

О. М. Євсєнко, А. О. Зуєв, Н. О. Євсіна

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ІМІТАТОРА ПОВЕДІНКИ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Анотація. Предметом дослідження є процес побудови структури стенда-імітатора та імітаційні моделі поведінки промислових об'єктів автоматизації. **Мета** статті – побудова апаратно-програмного комплексу імітації поведінки автомата видачі напоїв. **Завдання**, що вирішуються: опис алгоритму отримання інформації про об'єкт керування, аналіз структури і функцій об'єкта керування для побудови імітаційної моделі його поведінки, синтез рішення у вигляді апаратної та програмної частини. Застосовувані **методи**: теорія алгоритмів, методи і моделі оцінювання об'єктів, теорія багатофакторного експерименту, програмування програмованих логічних контролерів. Отримано **результати**: описано основні проблеми, які виникають при створенні рішень автоматизації промислових об'єктів; створено перелік вхідних-вихідних сигналів автомата видачі напоїв, за допомогою якого підібрано обладнання для створення апаратного та програмного комплексу; розроблено програмну частину з двох модулів: програми на програмованому логічному контролері та програми SCADA-системи. **Висновки**: для побудови імітатора об'єктів вихідною інформацією є перелік вхідних-вихідних сигналів, який складають за результатами опису поведінки об'єкта керування. При створенні стенда на програмованому логічному контролері необхідно враховувати, що перелік сигналів для побудови імітатора протилежний сигналам об'єкта керування. Використання розробленої програми імітатора об'єкта управління показало зниження часу тестування функціоналу на об'єкті, підвищило швидкість усунення багів у програмі, простоту тестування після додавання нового функціоналу.

Ключові слова: стенд-імітатор, SCADA-система, програмований логічний контролер, об'єкт керування, вендінг, автомат видачі напоїв, апаратно-програмний комплекс.

Вступ

Об'єкти автоматизації – це окремі установки, агрегати, комплекси машин та апаратів, якими потрібно керувати. Складність об'єкта автоматизації визначається ступенем його вивченості та різноманіттям виконуваних ним функцій. Для автоматизації об'єктів управління розробляються рішення із застосуванням контролерів, які для управління виконавчими механізмами використовують інформацію від датчиків. Розробка рішення з автоматизації зазвичай включає такі етапи:

1. Дослідження об'єкта керування. За результатами цього етапу складається документ, який називається «Портрет виробу». У ньому надається опис конкретного об'єкта автоматизації, перелік його функцій та вхідних-вихідних сигналів.

2. Створення технічного завдання.

3. Після погодження технічного завдання відбувається розробка рішення з автоматизації. Воно включає створення схем автоматизації, підбір і закупівлю обладнання, збір шафи автоматизації, розробку програмного забезпечення.

4. Розробка документації на розроблюване рішення. Це можуть бути керівництво з експлуатації та програмні документи, такі як: опис програми, керівництво користувача, керівництво оператора.

5. Пусконаладжувальні роботи. При пусконаладжувальних роботах відбувається віздіт фахівця на об'єкт, який у польових умовах тестує працездатність програми.

Кількість етапів та їх опис описується у [1]. Як показує практика, інженери, які розробляють рішення

для автоматизації, не мають безпосереднього доступу до об'єкта управління. Він може знаходитись на значній відстані від проектної організації. Оплата відряджень для розробки програми на об'єкті або постійні виїзди спеціалістів на об'єкт є витратними. Також об'єкт управління може бути складним або перебувати в експлуатації, і зупинка його роботи для тестування може завдати збитків підприємству.

На відміну від тестування програмного забезпечення, яке здійснюється за допомогою ручних або автоматизованих тестів, програмне забезпечення для автоматизованих систем ще потребує безпосереднього тестування на об'єкті. Тестування всього переліку функцій на об'єкті, необхідність усунення виявлених неточностей можуть тривати певний період і продовжити час перебування інженерів на об'єкті або призвести до повторного виїзду на об'єкт.

Тому при розробці систем управління стоїть завдання створення імітаційної тестової установки, за допомогою якої можливе тестування функцій системи. Створення такої установки для конкретного об'єкта також займає певний час і вимагає витрат на її створення, однак вона дозволить підвищити надійність системи, що розробляється, за рахунок безпосереднього тестування функцій.

До створення імітатора об'єкта управління потрібно підходити дуже відповідально. Для цього необхідно мати детальний опис поведінки об'єкта керування. Якість імітатора, що розробляється, залежить від того, наскільки якісно і вичерпно було проведено дослідження об'єкта управління.

Рішення про створення об'єкта-імітатора обумовлено тим, що автомат видачі напоїв містить ав-

томатику, яка здійснює переміщення пристроїв до моменту спрацювання кінцевого перемикача. Постійне тестування програми, що розробляється на об'єкті, і несвоєчасне відключення роботи механізму можуть призвести до псування обладнання. До того ж використання реальних інгредієнтів під час тестування може бути затратним.

Огляд існуючих рішень побудови стендів для об'єктів автоматизації

Системи імітації поведінки технологічних об'єктів на базі автоматизованих систем керування знаходять застосування при створенні навчально-тренажерних комплексів для навчання спеціалістів, студентів окремій темі. Наприклад, коли безпосередня взаємодія людини і об'єкта неможлива через її невідповідність. У той же час розробка стендів-імітаторів з програмним комплексом дозволяє набути спеціалісту практичних навичок.

Зазвичай створюють навчальні стенди загально-го призначення. У [2] створено навчальний лабораторний стенд на базі програмованого логічного контролера, що має 5 дискретних входів, 5 аналогових входів, 6 дискретних виходів та 3 аналогових виходи. Цей стенд призначено для вивчення особливостей побудови автоматизованих систем на контролері Freemix mini, вивчення протоколу Modbus RTU та створення простого інтерфейсу користувача. Програма контролера створюється користувачем самостійно.

У статті [3] також на базі програмованого логічного контролера (сенсорного контролера) побудовано комплексний стенд-імітатор для дослідження експлуатаційних характеристик сонячних панелей. По суті цей стенд також є навчальним і необхідний для підвищення професійної підготовки інженерів-електромеханіків для вивчення питань, пов'язаних з вивченням характеристик сонячних панелей. Проте програма стенда тестує саме сонячну батарею, а не створений програмний комплекс.

Тренажер-імітатор розроблено в роботі [4]. Наголошується, що динамічні тренажери дуже важливі для адаптації фахівців до поведінки реального об'єкта і вироблення ними вірних способів реагування в різних виробничих ситуаціях [4].

У роботі [5] створюється математична модель стартер-генератора, яка вбудована в стенд-імітатор. Ця модель є математичною, вона не імітує поведінку функцій бізнес-логіки.

Дуже поширена концепція створення навчально-лабораторних стендів для підготовки студентів технічних спеціальностей [6-8]. Використання подібних засобів навчання забезпечує виконання одного із фундаментальних принципів дидактики – принципу зв'язку теорії та практики [6].

Найбільш близькими до теми статті є роботи [9, 10], де пропонується узагальнена концепція віртуальних об'єктів автоматизації, до складу якої входять імітаційна модель об'єкта керування. Проте в наведених роботах не надається рекомендацій щодо побудови імітатора реального об'єкта. Не зрозуміло, для яких випадків потрібно створювати стенд-імітатор, будувати імітаційну модель для промисло-

вих об'єктів та коли створення стенда-імітатора є економічно обґрунтованим.

Метою статті є описання процесу створення апаратно-програмного комплексу на базі стенда-імітатора на прикладі промислового об'єкта автомата видачі напоїв.

Опис об'єкта управління

Автомат продажу напоїв є об'єктом автоматизації, до складу якого, залежно від кількості та типу напоїв, що продаються, може входити від 50 до 100 контрольованих параметрів. Типовий автомат може включати такі програмні та структурні підсистеми:

- підсистема зберігання та видачі води;
- підсистема підготовки та дозування, молока газованої та охолодженої води;
- підсистема підготовки та дозування молока;
- підсистема підготовки та видачі гарячої води;
- підсистема зберігання та дозування сиропів;
- підсистема руки для подачі напоїв;
- підсистема стаканного міксеру;
- дренажна підсистема;
- підсистема видачі стаканів;
- підсистема видачі трубок;
- підсистема прийому банкнот, монет та видачі решти;
- підсистема контролю доступу до автомата та сигналізації;
- підсистема GSM-зв'язку;
- підсистема термостатування автомата.

Далі наводиться опис деяких підсистем автомата видачі газованої води, які будуть моделюватися імітатором.

1) Підсистема зберігання та видачі води

Підсистема призначена для підготовки та подачі води, яка в подальшому використовується для нагрівання, охолодження, карбонізації та промивання автомата. Як джерела води використовуються:

- водопровід із фільтрацією води;
- одна ємність для зберігання води;
- кілька ємностей для зберігання води.

Якщо в автоматі передбачається використання декількох ємностей для води, вони можуть бути з'єднані за схемою судин, що сполучені, вода набирається з декількох ємностей одночасно, або за схемою з послідовним спорожненням, яка показана на рис. 1.

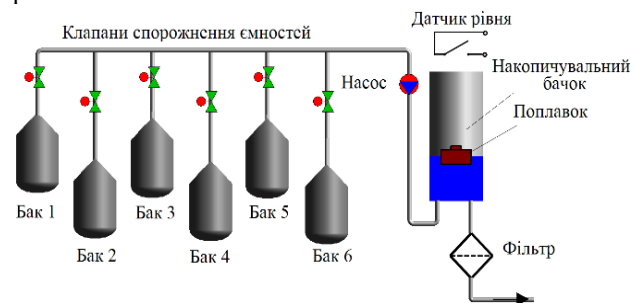


Рис. 1. Схема підготовки води з послідовним випорожненням ємностей

Рівень води у накопичувальному бачку контролюється за допомогою поплавкового датчика.

2) Підсистема підготовки та дозування газуваної та охолодженої води

Вода є основним інгредієнтом для приготування газованих напоїв та кисневих коктейлів. Схема підсистеми, призначеної для охолодження та газування питної води, показана на рис. 2.

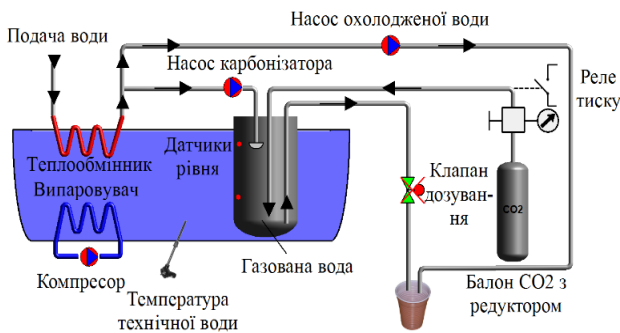


Рис. 2. Схема підсистеми охолодження та газування питної води

У цій підсистемі вода надходить спочатку до змійовика теплообмінника, що знаходиться в баку з технічною водою, де охолоджується до необхідної температури. Температура технічної води контролюється відповідним датчиком температури. При її підвищенні включається компресор холодильного агрегату, який дозволяє підтримувати процес охолодження води, що надходить для приготування напою. Приготування напоїв на основі негазованої охолодженої води забезпечує відповідний насос, що дозує (за часом) воду безпосередньо в стакан.

3) Підсистема підготовки та видачі гарячої води

До складу підсистеми входять насос та клапан дозування гарячої води, що працюють синхронно, та ємність з нагрівачем. Ступінь нагрівання води контролюється за показаннями датчика температури нагрівача. Вода в ємності гарячої води підтримується на мінімально допустимому рівні нагрівання, наприклад, 70 градусів за Цельсієм. Коли клієнт вибирає гарячий напій, вода нагрівається до 95 – 100 градусів Цельсія.

4) Підсистема зберігання та дозування сиропів

Ця підсистема комплектується залежно від необхідного асортименту напоїв, що продаються. Залежно від асортименту вибирається кількість сиропів. У такому варіанті, крім ємностей з сиропом, у підсистему входить також концентратор кисню з осушувачем і трубопроводом, який подає кисень безпосередньо в стакан під час приготування коктейлю. Конструктивно трубка подачі кисню змонтована на рухомій платформі і опускається в стакан разом із активатором стаканного міксера.

Для даного варіанту загальна кількість інгредієнтів (6 + кисень) залишається незмінною, проте крім рідких добавок для кисневих коктейлів (сиropи 1–3), уведено ємності із сухими (порошкоподібними) добавками для молочних коктейлів (добавки 4–6). Подача сухих добавок для приготування напою відбувається за допомогою шнекових механізмів, що

дозують необхідну кількість порошку в порожнину перемішування міксера сипучих продуктів. У цю порожнину подається необхідна кількість охолодженого молока, дозування якого здійснюється відповідним насосом (рис. 3).

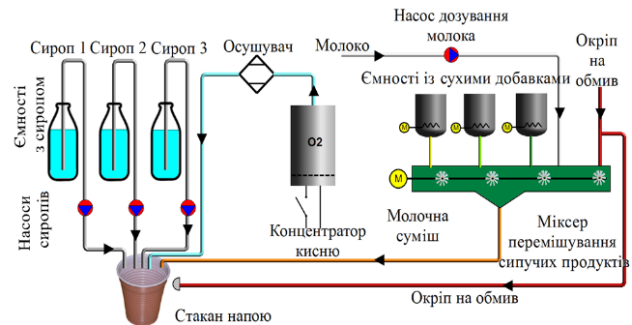


Рис. 3. Схема підсистеми видачі молочних напоїв

Після перемішування молочна суміш (з добавками) подається безпосередньо у стакан на позиції наливу. Остаточне приготування молочного коктейлю відбувається за допомогою стаканного міксера у стакані. Після закінчення циклу приготування молочного коктейлю порожнина міксера перемішування сипучих продуктів та активатор стаканного міксера піддаються обмиву окропом, що надходить з підсистеми подачі гарячої води.

5) Підсистема руки подачі напоїв

Рука подачі напоїв використовується в деяких модифікаціях автоматів для поліпшення кінематичних характеристик механізмів подачі стаканів і стаканного міксера. Схема підсистеми показана. Механізм «руки» складається з рухомого важеля, на якому закріплені вихідні сопла подачі води, сиропів та ін.

Контроль положення здійснюється за допомогою контактних датчиків крайніх положень.

6) Підсистема стаканного міксера

Стаканний міксер входить до складу автоматів, які мають можливість приготування кисневих чи молочних коктейлів. Схема підсистеми показана на рис. 4.

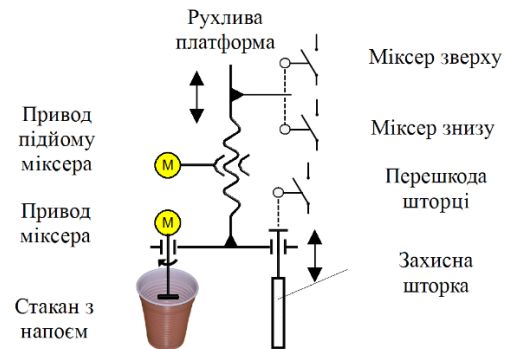


Рис. 4. Схема підсистеми стаканного міксера

Стаканний міксер зі своїм приводом встановлений на рухомій платформі, яка дозволяє опускати міксер безпосередньо в порожнину стакана, що стоїть на позиції наливу (приготування напою). Підйом та опускання рухомої платформи здійснюється приводом підйому відповідно до сигналів, що надходять

від кінцевих вимикачів верхнього та нижнього положення.

На рухомій платформі разом з міксером встановлюється захисна прозора шторка, яка повністю закриває стакан, що стоїть на позиції приготування напою з лицьового боку автомата.

Ця шторка призначена для забезпечення безпеки клієнта в процесі приготування коктейлю (небезпечним є активатор міксера, що обертається з великою швидкістю).

У випадку, якщо при опусканні шторки (разом з рухомою платформою міксера) виникне перешкода закриттю (наприклад, сторонній предмет або рука клієнта будуть у зоні стакана), то спрацювання відповідного кінцевого вимикача і рух платформи вниз буде зупинено.

7) Дренажна підсистема

Така система встановлюється у випадку неможливості приєднання зливу автомата до каналізаційної мережі. Зливна ємність оснащена контактним датчиком рівня поплавка, за сигналом якого автомат повинен припинити роботу через небезпеку переливу.

8) Підсистема видачі стаканів

Підсистема видачі стаканів показана на рис. 5. Вона складається із двох частин. Перша – обертання туб зі стаканами. Туби стаканів встановлюються на підставці, що обертається.

При обертанні основи з тубами вони по черзі опиняються над отвором, який дозволяє стопці стаканів випасти в зону механізму стакановидачі. При цьому факт появи стакана у цій зоні фіксується оптичним датчиком стакана у тубі, і механізм обертання туб зупиняється.

Якщо при досить тривалому обертанні приводу туб стаканів не з'являються в зоні механізму стакановидачі, це свідчить про те, що в жодній із туб немає стаканів, і автомат повинен припинити роботу через їх відсутність.

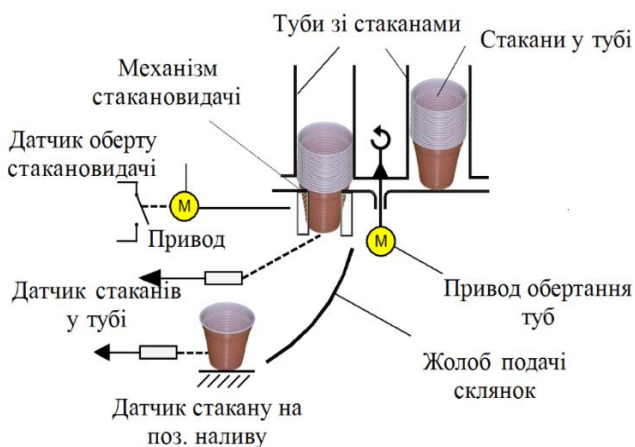


Рис. 5. Схема підсистеми видачі стаканів

Друга частина підсистеми видачі стаканів – видача стаканів клієнту. Якщо ж стакани надійшли в зону механізму стакановидачі, то перед приготуванням напою цей механізм включається і здійснює один оборот (до спрацювання кінцевого датчика обороту). При цьому нижній стакан в стопці гаран-

товано відокремлюється і під дією власної ваги потрапляє на позицію наливу (приготування напою). Наявність стакана на позиції наливу також може контролюватись відповідним оптичним датчиком.

Можливі варіанти автоматів, де відсутня частина обертання туб зі стаканами або де користувач перед замовленням напою самостійно ставить стакан на позицію наливу.

9) Підсистема видачі трубок

Для тих варіантів комплектації автоматів, які у своєму асортименті напоїв мають кисневі або молочні коктейлі, у їх конструкції передбачається підсистема видачі трубок («соломинок»). Трубки завантажуються в бункер. Механізм видачі трубок дозволяє гарантовано видавати одну трубку за один оборот механізму.

10) Підсистема контролю доступу до автомата та сигналізації

Для забезпечення захисту від несанкціонованого доступу автомат оснащений датчиком відкриття дверей та сигнальною сиреною.

Перед відкриттям дверей для запобігання спрацювання сигнальної сирени обслуговуючим персоналом за допомогою кнопок підсистеми інтерфейсу з користувачем повинна бути введена кодова послідовність (так званий «пароль»). Якщо пароль уведено неправильно, або після відкриття дверей пароль не було введено протягом заданого часу, спрацює сирена.

11) Підсистема GSM-зв'язку

Підсистема GSM-зв'язку забезпечує передачу по GSM/GPRS каналу на сервер інформації про поточний стан систем, статистику продажів, аварійних ситуацій. Також передбачається можливість надсилання SMS-повідомлень з короткими відомостями про стан автомата на особистий телефон власника або обслуговуючого персоналу.

12) Підсистема термостатування (вентиляції) автомата

Для зниження температури всередині автомата в його конструкції передбачаються вентилятори, які включаються при підвищенні внутрішньої температури вище заданого значення (рис. 18).

Температура повітря всередині автомата вимірюється датчиком температури повітря в автоматі та підтримується в діапазоні від 22 до 26 градусів за Цельсієм.

Створення імітаційної моделі об'єкта керування

Використовуючи опис об'єкта, складено перелік вхідних-вихідних сигналів (табл. 1). У таблиці: ППВГВ – підсистема підготовки та видачі гарячої води ПКДАС – підсистема контролю доступу до автомата та сигналізації, ПТВА – Підсистема термостатування (вентиляції) автомата, ДІ – дискретний вхід, ДО – дискретний вихід, АІ – аналоговий вхід, АО – аналоговий вихід.

Якщо контролер замикає дискретне реле обертання стакановидачі, то імітатор повинен з дискретного входу прийняти це значення і відобразити на екрані у SCADA-системі.

Таблиця 1. Перелік вхідних-вихідних сигналів автомата максимальної комплектації

№	Назва підсистеми	Назва точки	Тип сигналу	
			про-то-типу	імі-тато-ра
1	Підсистема зберігання та видачі води	Верхній рівень накопичувального бачка	DI	DO
		Насос підкачування накопичувального бачка	DO	DI
		Клапан відкриття ємності № 1	DO	DI
		Клапан відкриття ємності № 2	DO	DI
		Клапан відкриття ємності № 3	DO	DI
		Клапан відкриття ємності № 4	DO	DI
		Клапан відкриття ємності № 5	DO	DI
2	Підсистема підготовки та дозування газованої та охолодженої води (молока)	Тиск вуглекислоти	DI	DO
		Карбонізатор верхній рівень	DI	DO
		Карбонізатор нижній рівень	DI	DO
		Температура технічної води	AI	AO
		Насос карбонізатора	DO	DI
		Мішккалка молока	DO	DI
		Клапан дозування газованої води	DO	DI
		Компресор охолодження технічної води (холодильника)	DO	DI
		Насос дозування охолодженої води	DO	DI
Витратомір подачі сирого молока	DI	DO		
3	ППВГВ	Температура гарячої води	AI	AO
		Насос (і клапан) дозування гарячої води	DO	DI
		Нагрівач гарячої води	DO	DI
4	Підсистема зберігання та дозування сиропів та сухих добавок	Насос дозування сиропу (шнек до-бавки) № 1	DO	DI
		Насос дозування сиропу (шнек до-бавки) № 2	DO	DI
		Насос дозування сиропу (шнек до-бавки) № 3	DO	DI
		Насос дозування сиропу (шнек до-бавки) № 4	DO	DI
		Насос дозування сиропу (шнек до-бавки) № 5	DO	DI
		Насос дозування сиропу (шнек до-бавки) № 6	DO	DI
		Насос подачі рідини для міксеру сипучих продуктів	DO	DI
		Міксер перемішування сипучих продуктів	DO	DI
5	Підсистема руки подачі напоїв	Концентратор кисню	DO	DI
		Рука верхнє положення	DI	DU
		Рука нижнє положення	DI	DU
		Руку підняти	DO	DI
6	Підсистема стаканного міксе-ра	Руку опустити	DO	DI
		Міксер верхнє положення	DI	DO
		Міксер нижнє положення	DI	DO
		Перешкода шторці при закритті	DI	DO
		Міксер підняти	DO	DI
		Міксер опустити	DO	DI
7	Дренажна підсистема	Рівень дренажного бака	DI	DO
8	Підсистема видачі стаканів	Обертання міксеру	DO	DI
		Обертання стакановидачі	DO	DI
		Обертання туб зі стопками стаканів	DO	DI
		Повернення стакановидачі	DO	DI
		Обіг механізму видачі трубок	DI	DO
9	Підсистема видачі трубок	Обертання механізму видачі трубок	DO	DI
10	ПКДАС	Сервісна кнопка	DI	DO
		Датчик відкриття дверей	DI	DO
		Сигналізація (сирена)	DO	DI
11	ПТВА	Температура у відсіках автомата	AI	AO
		Вентилятор охолодження	DO	DI

Імітатор об'єкта управління формує сигнали для контролера таким чином, що імітація сигналів є протилежною сигналам, які виробляє контролер.

Розробка комплексу стенда-імітатора

За переліком вхідних-вихідних сигналів (табл. 1) зібрано стенд-імітатор для тестування роботи автомата газованої води. До складу стенду-імітатора входить:

- Блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4-24.
- Блок гальванічної розв'язки БГР2-24/24.
- Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК110-220.60.К-Л. Контролер містить 36 дискретних входів та 24 дискретних виходів.
- Модуль введення МВ110-224.16ДН. Модуль містить 16 дискретних входів.
- Модуль аналогового виведення МУ110-224.6У. Модуль містить 6 аналогових виходів 0-10 В.
- Інше обладнання для роботи: автоматичний вимикач (механічний), клеми, роз'єми.

Зібраний стенд-імітатор представлений на рис. 6.



Рис. 6. Стенд-імітатор

До складу стенда-імітатора входить візуальне графічне відображення за допомогою SCADA-системи усіх підсистем роботи автомата (рис. 7), розроблене в середовищі MasterScada v3.5.

Головною керуючою ланкою в цьому стенді є ПЛК110-60. Модулі введення та виведення налаштовані на роботу за інтерфейсом RS-485. ПЛК110-60 та MasterScada обмінюються OPC-змінними через Codesys OPC Server.

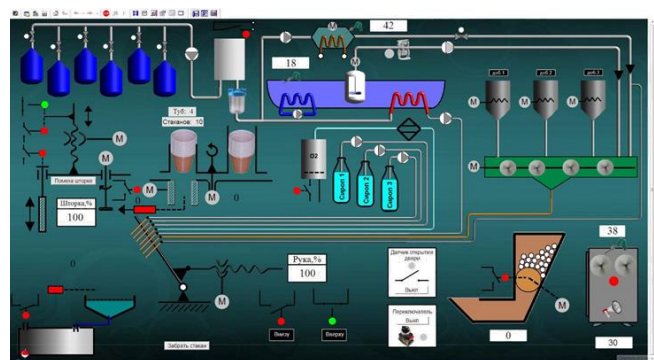


Рис. 7. SCADA-система автомата видачі напоїв

Цей стенд під керуванням стенда-прототипу, або реального об'єкта відображає стан виконавчих механізмів віртуального автомата продажу напоїв. Для роз-

робки програми для логічного контролера ПЛК110-60 використовується Codesys 2.3. У Codesys 2.3, відповідно до стандарту IEC 61131-3, для створення програми можна використовувати такі мови: ST, LD, FBD, SFC, CFC. Для створення програми-імітатора використовувалась мова структурованого тексту ST.

Висновки

У статті описано процес розробки апаратно-програмного комплексу імітатора об'єкта типового автомата видачі напоїв. Показано, що основою створення імітатора є повний опис об'єкта управління, що складається за результатами дослідження об'єкта. Опис об'єкта управління формується із переліку вхідних-вихідних сигналів та переліку виконуваних функцій. Для формування переліку сигналів для об'єкта імітатора пропонується змінити тип сигналів об'єкта управління на протилежний. Наступним кроком необхідно підібрати обладнання для створення стенду імітатора. Після цього можна переходити до розробки програмної частини імітатора об'єкта.

Пропонується створювати програмну частину з двох частин: програми для програмованого контролера та програми для SCADA-системи. У програмі для програмованого контролера необхідно описати логіку об'єкта-імітатора. Програму для SCADA-системи рекомендовано використовувати для відображення роботи виконавчих механізмів, положення датчиків, імітаційних значень температури.

У розробленій системі використовувалось 54 параметра. Якщо об'єкт керування має однакові підсистеми, то під час розробки можна використовувати інструменти тиражування змінних SCADA-системи. Після створення апаратно-програмного комплексу імітатора його необхідно підключити до керуючого контролера замість об'єкта керування. Потім провести тестування.

Використання розробленої програми імітатора об'єкта управління показало зниження часу тестування функціоналу на об'єкті, підвищило швидкість усунення багів у програмі, простоту тестування після додавання нового функціоналу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- ГОСТ 34.601-90. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Стадії створення. Вид. офіц. М. : Держ. ком. із упр. якістю продукції і стандартів, 1990. 8 с.
- Локтіонова Т. М., Петросян Р. В., Стражев Л. С. Навчальний лабораторний стенд на базі програмованого логічного контролера. *Інформаційно-комп'ютерні технології – 2016* : тези доп. VIII міжнар. наук.-техн. конф. Житомир, 2016.
- Бондаревський С. Л., Данилейко О. К. Комплексний стенд-імітатор для дослідження експлуатаційних характеристик сонячних панелей. *Електромеханічні системи, методи оптимізації та моделювання*. 2018. № 4. С. 69–77. DOI: 10.30929/2072-2052.2018.4.44.69-77.4.
- Когутяк М. І., Логінов А. Л., Торгунаков М. В. Тренажер-імітатор для налагодження систем керування та навчання фахівців з автоматизації. *Нафтогазова енергетика*. 2018. № 8. С. 61–67. DOI: 10.31471/1993-9868-2018-1(29)-61-67.
- Буряченко А. Г., Цалимов Г. Ф., Царев А. А. Стенд-імітатор стартер-генератора с функцией имитации работы 2 стартер-генераторов на ОБС. *Автоматическое управление и диагностика двигателей и энергоустановок*. 2018. № 1. С. 123–127.
- Волянський С. М. Концепція створення багатофункціональних комп'ютеризованих навчально-лабораторних комплексів для підготовки студентів технічних спеціальностей // Вісник НТУ «ХПІ». 2017. № 27. С. 26–29.
- Папінов В. М., Кулик Я. А. Багатофункціональна комп'ютеризована лабораторія для наскрізної практичної підготовки студентів спеціальності 151. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2019. № 2. С. 94–110.
- Большой В. А., Кушнір Н. О. Автоматизований навчальний лабораторний комплекс на базі функціональних модулів сучасного інформаційно-управляючого телемеханічного комплексу. Тези Всеукраїнської НПК. Житомир, 2015. Т. 1.
- Жеребко В. А. Концепція віртуалізації об'єктів автоматизації в навчально-наукових задачах проектування систем управління. *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики*. 2015. № 2. С. 294–303.
- Жеребко В. А. Віртуалізація моделей технічних об'єктів управління в навчально-наукових задачах проектування систем управління. *Прикладні засоби програмування та програмне забезпечення*. 2015. № 1. С. 65–70.

Received (Надійшла) 25.03.2022

Accepted for publication (Прийнята до друку) 18.05.2022

Software and hardware complex of control object behavior simulation development

Oleh Yevseienko, Andrey Zuev, Natalia Yevsina

Abstract. The **subject** of the study is the process of the stand-simulator structure creation, simulation models of industrial automation objects behavior. The **purpose** of the article is a hardware-software complex of the sparkling water automat behavior simulation. **Tasks:** description of the algorithm for obtaining information about the control object building; analysis of the control object structure and functions to construct a simulation model of its behavior; synthesis of solutions of hardware and software complex. Applied **methods:** theory of algorithms, methods and models of object evaluation, theory of multifactor experiment, programming of programmable logic controllers. The **results:** the main problems that emerge with creating solutions for automation of industrial facilities are described; a list of input-output signals of the sparkling water automat was created; using this list the equipment to create a hardware and software complex was chosen; software package that consists of two modules: using a programmable logic controller, and SCADA-system were developed **Conclusions:** To create an object simulator using programmable logic controller, information of input-output signals is required. This information is based on the results of the control object behavior description. It is found that the list of signals of simulator is the opposite of the control object signals list. The usage of the developed program control object simulator gives benefits like decreasing of the object functionality testing time, increasing speed of eliminating bugs in the program, ease of testing after adding new functionality.

Keywords: control object, sparkling water automat, vending, hardware and software complex, simulator, SCADA system, programmable logic controller.