

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ТА СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМУ САУ

Проектування САУ десульфурації чавуну на базі Softlogic-системи CoDeSys

При проектуванні АСУ ТП важливим питанням є вибір SCADA-системи, який здійснюється на підставі її технічних, експлуатаційних та вартісних характеристик. При цьому треба враховувати, що на великих об'єктах використовуються потужні програмні пакети, а на малих економічніше розробляти людино-машинний інтерфейс оператора АРМ за допомогою більш дешевого програмного продукту, наприклад Softlogic-системи, яка має вбудовану візуалізацію.

Якщо виникає необхідність створення системи автоматизації на складному об'єкті, де мають узгоджено працювати основне виробництво та окремі технологічні дільниці, то можна застосовувати обидва варіанти проектування АСУ ТП. У цьому випадку більш цікавою є не звична робота зі SCADA-системою, навіть незнайомою до цього, а створення людино-машинного інтерфейсу за допомогою Softlogic-пакету з розширеними можливостями та налагодження їх роботи на рівні промислової мережі.

Технологія виробництва

Система десульфурації чавуну використовується для забезпечення конвертерних плавок чавуном, з вмістом сірки в межах $\leq 0.010 - \leq 0.002\%$. В якості знесірчувального реагенту застосовується гранульований магній з формою частинок діаметром від 0,4–0,5 до 1,5–1,6 мм. Рекомендований вміст магнію в грануляті складає 92%, хлоридів - не більше 3,0%, іглоподібних частинок – не більше 8,0%.

Гранульований магній (рис.4.58) надходить на установку в контейнерах 4 і завантажується через лійку 3 в завантажувальний модуль 1, який забезпечує зберігання поточного запасу магнію і подачу його в модуль-дозатор 17. Модуль-дозатор здійснює автоматичну подачу магнію шляхом вдування його в рідкий чавун через занурену фурму пристрою 12. Для цього він містить автоматизований інжекційно-дозуючий блок з індивідуальною системою регулювання подачі твердої і газової фаз.

Рівномірна і стійка подача магнію в режимі вдування забезпечується завдяки спеціальній конструкції роторного дозатора і системи змішування магнію з потоком несучого газу. Питома витрата магнію (кг/т чавуну) залежить від вихідного вмісту сірки в чавуні, температури розплаву і заданого кінцевого вмісту сірки.

В якості інжектуючого газу застосовуються гарантовано сухі, нейтральні (аргон) або частково нейтральні (азот) до магнію речовини. Тиск в системі підводу підтримується стабільним у межах 0,7–0,8 МПа. Це забезпечує подолання всіх опорів в інжекційній системі, створення необхідних газодинамічних характеристик потоку, що вдувається, і стійку роботу технологічного комплексу при вдуванні магнію на глибину розплаву до 4,0 – 4,5м.

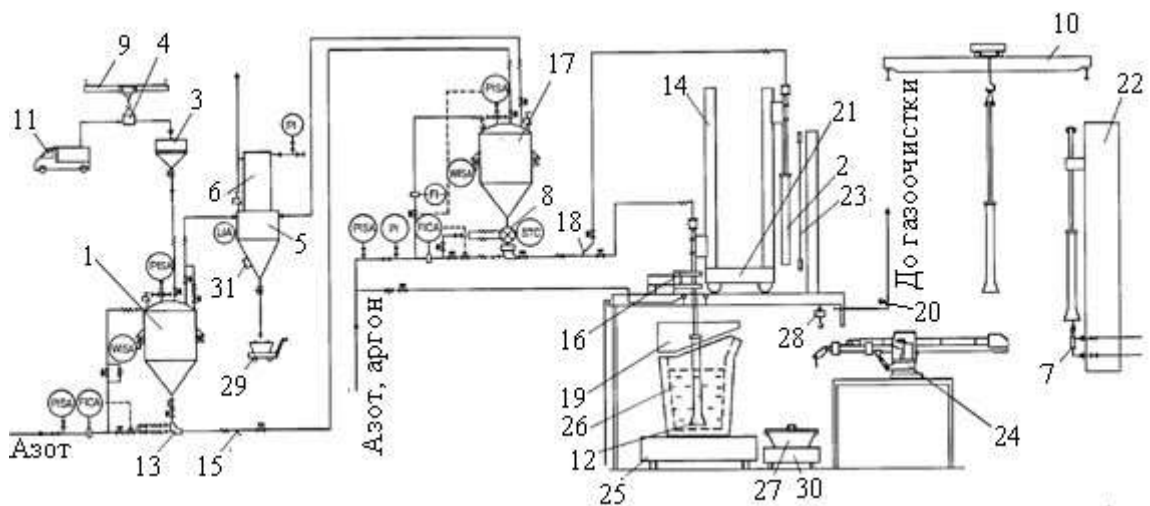


Рис. 4.58 Апаратурно-технологічна схема комплексу десульфурації чавуну зернистим магнієм без домішок:

1 – завантажувальний бункер; 2 – фурма; 3 – лійка для завантаження магнію з решіткою; 4 – контейнер з магнієм; 5 – бункер фільтра-осаджувача; 6 – рукавний фільтр; 7 – пальник і розпилювач; 8 – роторний дозатор; 9 – клапан-балка; 10 – електромостовий кран; 11 – автотранспорт з контейнером магнію; 12 – фурменний пристрій в ковші з чавуном; 13 – інжектор-змішувач; 14 – направляючі; 15, 18 – перемикачі на магнієпроводах; 16 – фіксатор фурми в нижньому робочому положенні; 17 – дозуючий бункер; 19 – кришка ковшу; 20 – система газовиділення із засувкою; 21 – пристрій введення фурм в розплав; 22 – стенд збірки, зберігання і ремонту фурм; 23 – пробовідбірник чавуну; 24 – машина скачування шлаку; 25 – чавуновоз; 26 – ківш з чавуном; 27 – шлакова чаша; 28 – тельфер; 29 – ємність для пилу; 30 – шлаковий візок; 31 – вібратор

Система подачі газу-носія забезпечує стабільну підтримку тиску при всіх режимах роботи установки десульфурації.

Десульфурація чавуну здійснюється в заливальних ковшах. Після десульфурації шлак з поверхні чавуну скачується у шлакову чашу 27, що знаходиться на візку 30. Для цього ківш нахиляється за допомогою кантувача у бік машини скачування шлаку 24. Обладнання (17, 14, 16) забезпечує необхідні умови роботи фурмених пристроїв.

При необхідності фізико-хімічні властивості ковшового шлаку можна коригувати за допомогою спеціальних домішок (окремо від вдуваного магнію). У якості домішків можуть бути матеріали, основу яких складають оксиди кальцію. Ці домішки в кількості 1–2кг/т чавуну використовують для збільшення сульфідного змісту шлаку, нівелювання його негативного впливу, підвищення ступеня засвоєння магнію або поліпшення умов видалення шлаку після десульфурації. Домішки для коригування ковшового шлаку подають на поверхню розплаву перед, після і в період продування чавуну.

Структура АСУ ТП

АСУ ТП десульфурації чавуну призначена для управління ділянкою десульфурації, яка знаходиться на межі доменного та сталеплавильного цехів. До задач управління АСУ ТП входять: здійснення керувальних впливів на всі рухомі механізми агрегату, своєчасне управління запірною арматурою, регулювання та контроль технологічних параметрів при проведенні процесу, завантажуванні та транспортуванні реагенту (гранульованого магнію).

АСУ ТП десульфурації чавуну являє собою багаторівневу ієрархічну структуру з розподіленими функціями контролю і управління. Вона має:

- польовий рівень, який забезпечує збір інформації про стан об'єкта та передачу керувальних сигналів на виконавчі пристрої;
- промисловий рівень, який реалізується на базі промислових контролерів і виконує функції управління технологічним процесом і обладнанням;
- верхній рівень, побудований на базі індустріального персонального комп'ютера, на якому відбувається візуалізація технологічного процесу, прийом, передача та обробка виробничої та техніко-економічної інформації, що надходить від усіх підсистем, а також архівування необхідної інформації та видача звітних документів.

Система управління забезпечує автоматичний, ручний дистанційний (поопераційний) режим роботи автоматизованого робочого місця оператора.

Схема інформаційних та керувальних потоків представлена на рис.4.59.

Враховуючи кількість вхідних та вихідних сигналів, можна зазначити, що процес десульфурації чавуну відноситься до нескладних об'єктів автоматизації, а тому недоцільно використання промислової SCADA-системи при створенні АСУ ТП.

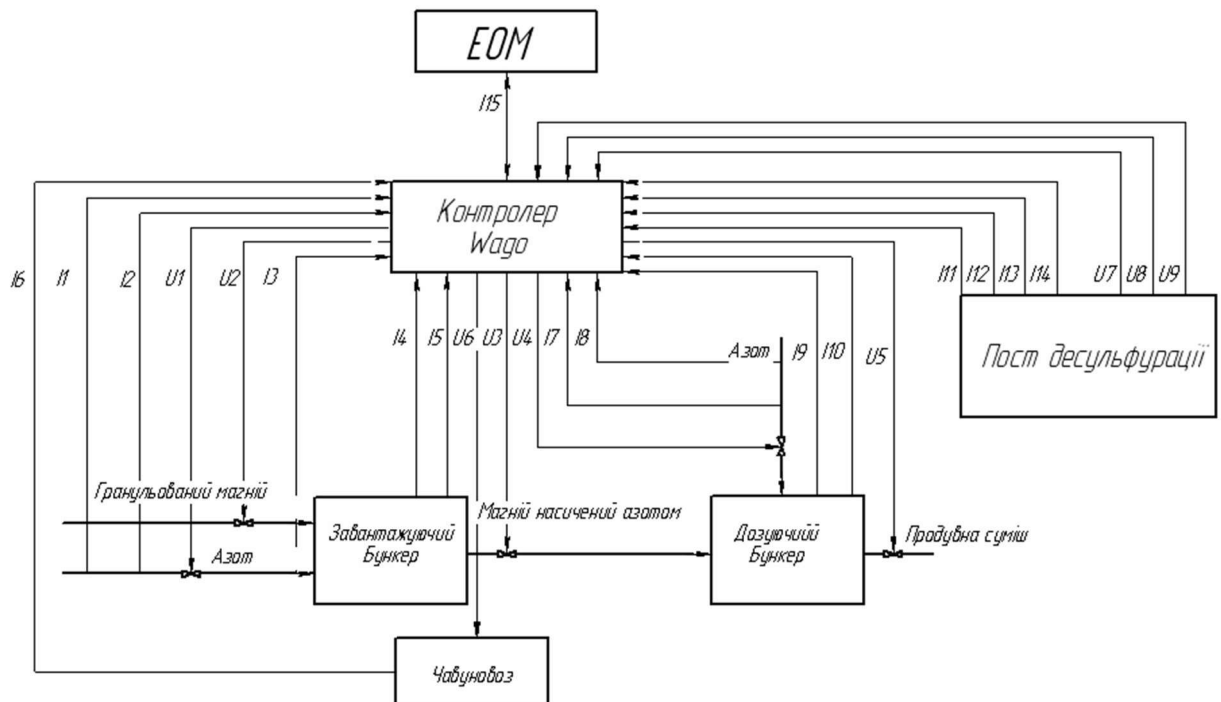


Рис. 4.59 Схема інформаційних та керувальних потоків:

Потоки інформаційних сигналів:

I1- вологість азоту на вході установки; I2- тиск у трубопроводі перед завантажувальним бункером; I3- температура в трубопроводі перед завантажувальним бункером; I4- тиск азоту в завантажувальному бункері; I5- маса магнію в завантажувальному бункері; I6- положення чавуновозу і наявність кошику; I7- тиск азоту перед дозувальним бункером; I8- температура в трубопроводі перед дозувальним бункером; I9- тиск в дозувальному бункері; I10- маса в дозувальному бункері; I11- положення пристрою введення фурми; I12- положення фурми; I13- положення кришки чавуновозу; I14- стан воріт; I15- обмін інформацією між контролером і ЕОМ.

Потоки керувальних сигналів:

U1- вплив на витрату азоту перед завантажувальним бункером; U2 - вплив на витрату магнію перед завантажувальним бункером; U3 - вплив на витрату

азоту перед дозувальним бункером; U4 - вплив на витрату магнію перед дозувальним бункером; U5 - вплив на витрату продувної суміші на магніспроводі; U6 - вплив на рух чавуновозу; U7 - вплив на рух кришки чавуновозу; U8- вплив на рух фурм; U9 - вплив на рух воріт.

Зазвичай при будівництві систем управління на базі промислових контролерів звертають увагу на технічні можливості цих пристроїв керування та забезпеченість їх засобами програмування. Проте при створенні АСУ ТП десульфурації чавуну увага, перш за все, приділялась засобам створення програмного забезпечення, оскільки за допомогою них потрібно розробити не тільки додатки для промислових контролерів, а і невелику SCADA-систему для збору і обробки інформації та реалізації людино-машинного інтерфейсу.

Аналіз можливостей існуючих пакетів програмування контролерів показав, що Softlogic-система CoDeSys відповідає висунутим вимогам, а промислові контролери фірми WAGO, що програмуються за допомогою цього засобу, здатні забезпечити усі функції пристроїв рівня керування проектованої АСУ ТП.

Проектне компонування WAGO-I/O-SYSTEM 750

WAGO-I/O-SYSTEM 750 являє собою модульну і незалежну від польової шини систему вводу-виводу (рис.4.60) [98]. Вона складається з малогабаритних мережного адаптера (51×65×100мм), розташованих в ряд модулів вводу-виводу (12×64×100мм) та кінцевого термінального модуля, які разом утворюють вузол польової шини Fieldbus. Мережні адаптери здійснюють обмін даними та реалізують функції логічного контролера. Для переведення вузла мережі з одного типу Fieldbus на інший (Profibus, Interbus-S, CANbus, CANopen, CAL, DeviceNET, Ethernet і Lightbus) немає необхідності міняти і перемонтовувати весь контролер – достатньо замінити лише мережний адаптер.

Проектне компонування промислового контролера, що працює у складі АСУ ТП десульфурації чавуну, відбувалось на підставі інформації про складність задачі, яку він має виконувати, у якій промисловій мережі має відбуватися обмін даними та кількості і типу вхідних/вихідних сигналів.

У якості мережного адаптера використовувалась модифікація програмованого контролера WAGO 750-841 сімейства WAGO-I/O-SYSTEM,

яка має 512 Кбайт пам'яті програм, 128 Кбайт пам'яті даних і 24 Кбайт незалежної пам'яті. Оснащений 100-Mbit портом Ethernet, контролер підтримує протоколи ModbusTCP і EtherNet/IP. WAGO 750-841 є безініціативним контролером, тому працює під управлінням будь-якого інтелектуального пристрою, у тому числі комп'ютера зі SCADA-системою. Контролер побудований на базі 32-бітового процесора, який працює в мультізадачному режимі і має вбудований годинник - таймер реального часу [98].

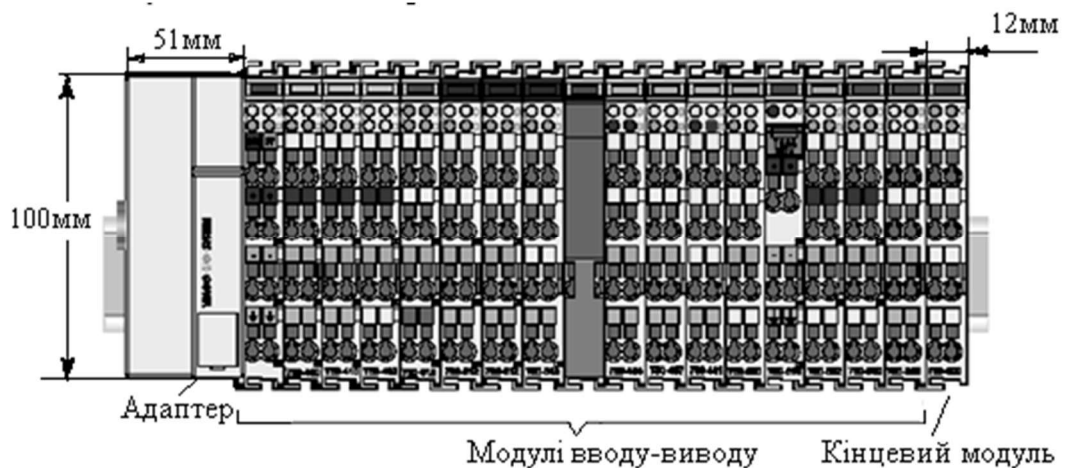


Рис. 4.60 Вузол польової шини

Комплектація модулями вводу-виводу виконана за результатами аналізу вихідних сигналів датчиків, що контролюють технологічні параметри, (табл. 4.2, 4.3) і сигналів управління виконавчими пристроями, що отримують керувальні діяння від мікропроцесорного контролера (табл.4.4, 4.5).

Відповідно до приведених таблиць кількість аналогових сигналів, що надходять від датчиків до контролера складає 13. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20мА. На таку кількість входів оптимальним є варіант використання трьох чотириканальних модулів WAGO 750-455 і одного двоканального аналогового модуля WAGO 750-453 [98]. Для прийому сигналів від індикаторів ваги використовуються два модулі послідовного інтерфейсу RS-232C WAGO 750-650.

Для виводу двох вихідних аналогових уніфікованих сигналів 4-20мА на БРУ-42, вибрано двоканальний аналоговий модуль виводу WAGO 750-552, а для управління частотним перетворювачем роторного живильника – модуль послідовного інтерфейсу RS-485 WAGO 750-653.

Для прийому 52 дискретних сигналів, застосовується 13 чотирьоканальних модулів WAGO 750-0402.

Серед сигналів дискретного виводу, що орієнтовані на роботу з постійною напругою, – 14 зі струмом 0,5А і 2 зі струмом 2А. Для струмового сигналу 2А вибрано один двоканальний модуль WAGO 750-502, а для сигналу 0,5А – три чотирьоканальні модулі WAGO 750-531 й один двоканальний WAGO 750-501.

Таблиця 4.2

Аналогові входні сигнали

Параметр	Один. вимірювання	Діапазон робочих границь	Джерело формування сигналу, 4-20 мА	Кільк.
1. Вологість азоту	С	-80...+20	Трансмітер точки роси DTM-242	1
2. Температура	С	50...+50	Термоперетворювач Метран 270, Диск-250ДД	2
3. Тиск	МПа	0...5,516	Датчик тиску Метран 150, Диск-250ДД	4
4. Витрата	м ³ /год	1,67...4,7	Інтелектуальний вихровий витратомір Метран 390, Диск-250ДД	3
5. Вага	т	0...4,7	Тензодатчики RL30745, RTN1t, індикатор ваги CI6000A (RS-232C)	2
6. Положення вала	%	0...100	ДУП-М	2
7. Рівень	мг/м ³	0,1...1000	Датчик рівня Prosens-303, індикатор струмових сигналів ИТС-1-1	1

Таблиця 4.3

Дискретні входні сигнали

Найменування сигналу	Назва і тип датчика	Кількість
1. Положення клапана чи затвора	Кінцевий вимикач серії ZC	32
2. Тиск повітря пневможивлення нижче норми в трубопроводі подачі стисненого повітря на газові завіси	Датчик реле тиску PS3-W1S	1

3. Положення воріт, пристрою вводу фурм, чавуновоза та візка скачування шлаку	Кінцевий вимикач серії D4D-R	5
4. Фіксування фурми, положення кришки чавуновоза, наявність та положення ковша	Кінцевий вимикач серії WL	5
5. Положення фурм А, В, С	Кінцевий вимикач серії Z-15	9

Таблиця 4.4

Вихідні дискретні сигнали

Найменування сигналу
1. Відкрити затвор подачі магнію в завантажувальний бункер
2. Закрити затвор подачі магнію в завантажувальний бункер
3. Відкрити затвор вивантаження магнію з бункера
4. Закрити кран повільного скидання тиску в завантажувальному бункері
5. Відкрити кран повного скидання тиску в завантажувальному бункері
6. Відкрити кран подачі азоту на «верхній» тиск в завантажувальному бункері
7. Відкрити систему аспірації в дозуючому бункері
8. Завантаження магнію в дозуючий бункер
9. Подача азоту у змішувальну камеру
10. Подача азоту на дозуючий бункер
11. Подача азоту в роторний живильник
12. Відкрити кран подачі на десульфурацію, фурма А
13. Відкрити кран подачі на десульфурацію, фурма В
14. Відкрити кран подачі на десульфурацію, фурма С
15. Подати стиснене повітря на газову завісу
16. Відкрити заслінку видалення димових газів
17. Закрити заслінку видалення димових газів
18. Відкрити ворота поста десульфурації
19. Закрити ворота поста десульфурації
20. Підняти кришку чавуновоза
21. Опустити кришку чавуновоза
22. Рух чавуновоза до місця десульфурації
23. Зупинка чавуновоза
24. Рух чавуновозу від місця десульфурації
25. Дозвіл на роботу МСШ
26. Підняти фурму А
27. Опустити фурму А
28. Підняти фурму В
29. Опустити фурму В
30. Підняти фурму С

31. Опустити фурму С
32. Запуск процесу десульфурації

Таблиця 4.5

Вихідні аналогові сигнали

Параметр	Прилад	Сигнал	Джерело приймання сигналу,	Кількість
1. Положення РО	МЭО-40/25-0.63-99К	4-20 мА	БРУ-42, ПБР-3А	2
2. Регулювання частоти обертання двигуна роторного живильника	Перетворювач частоти SIMOVERT VC	4-20 мА RS-485	Перетворювач частоти SIMOVERT VC	1

Для 17 дискретних виходів орієнтованих на роботу зі змінною напругою 230В або постійною напругою 30В і токовим сигналом 2А обрано дев'ять двоканальних модулів WAGO 750-513.

Для збільшення на 2А струму, що споживають модулі контролера, до компонування додається один модуль живлення постійного струму на 24В – WAGO 750-613. Для забезпечення коректного обміну даними між адаптером і модулями Fieldbus–вузол замикається термінальним модулем WAGO 750-600.

Візуалізація АРМ-оператора

АРМ-оператора автоматизованої системи управління технологічним процесом десульфурації чавуну розроблено з двома графічними екранами (рис.4.61). На першому з них (рис.4.61а), зображені завантажувальна лійка, пиловловлювач, завантажувальний та дозувальний бункери з трубопроводами.

За допомогою цієї мнемосхеми оператор може відслідковувати стан роторного живильника, засувки і клапанів, зміну параметрів:

- температури на вході установки;
- температури перед дозувальним бункером;
- тиску в трубопроводі перед дозувальним бункером;
- тиску в трубопроводі перед завантажувальним бункером;
- тиску в завантажувальному бункері;
- тиску в дозувальному бункері;

- ваги в завантажувальному бункері;
- ваги в дозувальному бункері;
- витрати азоту в трубопровідній трасі перед завантажувальним бункером;
- витрати азоту в трубопровідній трасі перед дозувальним бункером;
- витрата азоту при подачі на «верхній» тиск.

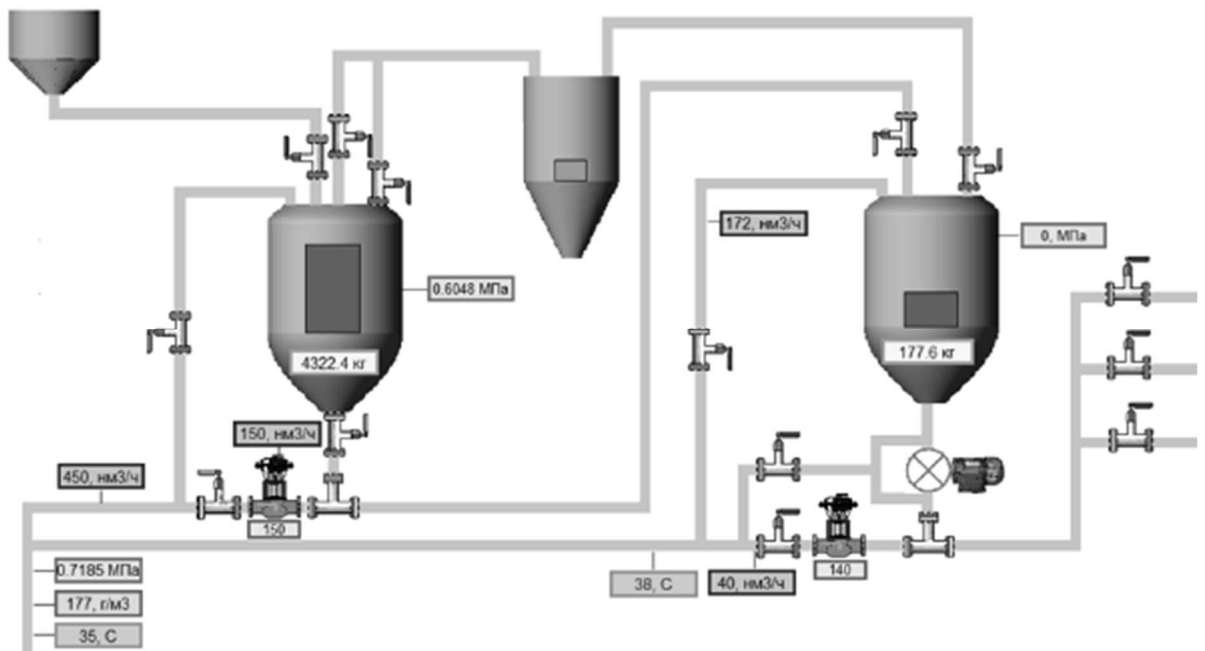


Рис. 4.61 Графічні екрани АРМ оператора

Окрім цього оператор може проводити завантаження, перевантаження і продувку в напівавтоматичному режимі, змінювати завдання при регулюванні технологічних параметрів. Для зручності спостереження за наповненням бункерів і пиловловлювача, передбачено три гістограми.

На другому екрані (рис.4.61б) показана технологічна схема процесу десульфурації чавуну, за допомогою якої здійснюється підготовка поста десульфурації для продувки чавуну магнієм, а саме: управління рухом ковша, чавуновоза, воротами поста та кришкою ковша. Крім цього здійснюється вибір фурми та подається сигнал на дозвіл роботи машини скачування шлаку.

Щоб зображення на екрані змінювалося у часі, при розробленні програмного коду використовувалися алгоритми роботи установки десульфурації та її механізмів.

На рис.4.62 наведено фрагмент програмного коду, який керує тиском у завантажувальному бункері при передачі реагенту до дозувального бункера в режимі емуляції.

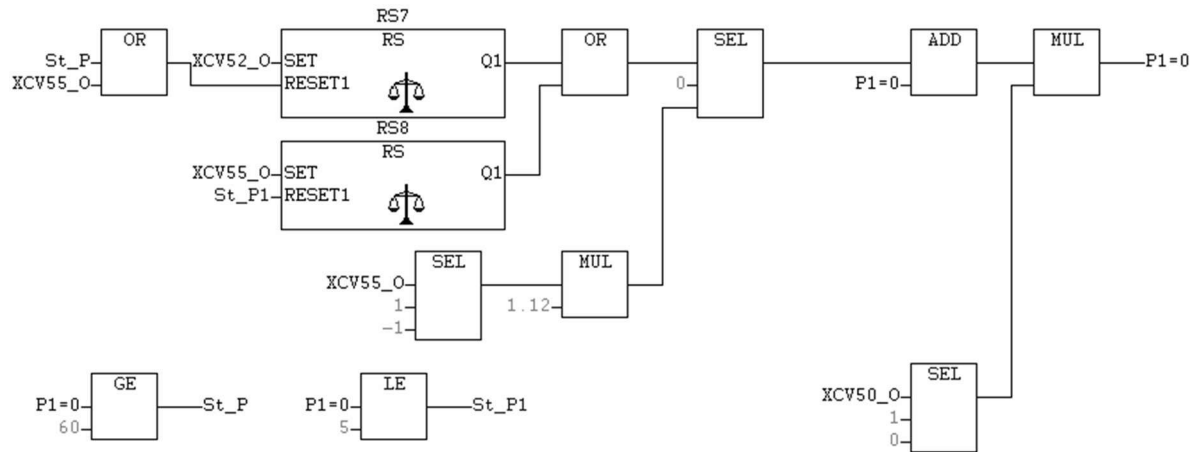


Рис. 4.62 Фрагмент програмного коду керування тиском в завантажувальному бункері

Під час відкриття клапана подачі азоту змінна XCV52_O активізує SET-вхід тригера RS7 і тиск P1 починає зростати. За технологією при досягнанні ним значення 0.6МПа відкривається клапан видачі реагенту завантажувального бункера, а тиск залишається незмінним. Для цього в програмі при порівнянні поточного значення тиску з встановленим коефіцієнтом на АРМ оператора GE (більше-дорівнює) його вихідна змінна активізує через оператор OR вхід RESET тригера RS7. При цьому вихід тригера приймає хибне значення і нарощування значення змінної P1 припиняється. Після перевантаження реагента, згідно алгоритму, закриваються клапани подачі азоту на «верхній тиск» та видачі магнію і відкривається клапан повільного скидання тиску до 0.05 МПа (змінна XCV55_O). При спрацьовуванні змінної XCV55_O активізується вхід блока-мультиплексора SEL. На його виході коефіцієнт змінюється з 1 на -1 і відбувається спадання тиску та відповідно зменшується значення змінної P1. За технологією під час досягання тиску 0.05 МПа відкривається клапан повного скидання до 0. Тому у програмі при спрацьовуванні оператора LE (менше-рівно) – активізується його вихід і змінна St-P1 на вході RESET тригера RS8 приймає істинне значення. Як наслідок вихід тригера скидається і значення змінної P1 прирівнюється до нуля P1=0.

На рис.4.63 показано фрагмент програмного коду, що забезпечує візуалізацію руху чавуновоза та управління ним з екрану №2. Змінна Start_R разом зі змінною V_O, яка сигналізує про відкритий стан воріт поста десульфурації, активізують SET-вхід тригера RS17. При цьому його вихід

приймає істинне значення. За допомогою блока BOOL_TO_REAL булевий тип сигналу конвертується у дійсний і подається на вхід блока множення MUL, де він перемножується з коефіцієнтом 2. З виходу блока множення MUL сигнал зі значенням 2 поступає на вхід блока ADD, де підсумовується зі значенням змінної керування роботою двигуна Dvig_R. Оскільки на виході блока додавання ADD оголошена змінна Dvig_R – її значення постійно збільшуватиметься на 2, а на екрані десульфурзації відбуватиметься рух чавуновозу до установки десульфурзації.

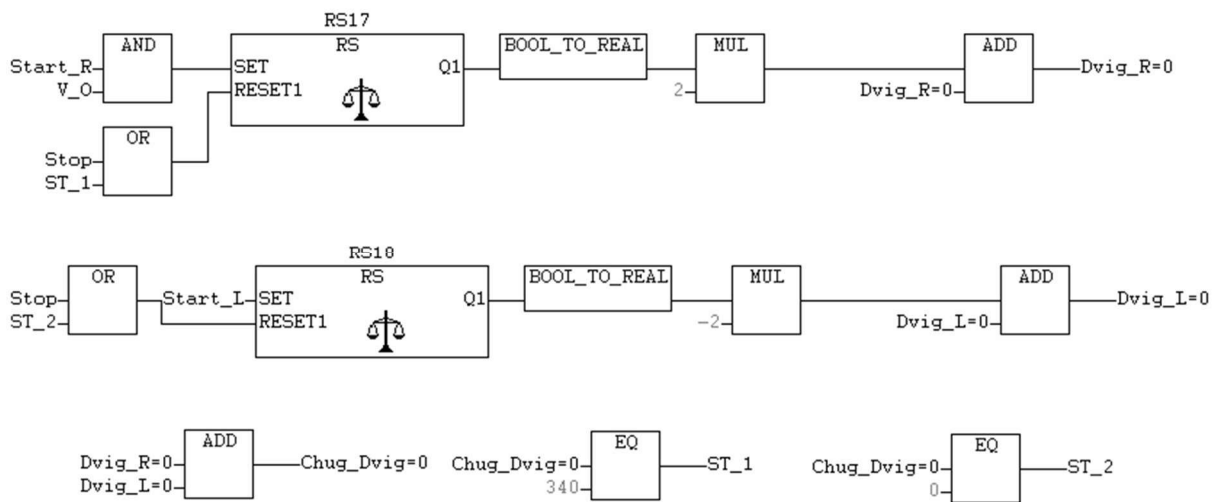


Рис. 4.63 Програмний код управління роботою чавуновоза

Змінна Start_L – активізує SET-вхід тригера RS18, який за аналогією попереднього фрагменту програми керує змінною Dvig_L, забезпечуючі реверс у роботі двигуна чавуновозу. Як наслідок, на екрані АРМ-оператора відбувається рух чавуновозу від установки десульфурзації.

В умовах заводу зупинка у русі чавуновозу відбувається за командою Stop або за сигналами кінцевих вимикачів, які активізують змінні ST1 і ST2 на RESET-входах тригерів RS17 і RS18.

В режимі емуляції, при налагодженні АСУ ТП, зупинка у русі чавуновозу відбувається при активізації виходів операторів EQ (дорівнює), якими керує змінна Chug_Dvig, коли досягає значення коефіцієнта 2, встановленого на іншому вході.

Змінні Dvig_R і Dvig_L – показують кількість обертів двигуна у відповідні сторони. Вони підсумовуються блоком ADD, в результаті чого змінна Chug_Dvig – відображає певне положення чавуновозу на шляху до установки.

Під час розробки коду програми фурменого пристрою враховувалась можливість: вибору фурми, керування рухом фурменого пристрою, встановлення його над отвором для продувки, вертикальне переміщення кожної фурми, зупинка її у необхідному положенні.

Фрагмент програми на рис.4.56 забезпечує вибір фурми, тобто положення фурменого пристрою щодо отвору над продувною камерою.

За допомогою змінних ST_S, F_A, F_B, F_C, стан яких залежить від початкового положення пристрою вводу фурми та положення відповідної фурми над розплавом, відбувається активізація SET-входу одного з RS45-, RS21-, RS22-, RS23-тригерів. Змінні A, B, C, Stend приймають коефіцієнти розрахованої відстані, що встановлені на входах 2 блоків множення MUL, при спрацьовуванні відповідного до них тригера. Прийняти конкретне значення може лише одна з вище згаданих змінних, оскільки інші – встановлені на RESET-входах тригерів і будуть це значення скидати.

В нижній частині (рис.4.64) показано алгоритм зупинки фурменого пристрою при візуалізації його руху на екрані. Змінна Ustr_Dvig зберігає значення типу REAL, яке збільшується чи зменшується, а змінна Stop_U приймає значення вихідного сигналу блока суми ADD, який приймає значення лише одного з входів. При рівності зі значенням змінної Stop_U змінна Ustr_Dvig приймає значення змінної Stop_U й відбувається зупинка фурменого пристрою на заданій відстані.

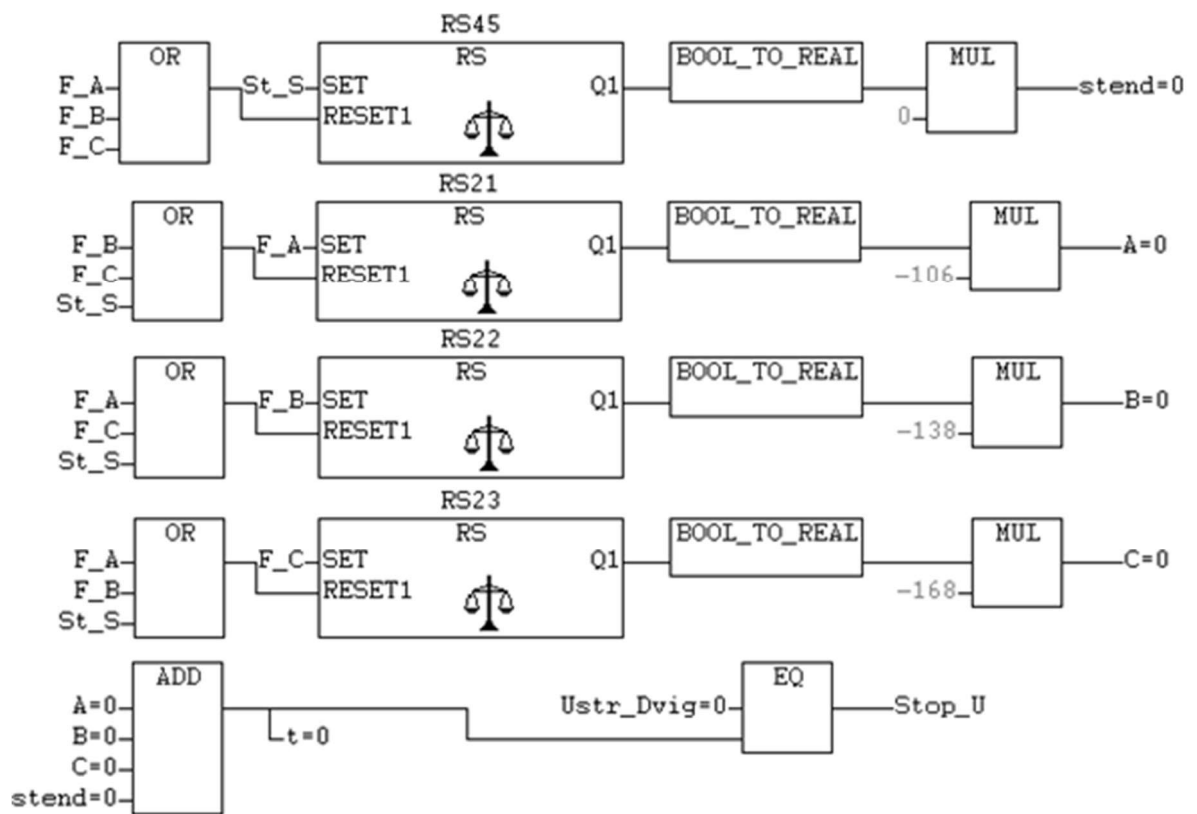


Рис. 4.64 Фрагмент програмного коду – вибору фурми

Окрім розглянутих програм, динаміку мнемосхеми екранів АРМ-оператора забезпечують також програми: задання одного з положень фурм над розплавом (верхнього і нижнього), а також вибору двигуна фурми та її руху [99].