

А. М. Сало, О. І. Кравець
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ВЕНДИНГОВИХ АВТОМАТІВ

© Сало А. М., Кравець О. І., 2015

Досліджено енергоспоживання вендингового автомата. Розглянуто промисловий зразок та проаналізовано енергоспоживання ключових вузлів автомата. Запропоновано альтернативні компоненти, що дають змогу зменшити енергоспоживання та використання альтернативних джерел енергії. Рекомендовано комплексний підхід до питання оптимізації енергоспоживання.

Ключові слова: вендинг, вендинговий автомат, енергозбереження.

METHODS AND MEANS OF VENDING MACHINE POWER CONSUMPTION OPTIMIZATION

© Salo A., Kravets O., 2015

The article investigates energy consumption of vending machine. Considered industrial design and analyzed energy consumption of machine's key components. Suggested alternative components that reduce energy consumption. Suggested using of alternative power sources. Recommended a complex approach to issue of energy consumption optimization.

Key words: vending, vending machine, energysaving.

Вступ

Вендингові автомати (ВА) увійшли у наше повсякденне життя. Найширше їх використовують у таких країнах, як Японія, США, Німеччина, Англія, Франція [1–3]. В Японії один термінал припадає, в середньому, на 180–190 людей [4]. Сьогодні існує безліч варіацій ВА – від продажу послуг поповнення рахунків мобільних телефонів до продажу золота. Вендингові автомати усюди – в супермаркетах, у метро, на зупинках, у холі офісу. Усюди, де є доступ до електроенергії та мінімальний рух людей-споживачів продукту, що пропонує автомат. І якщо з другим пунктом проблем не виникає – люди є усюди, то з першим можуть виникнути питання. Не завжди є можливість встановити автомат саме там, де найбільший потік потенційних клієнтів, через відсутність доступу до електроенергії. А тому виникає необхідність створити автомат, який міг би працювати автономно, не потребуючи зовнішнього джерела живлення.

Постановка задачі

Розглянемо структурну схему ВА на основі автомата з продажу води, запропонованого у [5], специфікація та параметри енергоспоживання якого подано в табл. 1.

Беручи до уваги технічні дані автомата та статистичні дані інтенсивності реалізації води, вихідні параметри для розрахунку необхідної ємності акумуляторів такі: об'єм накопичувального бака становить 1200 літрів, продуктивність насоса 10 л/хв, середній об'єм води, що купується за 1 транзакцію, становить 6 літрів, ККД інвертора 12/220 В – 0,8, ККД використовуваних блоків живлення 0,8, максимально допустимий розряд акумулятора – 25 %, інтервал наповнення накопичувальної ємності – 48 годин, інтервал зв'язку з системою моніторингу 30 с, тривалість

сеансу зв'язку 2 с, тривалість передавання даних транзакції 6 с. Відповідно до перерахованих даних, ємність акумулятора з напругою 12 В повинна становити 970 А/год у зимовий період та 55 А/год у літній період. Як бачимо, це суттєва ємність і, відповідно, – вартість. Отже, передусім необхідно оптимізувати енергоспоживання елементів, що споживають найбільше.

Таблиця 1

Параметри енергоспоживання складових вендингового автомата

Назва	Напруга живлення, В	Споживаний струм	
		Режим простою, А	Робочий режим, А
Плата керування RechBox	5	0,05	1,2
Монетоприймач Comestero RM-5	12	0,04	0,04
Купюроприймач CashCode MVU-1024UA	12	0,03	0,9
Рідкокристалічний індикатор WH2004L	5	0,01	0,7
Давач потоку GMR	12	0,01	0,01
Клапан CNYUXI 2W-15	12	0	4
Водяний насос FloJet R3526144	12	0	6
Нагрівний елемент	220	0	2
Знезаражувач води Sterilight SC4	220	0	0,07

Можливі способи оптимізації: заміна елементної бази на оптимальнішу в енергоспоживанні, зміна алгоритмів роботи керуючого автомата, використання кардинально інших технологій для вирішення певних ділянок алгоритму роботи автомата. До оптимізації енергоспоживання вендингового автомата потрібно підходити комплексно, недостатньо використати лише якийсь один шлях. Потрібно замінити компоненти на менш вимогливі до енергоспоживання, оптимізувати алгоритми роботи керуючого автомата та, в цьому випадку, замінити систему обігрівання.

Вибір елементної бази

Як видно з даних табл. 1, найвитратнішими у питанні енергоспоживання є насос, клапан, нагрівний елемент, рідкокристалічний індикатор. Розглянемо питання можливості заміни кожного з елементів детальніше.

Насос. Використано насос FloJet R3526144, характеристики якого такі: напруга живлення 12В, максимальний тиск 3.5 атм, продуктивність 11 л/хв. Виконавши огляд ринку насосів з аналогічними характеристиками продуктивності та напруги живлення, можна зробити висновок, що вибраний пристрій є одним з найоптимальніших рішень, тому заміна на іншу модель недоцільна.

Клапан. Виробник використав клапан CNYUXI 2W-15, його характеристики: напруга живлення 12В, діаметр приєднувальних отворів 1/2", тип – клапан прямої дії. Загалом на ринку є два типи електромагнітних клапанів – прямої дії та непрямої дії. Клапан прямої дії споживає значну потужність, оскільки соленоїд притягує мембрану, яка безпосередньо перекриває пропускний отвір і для закриття якої встановлюється жорстка пружина. Клапан непрямої дії споживає значно менше енергії, тому що соленоїд притягує мембрану, яка перекриває так званий «пілотний канал» – отвір невеликого діаметра (1–2 мм), через який створюється різниця тисків над і під мембраною. В клапанах непрямої дії рідина відкриває клапан за рахунок власного тиску [6]. Застосування клапана прямої дії в умовах використання питної води неоптимальне, оскільки питна вода не містить солей кальцію, зважаючи на осідання яких, на стінках пілотного каналу встановлено чутливий клапан непрямої дії. Існує модифікація клапана непрямої дії під назвою «бістабільний клапан» [7]. Конструктивно бістабільний клапан відрізняється від клапана непрямої дії наявністю постійного магніта, який фіксує шток мембрани пілотного каналу у відкритому положенні. Це дозволяє не тримати під напругою соленоїд клапана весь час роботи, а змінювати стан «відкрито/закрито» поданням короткого імпульсу прямої чи зворотної полярності. Отже, виконавши аналіз ринку, можна запропонувати застосовувати клапан Darhog DHL11 з такими характеристиками: напруга живлення 12В, діаметр приєднувальних отворів 1/2", тип – бістабільний клапан непрямої дії, струм 0,7А, тривалість імпульсу відкриття/закриття 500 мс.

Рідкокристалічний індикатор. У цьому автоматі використовується індикатор Winstar WH2004L. Цей індикатор, виготовлений за технологією STN з власною підсвіткою, є символьним, що спрощує роботу з ним, а також вдало поєднує великі розміри видимої зони (118×38 мм) з інформативністю – індикатор забезпечує відображення чотирьох рядків по 20 символів кожен. Але такі великі розміри призводять до надмірного споживання енергії підсвіткою цього дисплею. Сучасний ринок засобів відображення інформації пропонує декілька значно ефективніших рішень. Зокрема, дисплеї, виготовлені за технологіями OLED та E-Ink. Технологія OLED (Organic Light Emitting Diode), на відміну від STN, не потребує енергозатратної підсвітки, оскільки такий дисплей сам є джерелом світла [8]. До переваг OLED дисплею належить стійкість до низьких температур, тоді як STN-дисплеї у разі зниження температури істотно збільшують час відгуку, низьке енергоспоживання, високу контрастність зображення та надзвичайно низький час відгуку. Технологія E-Ink (electronic ink) формує зображення, перерозміщуючи заряджені пігментні частинки за допомогою електричного поля [9]. Цей тип дисплею має лише одну перевагу над іншими типами – для підтримання зображення не потрібно витрачати енергію. На жаль, інших переваг для цього проекту він не має. Технологія E-Ink відрізняється дуже великим часом відгуку, а також потребою в додатковій підсвітці такого дисплею. Тому найоптимальнішим вирішенням питання оптимізації енергоспоживання засобом відображення є заміна використаного індикатора на дисплей, виготовлений за технологією OLED. Зокрема, Winstar WEX025664D з такими характеристиками – напруги живлення 3 В і 14,5 В, струм за заповнення 25 % 0,045 А, розмір видимої зони 135×33 мм, тип – графічний, 256×64 піксели. Це деякою мірою збільшує навантаження на мікроконтролер керуючого автомата, але дає значний вииграш у енергоспоживанні.

Нагрівний елемент. Оптимізація енергоспоживання нагрівного елемента зводиться до заміни технології, використаної для забезпечення незамерзання води. А саме – до використання сонячних колекторів як джерела теплової енергії та накопичувального бака автомата як акумулятора тепла, оскільки сонячний колектор генерує тепло у світлу пору доби. Застосування такої технології дасть змогу істотно знизити енергоспоживання автомата у зимовий період, оскільки електрична енергія споживатиметься малопотужним циркуляційним насосом. У літній період, для запобігання перегріванню системи, передбачається демонтаж нагрівних елементів.

Програмні методи зменшення енергоспоживання ВА

Для додаткового зниження енергоспоживання необхідно оптимізувати алгоритми роботи, зокрема – зменшити кількість звертань до системи моніторингу, записуючи лог подій у локальну пам'ять і вивантажуючи його раз на великий інтервал часу. Звичайно, якщо виникають аварійні ситуації, як-от відмова якогось вузла чи спрацювання давача нижнього рівня, автомат повинен терміново повідомити про це систему моніторингу. Додавши підсистему контрольованого живлення і додатковий давач руху, можна вимикати та вмикати всі елементи автомата тоді, коли є клієнт, а використавши адаптивний графік роботи, який надсилає система моніторингу на початку доби, можна прогнозувати появу наступного клієнта й оптимізувати цикли вмикання/вимикання елементів. Наприклад, якщо на запуск купюроприймача необхідно 5–8 секунд, а згідно з графіком статистичний інтервал між покупцями становить менше від хвилини і поточний покупець замовив менше ніж 10 літрів (тобто імовірний час простою купюроприймача менший від кількох хвилин), то в такому разі недоцільно вимикати купюроприймач, оскільки в момент запуску купюроприймач виконує перевірку всіх рухомих частин і споживає стільки ж енергії, як і під час приймання купюри (згідно з табл. 1, 8 секунд роботи купюроприймача відповідає споживанню 3–4 хвилин очікування). Крім явного методу оптимізації, потрібно задіяти неявний – використання енергоефективних компіляторів (наприклад, ARM-Compiler 6)[10], що можуть розпізнати порожні цикли затримок і замінити їх роботою таймерів, та оптимізацію внутрішніх алгоритмів з переходом з порожніх циклів очікування на використання sleep-режиму з активацією за зовнішніми (якщо очікується зовнішня подія) чи внутрішніми (використання таймерів замість циклів у функціях затримок, апаратних прискорювачів для виконання певних операцій) перериваннями. Доцільно замінити цикли з невеликою кількістю ітерацій та невеликою кількістю операцій всередині ітерації лінійним кодом. Це збільшить використання постійної пам'яті мікроконтролера, але зменшить час (і, відповідно, енерговитрати) виконання, оскільки під час кожної ітерації відбувається завантаження/зберігання

лічильника, зміна його значення та операції порівняння, крім того, операції переходу призводять до перезапуску конвеєра. На додаток до оптимізації алгоритмів, доцільно розглянути заміну мікроконтролера на аналогічний, але з лінійки контролерів з низьким споживанням [11, 12].

Обчислення енергоспоживання ВА

Застосувавши всі рекомендації, описані у цій статті, отримуємо нову таблицю споживання (табл. 2), а також дещо змінені параметри, зокрема це стосується зв'язку: інтервал 60 хв, тривалість 10 с.

Таблиця 2

Параметри енергоспоживання складових вендингового автомата

Назва	Напруга живлення, В	Споживаний струм	
		Режим простою, А	Робочий режим, А
Плата керування RechBox	5	0,05	1,2
Монетоприймач Comestero RM-5	12	0	0,04
Купюроприймач CashCode MVU-1024UA	12	0	0,9
Рідкокристалічний індикатор WEX025664D	14	0,005	0,05
Давач потоку GMR	12	0	0,01
Клапан Darhor DHL11	12	0	0,7
Водяний насос FloJet R3526144	12	0	6
Нагрівний елемент	220	0	0,18
Знезаражувач води Sterilight SC4	220	0	0,07

З урахуванням змінених параметрів можна очікувати, що необхідна ємність акумулятора становитиме 30 А/год у літній час та 70 А/год у зимовий час.

Висновок

У статті розглянуто питання енергоспоживання вендингового автомата. З урахуванням цього визначено етапи підвищення енергоефективності. Проаналізовано ринок компонентів та запропоновано альтернативні компоненти, що дають змогу знизити енергоспоживання. Також запропоновано способи оптимізації алгоритмів та модифікацію існуючого зразка, що дозволить максимально оптимізувати енергоспоживання розглянутого пристрою. Внаслідок застосування запропонованих шляхів оптимізації можна досягти зменшення енергоспоживання у 1,8 разу влітку та у 13,8 разу в зимовий період.

1. Donald W. Howell. *Vending mashine monitoring system* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://patent.ipexl.com>. 2. James H. Halseg. *Vending apparatus and method having improved reliability* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://patent.ipexl.com>. 3. Dana Bashor. *Field configurable vending mashine system* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://patent.ipexl.com>. 4. Какой бизнес можно открыть за 10000 долларов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua-investor.com>. 5. Сало А. М., Кравець О. І. Реалізація вендингових автоматів на базі мікроконтролерів // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – № 806. – С. 240–246. 6. Solenoid Valves [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.jeffersonvalves.com/leng/documentos/jefferson-aplicaciones.pdf>. 7. 2-way solenoid valve bi-stable function [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.staiger.de/en/need-to-know-staiger-valve/function-principles-staiger-valve/156-funktionsprinzipien-2-way-solenoid-valve-bi-stable-function-nc>. 8. OLED [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/OLED>. 9. Electronic paper [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_paper. 10. ARM Compiler 6 – Best in class code generation for the ARM Architecture [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://community.arm.com/groups/tools/blog/2014/04/08/arm-compiler-6-best-in-class-code-generation-for-the-arm-architecture>. 11. STM32 L4 series of ultra-low-power MCUs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.st.com/web/en/catalog/mmc/FM141/SC1169/SS1580>. 12. SAM4L ARM Cortex-M4 Microcontrollers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.atmel.com/products/microcontrollers/arm/sam4l.aspx>.