z_- u_-).$$

Оскільки $n_+ z_+ = n_- z_- = n z$, то $k = c n z f(u_+ + u_-)$. Звідси випливає, що молярна провідність рівна $L = n z f(u_+ + u_-)$, а еквівалентна провідність — $l = L / (n z)$.

Еквівалентна електрична провідність пов'язана з рухливістю іонів рівняннями:

$$\lambda = F(u_+ + u_-) = (\lambda_+ + \lambda_-), \quad (4.11)$$

$$L = n z F(u_+ + u_-) = n_+ L_+ + n_- L_-, \quad (4.12)$$

де l_+ і l_- — еквівалентні, а L_+ і L_- — молярні електричні провідності катіона й аніона відповідно, $\text{См} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$.

Для слабких електролітів необхідно враховувати ступінь дисоціації α і співвідношення набувають наступний вид:

$$\kappa = \alpha z_i v_i c F(u_+ + u_-) = \alpha z c F(u_+ + u_-) = \alpha c_z F(u_+ + u_-),$$

$$\lambda = \alpha F(u_+ + u_-) = \alpha(\lambda_+ + \lambda_-),$$

$$L = \alpha n z F(u_+ + u_-) = \alpha(n_+ L_+ + n_- L_-),$$

Електрична провідність розчинів електролітів залежить від природи й концентрації електроліту, розчинника й температури.

У нескінченно розведених розчинах електролітів слушний закон незалежного руху іонів Кольрауша:

$$\lambda_0 = \lambda_{0+} + \lambda_{0-}, \quad (4.13)$$

де λ_{0+} , λ_{0-} — граничні еквівалентні ЕП катіона й аніона відповідно, $\text{См} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$; λ_0 — гранична еквівалентна ЕП або ЕП при нескінченному розведенні розчину, $\text{См} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$.

Способи знаходження λ_0 для сильних і слабких електролітів різняться.

Для розчинів сильних електролітів дослідним шляхом виявлена лінійність залежності $\lambda = f(\sqrt{c})$, що підкоряється рівнянню Кольрауша:

$$\lambda = \lambda_0 - a\sqrt{c}, \quad (4.14)$$

де a — емпірична константа.

Екстраполяція експериментальних залежностей у координатах $\lambda = f(\sqrt{c})$ до $c \rightarrow 0$ дозволяє визначити λ_0 . Для слабких електролітів цей спосіб не застосуємо, оскільки залежності $\lambda = f(\sqrt{c})$ носять нелінійний характер. Для них λ_0 знаходять або за законом незалежного руху іонів, або за допомогою комбінації λ_0 сильних електролітів, або по одному зі згаданих нижче рівнянь для ЕП.

Для сильних електролітів відношення l до її граничного значення λ_0 називається коефіцієнтом електричної провідності f_λ :

$$f_\lambda = \frac{\lambda}{\lambda_0}. \quad (4.15)$$

У випадку слабких електролітів можна по кондуктометричним даним визначити ступінь дисоціації α :

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_0} \quad (4.16)$$

і розрахувати практичну константу дисоціації за законом розведення Оствальда, який для 1–1 валентного електроліту можна записати в такий спосіб:

$$K_{\text{дис}} = \frac{\alpha^2 c}{(1 - \alpha)} = \frac{\lambda^2 c}{\lambda_0 (\lambda_0 - \lambda)}. \quad (4.17)$$

Якщо $\alpha \ll 1$, можна записати $K_{\text{дис}} \approx \alpha^2 c$.

Обчислена практична константа залежить від концентрації. Незалежної від концентрації є термодинамічна константа дисоціації, виражена через активність іонів і молекул:

$$K_{\text{дис}} = \frac{\alpha^2 c \gamma_{\pm}^2}{(1 - \alpha)}, \quad (4.18)$$

де $\gamma_{\pm}$ — середньоіонний коефіцієнт активності.

Концентраційна залежність електричної провідності по теорії Дебая-Хюккеля-Онзагера [5, 17] пояснюється існуванням електрофоретичного й релаксаційного ефектів гальмування іонів. Обчисливши величини гальмуючих сил, Онзагер вивів розрахункове рівняння для електропровідності, що відповідає другому наближенню теорії Дебая-Хюккеля, що одержала назву граничного закону Онзагера для ЕП:

$$\lambda = \lambda_0 - [B_1 \lambda_0 + B_2] \frac{\sqrt{I}}{1 + B \alpha \sqrt{I}}, \quad (4.19)$$

де

$$B = \left(\frac{2e^3 N_A}{\epsilon k T} \right)^{1/2}$$

$$B_1 = \frac{|z_+ z_-| F^3 q}{3\pi N_A (2\epsilon R T)^{3/2} (1 + \sqrt{q})}$$

$$B_2 = \frac{(z_+ + |z_-|) F^3}{6\pi N_A \eta} \left(\frac{2}{\epsilon R T} \right)^{1/2}$$

$$q = \frac{|z_+ z_-|}{z_+ + |z_-|} \frac{\lambda_{0+} + \lambda_{0-}}{|z_-| \lambda_{0+} + z_+ \lambda_{0-}}$$

де I — іонна сила розчину, моль/л;
 a — «ефективний середній іонний діаметр»;
 e — заряд електрона;
 N_A — постійна Авогадро;
 ϵ — діелектрична проникність розчинника;
 k — постійна Больцмана;
 T — температура;
 R — універсальна газова постійна;
 h — динамічна в'язкість розчинника.

При підстановці констант для валентних електролітів граничний закон Онзагера для електропровідності перетвориться до виду:

$$\lambda = \lambda_0 - \left[\frac{8,20 \cdot 10^5}{(\epsilon T)^{3/2}} \lambda_0 + \frac{8,24 \cdot 10^{-4}}{(\epsilon T)^{1/2} \eta} \right] \sqrt{c} \quad (4.20)$$

або

$$\lambda = \lambda_0 - [B_1 \lambda_0 + B_2] \sqrt{c} \quad (4.21)$$

У випадку слабких електролітів у рівняння входить ступінь дисоціації:

$$\lambda = \alpha(\lambda_0 - [B_1 \lambda_0 + B_2]) \sqrt{\alpha c} \quad (4.22)$$

Чисельні значення констант B_1 і B_2 для водяних розчинів наведені в додатку Д.

Теорія Дебая-Хюккеля-Онзагера описує експериментальні дані в розведених розчинах. Розбіжність із пра поетикою пояснюється рядом допущень, зроблених при виводі, а саме: зневагою власним обсягом іонів, використанням макроскопічної характеристики діелектричної проникності розчинника замість діелектричної проникності розчину, обліком тільки електростатичних іон-іонних взаємодій і зневагою всіма іншими. Спроби обліку впливу різних факторів, як, наприклад, асоціації іонів, сольватації й т.п., зроблені згодом [5, 17], привели до появи нових більш складних рівнянь, що дозволяють збільшити точність розрахунку λ_0 , константи асоціації K_{ac} й інших параметрів.

4.2 Дослідження числа переносу розчинів

Число переносу іона t_i - відношення кількості електрики, перенесеної іонами i -роду, до загальної кількості електрики, що пройшла через розчин:

$$t_i = \frac{I_i}{\sum_i I_i} = \frac{I_i}{I} = \frac{z_i c_i \mu_i}{\sum_i z_i c_i \mu_i} \quad (4.23)$$

$$\sum_i t_i = 1$$

де I — сумарна сила струму; I_i — сила струму, перенесена іонами i -роду за одиницю часу.

У розчині бінарного електроліту:

$$t_+ = \frac{I_+}{I_+ + I_-} = \frac{u_+}{u_+ + u_-} = \frac{\lambda_+}{\lambda_+ + \lambda_-} = \frac{\lambda_+}{\lambda}, \quad (4.24)$$

$$t_- = \frac{I_-}{I_+ + I_-} = \frac{u_-}{u_+ + u_-} = \frac{\lambda_-}{\lambda_+ + \lambda_-} = \frac{\lambda_-}{\lambda}, \quad (4.25)$$

$$t_+ + t_- = 1, \quad (4.26)$$

де t_+ , t_- — числа переносу катіона й аніона відповідно.

Число переносу — величина безрозмірна, залежить від природи іона, розчинника, температури й концентрації розчину.

4.3 Аналіз давачів вимірювання концентрації розчинів

Електрична провідність, або її зворотна величина — електричний опір, характеризує здатність розчину проводити електричний струм [18]. Електропровідність сильно залежить від фізико-хімічних властивостей розчинника й розчиненої речовини — концентрації, рухливості та заряду іонів розчину, температури та багатьох додаткових факторів.

Електропровідність і електричний опір, як зворотна величина, описує здатність розчину проводити електричний струм. Електрична провідність залежить від фізико-хімічних властивостей розчинника та розчиненої речовини: концентрації, заряду іонів, температури та ін. Електропровідність позначається символом κ (Капа) і має розмірність См/см ($1 \text{ См} = 1/\text{Ом} = \text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^3 \text{А}^2$):

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{L}{AR} \quad (4.27)$$

Для характеристики чистих і надчистих вод використовується величина, обернено пропорційна провідності — опір (виражається в Ом*см).

Сучасна конструкція двохелектродного давача подана на рисунку 4.4. Основною областю застосування є вимір чистих і надчистих вод. Такий аналіз буде точним при чітко певній константі комірки й високому опорі розчину.



Рисунок 4.4 - Конструкція двохелектродного кондуктометричного давача

Всі давачі працюють у широкому діапазоні температур. При цьому необхідно пам'ятати, що рухливість іонів (відповідно, електропровідність) у водяних розчинах зростає зі збільшенням температури. Електропровідність розчину може бути розрахована для будь-якої температури в тому випадку, якщо заздалегідь відомий температурний коефіцієнт α , який відображає зміну електропровідності на 1°C (значення коефіцієнта, як правило, не виходить за межі $1\text{--}6\text{ \%/}^\circ\text{C}$).

Такий температурний ефект — збільшення електропровідності з ростом температури — виражений більш яскраво у випадку надчистих вод, ніж концентрованих розчинів.

Крім концентрації розчинених речовин, електропровідність розчину залежить від природи цих речовин.

Поняття температурної компенсації. Для коректного порівняння значень електропровідності, отриманих при різних температурах, їх необхідно привести до деякої стандартної температури (20 або 25°C). У тому випадку, коли проба містить не одне, а кілька розчинених речовин, для цих цілей використовують або середнє значення α , або температурний коефіцієнт переважного з'єднання.

$$\kappa_{25} + \kappa t \cdot [(T - 25) \cdot \alpha / 100] \quad (4.28)$$

Оскільки для деяких розчинів не спостерігається лінійної залежності електропровідності від температури, виникає необхідність проведення складних розрахунків для інтерпретації отриманих результатів. Тому більшість приладів вимірювань оснащені алгоритмом розрахунку температурної компенсації, що гарантує простоту роботи й точність виміру.

Проведення коректних вимірів електропровідності залежить, у першу чергу, від правильного вибору вимірювальної системи: типу кондуктометричного давача, вторинного перетворювача (трансмітера) і монтажної арматур. Особлива увага слід приділяти кондуктометричним давачам: двохелектродні давачі для роботи в нижньому діапазоні провідності — чисті й надчисті води — ($0,01 \dots 10000$ мк См/см залежно від типу трансмітера), чотириелектродні давачі для роботи в середньому й високому діапазоні ($0,01 \dots 800$ См/см) і безелектродні кондуктометричні давачі для роботи у верхньому діапазоні ($0,01 \dots 2000$ мСм/см).

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Використання ПК для задач САПР

На даний час базові інструментальні машини поділяються на дві широкі категорії – персональні комп'ютери і робочі станції, або АРМ. Ці дві категорії машин відрізняються одна від одної не по таких ознаках, як тип процесора, операційна система, підтримка графічних функцій, пам'ять, а швидше підходом до експлуатації машини. ПК, як правило, експлуатуються індивідуальними користувачами для вирішення переважно окремих задач. Що стосується робочої станції, то вона рахується машиною з значно ширшими можливостями (більша обчислювальна потужність, більший об'єм пам'яті, вдосконалені ППП). Але з плином часу ці відмінності згладжуються, так як ПК використовують уже ті ж самі центральні процесори, що й робочі станції, швидкодія і об'єм зовнішньої пам'яті досягають параметрів робочих станцій.

У даний час ПК мають можливість вирішувати будь-які задачі для проектування простих схемних плат. У дійсності вони можуть справлятися з проектуванням більшості простих спеціалізованих інтегральних схем, а також з деякою частиною складних задач проектування всіх вказаних категорій виробів. Тому відповідь на питання про те, чи можуть ПК вирішувати задачі САПР – електроніки, залежить від типів розв'язуваних задач.

5.2 Вимоги до програмного забезпечення АСУ ТП

Програмне забезпечення (ПЗ) АСУ ТП повинне відповідати наступним принципам:

- модульність;
- ієрархічність ПЗ і даних;
- ефективність;
- простота інтеграції (розширення й модифікації);
- гнучкість (переналаштовування);

- надійність, захист від несанкціонованого доступу й руйнування як програм і даних;
- живучість (виконання покладених функцій у повному або частковому обсягах при збоях і відмовах, відновлення після збоїв);
- уніфікація рішень;
- простота й наочність складу, структури й вихідних текстів програм.

Повинне передбачатися поділ ПЗ на базове (фірмове), що поставляється розроблювачем ПЛК, і прикладне (користувацьке), яке може розроблятися як постачальником ПЛК, так і розроблювачем АСУ ТП.

Повинні бути передбачені заходи щодо захисту інформації й недопущенню внесення змін у базове ПЗ без залучення розроблювача ПЛК. Повинна бути можливість завдання паролів і встановлення границь санкціонованого доступу при внесенні змін у прикладне ПЗ АСУ ТП.

Фірмове ПЗ повинне супроводжуватися експлуатаційною документацією.

Вимоги до базового (фірмовому) програмному забезпеченню. Базове ПЗ підрозділяється на системне ПЗ й ПЗ інструментальних засобів розробки, налагодження й документування (САПР).

Системне ПЗ містить у собі:

- стандартні операційні системи;
- пакети програмної підтримки обміну даними;
- системи керування локальними й розподіленими базами даних.

Програмне забезпечення інструментальних засобів розробки, налагодження й документування містить у собі:

- засобу налаштування базового ПЗ, діагностики й самодіагностики працездатності ПЛК;
- засобу створення й налагодження прикладного ПЗ.

Операційні системи пристроїв верхнього рівня ПЛК повинні задовольняти наступним вимогам:

- висока продуктивність, підтримка багатозадачного режиму;
- високий ступінь стійкості й надійності;

- підтримка обмінів інформації з використовуваних у ПЛК локальним мережам;
- зручний і зрозумілий користувачеві графічний інтерфейс, простота й ефективність використання;
- можливість роботи з мультимедіа;
- можливість конфігурування під конкретні умови використання.

На нижньому рівні ПЛК повинні використовуватися високопродуктивні операційні системи (ОС).

Операційні системи нижнього рівня повинні забезпечувати:

- підтримку багатозадачного або псевдобагатозадачного режиму;
- модульність, гнучку конфігурованість, можливість 100%-го розміщення в ПЗУ контролера;
- малий час реакції, багаторівневу, засновану на пріоритетах, обробку переривань і присвоєння міток часу зафіксованим подіям;
- розвинені засоби комунікації (підтримка стандартних мереж, а також різних промислових інтерфейсів вводу-виводу);
- можливість (при необхідності) стикування з технічними засобами сторонніх розроблювачів (за окремою заявкою замовника).

Допускається використання ОС загального призначення в комплекті з додатками, що забезпечують реалізацію властивостей, характерних для мультизадачних систем реального часу.

Програмне забезпечення інструментальних засобів розробки, налагодження, документування й проектування АСУ ТП (тільки в частині ПЛК) є невід'ємною частиною ПЗ ПЛК. Інструментальні засоби повинні базуватися на діючих стандартах і забезпечувати рішення найбільш складних питань, пов'язаних з автоматизацією процесів створення АСУ ТП і прикладних програм: приймання й обробка сигналів, організація автоматичного керування виконавчими пристроями, візуалізація обмірюваних величин (у тому числі у вигляді графіків, гістограм і т.п.), ведення архівів і генерації звітів. Результатом

проектування повинні бути компоненти системи керування, повністю готові до запуску.

Інструментальні засоби повинні, як правило, сполучати в собі функції розробки й тестування.

Інструментальне ПЗ повинне включати наступні програмні засоби:

- компонування й генерації технічних і програмних засобів ПЛК;
- бібліотеку програмних модулів стандартних алгоритмів збору й обробки технологічної інформації, керування, регулювання й технологічних захистів;
- автоматизованого формування, що виконуються програмних модулів на основі технологічних завдань, представлених у вигляді БД і технологічних алгоритмів, розроблених з використанням технологічних мов і бібліотеки стандартних алгоритмів;
- пакети програм створення фрагментів і їх окремих елементів;
- організації й обслуговування баз даних;
- проведення самодіагностики й тестування апаратури й програмного забезпечення;
- розробки й включення до складу математичного забезпечення ПЛК і АСУ ТП програм, написаних на універсальних мовах програмування;
- засоби розробки ПЗ (редактори, лінкери, транслятори й т.п.);
- засоби автоматизованого проектування ПЛК у складі АСУ ТП, включаючи засоби автоматизованого розподілу й розташування модулів УСО в контролерах і розподілу вхідних-вихідних каналів ПЛК по контролерним шафам і їх клемникам.

Комплект інструментального ПЗ повинен містити також наступний набір програм:

- редактор схем логічного керування й технологічних захистів;
- редактор схем автоматичного регулювання й програмного керування;
- редактор відеограм;
- редактор проектної документації на ПЛК.

Інструментальні засоби призначені для максимального спрощення й полегшення процесу розробки й проектування ПЛК і АСУ ТП у цілому.

Інструментальні засоби, крім перерахованих вище, повинні також включати засобу контролю й діагностики функціонування ПЛК, а також його корекції, модернізації й налагодження на об'єкті.

Вимоги до прикладного програмного забезпечення:

1. Прикладне (користувацьке) програмне забезпечення повинне забезпечувати реалізацію ПЛК усіх функцій керування й обробки інформації, включених у технічне завдання на конкретну АСУ ТП.

2. Усі типові завдання, застережені в справжніх ОТТ, зв'язані зі збором, обробкою, передачею, зберіганням і виставою інформації, а також з видачею керуючих впливів і інформації на виконавчі й інші зовнішні пристрої, повинні програмуватися на технологічних мовах або за допомогою інших програмних засобів, що не вимагають знань в області застосування універсальних мов програмування.

3. Повинна передбачатися можливість збереження вихідних користувацьких програм на магнітних носіях і при необхідності завантаження користувацьких програм через інтерфейсні канали в пам'ять контролера. Аналогічна можливість повинна передбачатися й для програмного забезпечення верхнього рівня ПЛК.

4. Повинна передбачатися (якщо буде потреба) можливість підготовки, зміни або корекції (у припустимих межах, передбачених при створенні АСУ ТП) користувацьких програм у процесі роботи ПЛК у складі АСУ ТП і технологічного встаткування. При цьому, як правило, повинна бути виключена необхідність залучення розроблювачів або професійних програмістів. Коректування окремих програм повинна бути локальною й не повинна вимагати втручання в інші програми.

5.3 Вимоги й характеристики використовуваної операційної системи верхнього й нижнього рівнів АСУ ТП

На рисунку 5.1 представлена автоматизація технологічного процесу по рівнях.

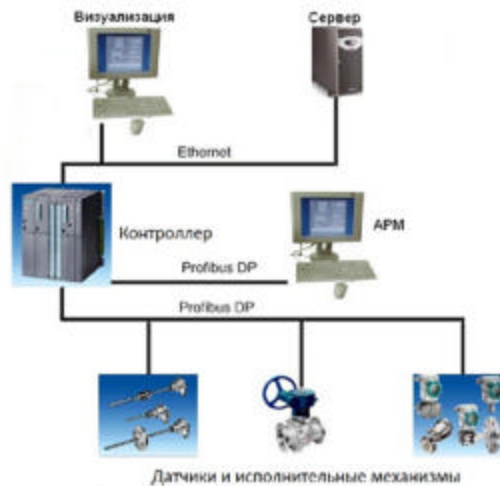


Рисунок 5.1 – Автоматизація технологічного процесу по рівнях

Програмне забезпечення верхнього рівня містить у собі:

- операційної системи (MS Windows 11);
- комунікаційних протоколів (Ethernet 802.3, TCP/IP);
- форматів файлів (TXT, DOC, XLS);
- інтерфейсів із СУБД (SQL);
- інтерфейсів динамічного обміну даними DDE, Netdde.

Програмне забезпечення інформаційного сервера:

- операційна система MS Windows 11;
- "майстер" додаток на базі Scada Системи Wonder ware Intouch;
- Intouch Runtime;
- сервер бази даних Industrial SQL Server.

Програмне забезпечення автоматизованих робочих місць, що входять в АСУ ЦППН, ґрунтується на наступних базових засобах:

- операційна система MS Windows 11;

- "підлегле" додаток на базі ScadaиСистеми Wonder ware Intouch;
- Intouch Runtime для АРМ керування;
- Factoryfocus для АРМ спостереження за технологічним процесом;
- Activefocus для здійснення зв'язку з базою даних Industrial SQL Server.

Windows 11 - багатофункціональна операційна система, що забезпечує функції сервера файлів і печатки, сервера додатків, веб-сервера й комунікаційного сервера. Нова система в порівнянні з попередньої забезпечує більшу надійність, швидкодію й легкість керування. Що ще важливіше - в Windows Server є великий набір розподілених служб, побудованих на базі Active Directory - багатоцільового, масштабованого каталогу, створеного з використанням інтернет технологій і повністю інтегрованого із системою. Active Directory значно спрощує адміністрування систем і пошук ресурсів у корпоративній мережі. Численні інтернет служби, що входять до складу Windows Server, дозволяють організаціям широко використовувати інтернет технології створювати складні веб-додатки й служби поширення потокової інформації (аудіо, відео й т.п.), а також будувати інтрамережі.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Заходи з охорони праці мийному відділенні

До основного технологічного обладнання пляшкомийної машини відносяться: приймальні лотки, відцентрові насоси, сепаратори, компресорна установка, транспортні механізми.

Основні вимоги з безпечної експлуатації електричних насосів передбачають в першу чергу якісне складання і забезпечення точності монтажу [20]. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Нормативним документом, який регламентує рівень шумів для різних категорій робочих місць і службових приміщень являється ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки”.

Під час роботи підтікання насосу не повинно перевищувати встановлених для даної конструкції максимальних нормативних значень.

При несправному насосі (при задіванні робочих органів за корпус, кришку, при підвищеній вібрації та шумі) працювати не дозволяється.

Технологічні місткості закритого типу повинні в першу чергу забезпечувати герметичність. Підтікання є недопустимим фактором, оскільки створює додаткові небезпечності для обслуговуючого персоналу (слизька підлога, підвищена вологість). Зростає імовірність падіння і отримання травм, а також ураження електричним струмом.

Відкриті місткості слід розміщувати на висоті, яка б унеможливила випадкове падіння у них обслуговуючого персоналу. Рекомендується встановлення захисних огорож.

Для машин мийного відділення характерним із виробничих небезпечних факторів є наявність елементів з підведеним електричним струмом, а також підведення пневматичних і гідравлічних комунікацій. Для забезпечення нормальних умов праці слід передбачити дерев'яні підставки для ніг, ретельну ізоляцію електричних з'єднань, а також заземлення відповідно ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».

6.2 Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог у мийному відділенні

При проектуванні і монтажі нового устаткування треба забезпечити [20]: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

Експлуатація обладнання, пов'язаного з відкритими дзеркалами технологічних рідин (приймальні місткості ванни тощо) пов'язана з інтенсивним випаровуванням і виділенням теплоти. Одним з найбільш ефективних засобів боротьби з ними є встановлення місцевої вентиляції. До найбільш ефективних прикладів застосування місцевої вентиляції належать повітряні душі. Температури і швидкості руху повітря на постійних робочих місцях, які обслуговуються повітряними душами, слід приймати згідно з СН 245-71, а розрахункові параметри оточуючого повітря – згідно СНіП II-33-75.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на молокозаводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі, перемішуючі робочі органи (перемішуючі органи ванн, мішалки резервуарів для зберігання молока) тощо.

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини.

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

6.3 Оцінка можливих джерел пожеж на підприємстві

У більшості випадків техногенні аварії пов'язані з неконтрольованим, мимовільним виходом у навколишнє простір речовини чи енергії. Мимовільне вивільнення енергії приводить до промислових вибухів, а речовини - до вибухів, пожежам і хімічному забрудненню навколишнього середовища.

Під пожежею розуміють неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює небезпеку для життя людей. Причиною виникнення пожеж на промислових об'єктах можна розділити на двох груп. Перша - це порушення протипожежного режиму чи

необережне поводження з вогнем, друга - порушення пожежної безпеки при проектуванні і будівництві будинків. Пожежі можуть виникнути при вибуху в чи приміщеннях виробничих апаратах при витоках і аварійних викидах пожежовибухонебезпечних середовищ в обсяги виробничих приміщень.

Пожежа є хімічною реакцією між горючими речовинами і киснем повітря (чи іншим видом окисного середовища). Для того щоб виникла пожежа необхідно три компоненти: пальне, кисень і первісне джерело теплоти з енергією, достатньої для початку реакції горіння.

Утворення полум'я пов'язано з газоподібним станом речовини, тому горіння рідких і твердих речовин, що супроводжується виникненням полум'я, припускає їхній попередній перехід у газоподібну фазу.

При пожежах існує кілька різних небезпечних факторів. Перший з них - це підвищені температури в зоні горіння. Вони можуть привести до теплових опіків поверхні шкіри і внутрішніх органів людей, а також викликати втрату несучої здатності будівельних конструкцій будинків і споруджень. Другим фактором є надходження в повітря робочої зони значної кількості шкідливих продуктів згорання, у більшості випадків, що приводить до гострих отруєнь людей.

6.4 Протипожежний захист виробничих об'єктів

Автоматична пожежна сигналізація є важливою мірою запобігання великих пожеж, тому що час між виникнення пожежі і приїзду пожежної бригади проходить значно багато, що в більшості випадків приводить до повного охоплення полум'ям приміщення. Основна задача автоматичної пожежної сигналізації - виявлення початкової стадії пожежі, передача повідомлення про місце і час його виникнення і при необхідності включення автоматичних систем пожежегасіння і димовидалення.

Функціонально автоматична пожежна сигналізація складається з приймально-контрольної станції, що через сигнальні лінії з'єднана з

пожежними сповіщувачами. Задача сигнальних сповіщувачів є перетворення різних проявів пожежі в електричні сигнали.

Швидкість спрацьовування автоматичної пожежної сигналізації в основному визначається швидкістю спрацьовування первинних сповіщувачів. В даний час найбільш часто використовуються теплові, димові, світлові і звукові пожежні сповіщувачі.

Вибір засобів і способів пожежегасіння. Для придушення процесу горіння можна знижувати вміст пального компонента, окислювача (кисню повітря), знижувати температуру чи процесу збільшити енергію активації реакції горіння. Відповідно до цього в даний час при гасінні пожеж використовують один з наступних основних способів:

- ізоляцію вогнища горіння від чи повітря зниження шляхом розведення повітря непальними газами, концентрації кисню в повітрі до значення, при якому не може відбуватися процес горіння;
- охолодження вогнища горіння нижче визначених температур (температур самозапалювання, запалення і спалахи пальних речовин і матеріалів);
- інтенсивне інгібування (гальмування) швидкість хімічної реакції окислювання;
- механічний зрив полум'я в результаті впливу на нього сильного струменя чи газу рідини;
- створення умов вогнезагородження, при яких полум'я змушене поширюватися через вузькі канали.

Багато вогнегасячих речовин, які застосовуються в автоматичних системах пожежегасіння, ушкоджують технологічні установки. Тому вибір типу вогнегасячої речовини повинний визначатися не тільки швидкістю і якістю гасіння пожежі, але і необхідністю забезпечити мінімальне сумарне ушкодження, що може бути заподіяно будинку й устаткуванню.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено та досліджено автоматичну систему контролю технологічного процесу миття скляної тари на базі ТОВ «Микулинецький Бровар».

Здійснено аналіз факторів, які впливають на чистоту пляшок, та аналіз засобів вимірювання концентрації розчинів. Описано функціональні елементи систем вимірювання.

У роботі спроектовано автоматизовану систему контролю технологічного процесу миття скляної тари пляшкомиїної машини, які включають автоматичний контроль та регулювання технологічних параметрів під час очищення пляшок. При розробці автоматизованої системи контролю за процесами миття та дезінфекції використано програмований логічний контролер Vision. Керування і контроль процесу миття здійснюється сенсорним пультом керування. Здійснено вибір пристроїв для вимірювань концентрації та температури миючих розчинів. Для керування електроприводами конвеєрів та насосів підібрано частотні перетворювачі.

Виконано дослідження фізико-хімічних властивостей розчинів та характеристики давачів для вимірювання концентрації розчинів.

Висвітленні питання використання ПК для задач САПР та вимоги до програмного та апаратного забезпечення АСУ ТП.

Питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях подані в шостому розділі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Процеси та апарати харчових виробництв / За ред. І.Ф. Малезик. - К.: НУХТ, 2003. - 400 с.
2. Теоретичні основи харчових виробництв: Підручник/ Зубар Н.М.. — К.: Кондор, 2020. — 304 с.
3. Кухарчук В.В. Основи метрології та електричних вимірювань: підручник / В.В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 522 с.
4. Храмов А. В. Первинні вимірювальні перетворювачі приладів і автоматичних систем/ А. В. Храмов. – К.: Вища школа, 1998. – 220 с.
5. Фізична і колоїдна хімія. За ред. проф. Кабачного В.І. – Харків: Вид-во НФАУ, 1999. – 368 с.
6. Павлишин О.Л., Федорів І.П. Аналіз автоматизованої системи централізованої мийки технологічного обладнання// Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 27-28 листопада 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 2. — С. 76.
7. Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник для вузів I-IV рівнів акред. із спец. "Харчова технологія та інженерія"/ А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. - К. : Аграрна освіта, 2001. - 224 с.
8. Handbook of Brewing. Processes, Technology, Markets/Edited by Hans Michael Eßlinger. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2009 – 779 p. ISBN: 978-3-527-31674-8
9. Performance Qualification Protocol for Bottle Washing Machine Liquid Line. URL: <https://pharmadevils.com/wp-content/uploads/2023/02/Performance-Qualification-Protocol-for-Bottle-Washing-Machine.pdf>
10. The Affecting Factors of Reject Bottles in Bottle Washing Machine. Denny Tjatur Indarto, Niken Sulistyowati. International Journal of Innovative Science

11. Gajjar, A. G., Patel, A. I., & Singh, R. G. Design and development of bottle washer machine for small scale beverage industry. Conference Proceeding - 2015 International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications, ICACEA 2015, (1) – 325–331 p.
12. Bypass Level Indicator BM 26 A. Installation and operation manual. URL: https://cdn.krohne.com/pick2/tagged_docs/MA_BM26A_en_161109_R08.pdf
13. Перетворювач з індуктивним датчиком провідності JUMO CTI-750. URL: <https://www.jumo.ua/web/products/apps/productdetailpage?pdpId=202756>
14. Vision OPLC V1040-T20B. User Guide. URL: https://www.unitronicsplc.com/Documents/Vision/PLC/UG_V1040-T20B.pdf
15. HITACHI L100 Series Inverter. Instruction Manual. URL: <https://hitachiadrive.com/Hitachi-L100-InstructionManual.pdf>
16. HITACHI Frequency Inverters S1 Series URL: <https://hitachi-industrial.eu/wp-content/uploads/2024/02/S1-Brochure.pdf>
17. Naseri Boroujeni, S., Maribo-Mogensen, B., Liang, X., & Kontogeorgis, G. M. (2023). New Electrical Conductivity Model for Electrolyte Solutions Based on the Debye-Hückel-Onsager Theory. Journal of Physical Chemistry 127(46), 2023 – 69 p. 9954–9975.
18. Федорів І. Аналіз кондуктометричних давачів / І. Федорів // Матеріали XXI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 92–93.
19. Diahovchenko I., Kolcun M., Čonka Z., Savkiv V., Mykhailyshyn R. Progress and challenges in smart grids: Distributed generation, smart metering, energy storage and smart loads. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering, 2020. Vol. 44. P. 1319-1333. <https://doi.org/10.1007/S40998-020-00322-8>.

20. Palamar A., Pettai E., Beldjajev V. Control System for a Diesel Generator and UPS Based Microgrid. Scientific Journal of Riga Technical University. Power and Electrical Engineering. 2010. Vol. 27. P. 47-52.
21. Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.
22. Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud computing technologies in “smart city” projects. In Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.
23. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies. Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, 2004. P. 1658–1662.
24. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулля, 2011. 344с.
25. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
26. Букетов А. В., Стухляк П. Д., Кальба Є. М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. Тернопіль: Збруч, 2005. 182 с.
27. Драган Я.П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. Вісник нац. унів. “Львівська політехніка”: зб. наук. пр. Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2002. № 443. С. 200-205.

28. Коваль В. П., Івасечко Р. Р., Козак К. М. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2015. № 3. С. 2-10.
29. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
30. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
31. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
32. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
33. Development of Digital Platform to Identify and Monitor the Digital Business Transformation Index, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Dudkin, P., Dudkina, O., International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2020, 2, pp. 171–175, 9322016
34. Information technology to support the digital transformation of small and medium-sized businesses, Mosiy, L., Kozbur, H., Strutynska, I., Mosiy, O., Yatsyshyn, V. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3742, pp. 150–165
35. Analysis of the SMEs' Digitalization State Using HIT Index and Machine Learning Technique, Strutynska, I., Kozbur, H., Dmytrotsa, L., Kozbur, I., Gashchyn, N., Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, 2023, pp. 332–337
36. Working-Out of Recommendation System to Increase the Digital Maturity Level of Enterprises, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Hlado, O., Sorokivska, O., 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications

- Science and Technology, PIC S and T 2020 - Proceedings, 2021, pp. 147–151, 9467978
37. The Unification of Approaches to Measuring the Digital Maturity of Business Structures (International and Domestic Approaches) / Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Melnyk, L., Sherstiuk, R., CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3013, pp. 10–23
38. Стухляк П.Д., Букетов А.В. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням. Тернопіль: Збруч, 2009. 237 с.
39. Ткачук Р., Яворський Б. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеною вірогідністю та ефективністю. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2009. №3. С. 102-110.
40. Юзьків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. Вісник ТДТУ. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
41. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
42. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
43. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
44. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с.

45. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с.
46. Медвідь В.Р., Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 354 с., ISBN 978-966-305-045-4, <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/20504>.
47. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
48. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.
49. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
50. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
51. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 26с.

52. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 4. «Мікросхемотехніка» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 44с.
53. Розробка мікропроцесорної системи керування на основі мікропроцесорного комплекту КР580 та на основі ОМЕОМ К1816ВЕ51/ Методичні вказівки для виконання курсового проєкту з дисципліни "Електроніка і мікропроцесорна техніка" //Медвідь В.Р, Пісьціо В.П., Микулик П.М. Тернопіль: ТНТУ - 2016. 108 с.
54. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
55. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с.<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
56. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
57. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.Проць, О.Данилюк, В.Савків - ТДТУ. 2005. -264с.
58. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / укл. : П.О. Марущак , Ю.Б. Капаціла , Р.І. Михайлишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 75 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26145>

59. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136/>.
60. Методичні рекомендації для практичних занять з курсу «Засади провадження наукової діяльності» / укл. : Дмитрів Олена Романівна, Рогатинський Роман Михайлович. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 112 с., <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44669>.