

Ю.С. ГРИЩУК, М.Г. ПАНТЕЛЯТ, А.К. ЄЛОЄВ

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МУЛЬТИВАРОК

Розглянуто конструкцію мультиварки, устрій і призначення її основних елементів, електричну схему та систему керування, яка включає сенсорні елементи (датчики тиску і температури). Блок керування виконаний на базі спеціалізованого 8-бітового мікроконтролера MN15G1601 фірми PANASONIC SEMICONDUCTOR. Мікроконтролер зчитує стан кнопок клавіатури на панелі керування і по заданій програмі керує роботою мультиварки та її елементами. Запропонована структурна схема для автоматизації досліджень і випробувань мультиварок. Проведено вибір базового мікроконтролера та елементів схеми. Структурна схема включає наступні елементи: об'єкт досліджень – мультиварка з підтримкою функцій різних режимів приготування їжі під тиском; датчики Д1 – Д4 (напруги, температури дна і стінок чаші мультиварки та тиску всередині приладу); нормуючі підсилювачі П1 – П4; чотириканальний комутатор аналогових сигналів типу КР590КІ6; аналого – цифровий перетворювач (АЦП) типу К1113ПВ1; мікроконтролер 1816ВЕ51 (МК51), що містить вбудований генератор тактових сигналів, пам'ять команд, ОЗУ, вбудовані 4 порти і послідовний канал зв'язку; компаратори К1 – К4 типу К554СА3, виходи яких за «АБО» об'єднані з вихідними сигналами з порту мікроконтролера; пристрої зв'язку з об'єктом ПЗО1 – ПЗО4, які через виконавчі пристрої силової установки взаємодіють з об'єктом досліджень і задають режим його випробувань або досліджень. Через послідовний інтерфейс RS232C схема з'єднана з ПЕОМ, яка може змінювати режими випробувань або досліджень, а також приймати, запам'ятовувати, відображати і документувати результати досліджень. Розроблена схема і алгоритм її роботи дозволяють автоматизувати технологічний процес дослідження режимів роботи мультиварок, скоротити терміни їх проведення, підвищити точність вимірювань та знизити їх вартість.

Ключові слова: мультиварки, система керування, мікроконтролер, автоматизація досліджень, структурна схема, мікроконтролерний стенд.

Ю.С. ГРИЩУК, М.Г. ПАНТЕЛЯТ, А.К. ЄЛОЄВ

АВТОМАТИЗАЦІЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МУЛЬТИВАРОК

Рассмотрена конструкция мультиварки, устройство и назначение ее основных элементов, электрическая схема и система управления, которая включает сенсорные элементы (датчики давления и температуры). Блок управления в ней выполненный на базе 8-битового микроконтроллера MN15G1601 фирмы PANASONIC SEMICONDUCTOR. Микроконтроллер считывает состояние кнопок клавиатуры на панели управления и по заданной программе управляет работой мультиварки и ее элементами. Предложена структурная схема для автоматизации исследований и испытаний мультиварок. Проведено выбор базового микроконтроллера и элементов схемы. Структурная схема включает следующие элементы: объект исследования – мультиварка с поддержкой функций разных режимов приготовления пищи под давлением; датчики Д1 – Д4 (напряжения, температуры днища и стенок чаши мультиварки и давления в середине устройства); нормирующие усилители П1 – П4; четырехканальный коммутатор аналоговых сигналов типа КР590КИ6; аналого-цифровой преобразователь (АЦП) типа К1113ПВ1; микроконтроллер 1816ВЕ51 (МК51), содержащий встроенный генератор тактовых сигналов, память команд, ОЗУ, встроенные 4 порта и последовательный канал связи; компараторы К1 – К4 типа К554СА3, выходы которых объединены по «ИЛИ» с выходными сигналами с порта микроконтроллера; устройства связи с объектом ПЗО1 – ПЗО4, которые через исполнительные устройства силовой установки взаимодействуют с объектом исследований и задают режим его исследований или испытаний. Через последовательный интерфейс RS232C схема соединена с ПЭОМ, которая может изменять режимы исследований или испытаний, а также принимать, сохранять, отражать и документировать результаты исследований или испытаний. Разработанная схема и алгоритм её работы позволяют автоматизировать технологический процесс исследования режимов работы мультиварок, сократить сроки их проведения, повысить точность измерений, и снизить их стоимость.

Ключевые слова: мультиварки, система управления, микроконтроллер, автоматизация исследований, структурная схема, микроконтроллерного стенд.

Yu. S. HRYSHCHUK, M.G. PANTELYAT, A.K. ELOEV

AUTOMATION OF THE RESEARCH MULTICOOKER

The multicooker design, structure and purpose of its main parts, the electrical circuit and the control system which includes sensor elements (sensors of pressure and temperature) are considered. The control unit in it is executed on the basis of 8-bit microcontroller MN15G1601 from PANASONIC SEMICONDUCTOR. The microcontroller read out a state of buttons of the keypad on the control panel and under the given program controls operation of multicooker and its elements. The structural diagram for automation of researches and tests of multicooker is offered. The choice of the basic microcontroller and circuit components is carried out. The structural diagram includes the following elements: object of research - multicooker with support of functions of different modes of cooking under pressure; the sensors D1 - D4 (pressure, temperature of the bottom and walls of a bowl of multicooker and pressure in the middle of the devices); the normalizing amplifiers P1- P4; the four-channel switchboard of analog signals of type КР590КИ6; the analog-digital converter (ADC) of type К1113ПВ1; the microcontroller 1816ВЕ51 (МК51) containing built-in clock generator, storage of commands and data, built-in 4 ports and a serial communication channel; comparators К1- К4 of type К554СА3, which outputs combine on "OR" with output signals from microcontroller port; communicating devices with object ПЗО1– ПЗО4 which, through the actuators of the power device, interact with the object of research and set the mode of its research or testing. Through serial interface RS232C the circuit is connected with a personal computer which can change modes of researches or tests, and also to accept, save, reflect and document results of researches or tests. The developed circuit and algorithm of its operation allow to automate technological process of operation modes of multicookers, to reduce duration of their carrying out, to raise accuracy of measurements, and to lower their cost.

Keywords: multicooker, control system, microcontroller, research automation, block diagram, microcontroller stand.

Вступ. Мультиварка – це багатофункціональний електропобутовий прилад, призначений для приготування їжі. Як можна зрозуміти за назвою (лат. multi – багато), цей прилад призначений для приготування багатьох страв за різними програмами у різний спосіб.

Кількість програм для приготування різноманітних страв залежить від набору функцій конкретної мультиварки, що є одним з найважливіших параметрів для даного типу електропобутових приладів. Однією з функцій деяких мультиварок є можливість приготу-

© Ю.С. Грищук, М.Г. Пантелят, А.К. Єлов, 2018

вання їжі під тиском, наявність або відсутність якої є основою для поділу мультиварок на 2 основних типи [1–3]:

- мультиварки без функції приготування їжі під тиском, які часто називають рисоварками, від яких цей тип мультиварок і походить. У багатьох країнах такі мультиварки продаються саме під цією назвою;

- мультиварки з функцією приготування їжі під тиском, або мультиварки– скороварки.

Конструкція мультиварки наведена на рис. 1.

До складу мультиварки входять:



Рис. 1. Конструкція мультиварки

- корпус, у якому знаходиться заглиблення для встановлення чаші для приготування їжі;

- чаша для приготування їжі, що може бути виготовлена зі сталі (для мультиварки– скороварки) або алюмінію та може мати тефлонове покриття або керамічне чи мармурне наплення, кожен тип покриття має свої плюси та мінуси;

- передня панель, на якій розташована панель керування, в якості елементів керування якої можуть використовуватися кнопки, поворотні перемикачі і сенсорні елементи. За панеллю керування прихований блок керування, який має вигляд печатної плати з встановленими на неї напівпровідниковими елементами, головним з яких є мікропроцесор;

- кришка мультиварки може блокуватися замикаючим пристроєм, що не дає відкриватися кришці при збільшенні тиску, якщо це мультиварка– скороварка і має такий пристрій. Також у разі, якщо це мультиварка– скороварка на кришці розташований паровий клапан для регулювання тиску, кришка має посилене ущільнювальне кільце та контури захисту від зайвого тиску, що є додатковими каналами для випуску пари;

- шнур живлення, частіш за все відокремлюваний, який приєднується до спеціального пазу на корпусі мультиварки, та підключений до блоку живлення та комутації всередині мультиварки, який має вигляд печатної плати з встановленими на неї напівпровідниковими елементами;

- нагрівальний елемент, який знаходиться всере-

дині мультиварки під дном заглиблення, у яке встановлюється чаша для приготування їжі. У якості нагрівального елемента може використовуватися трубчастий нагрівальний елемент з ніхромовою спіраллю, або індукційний нагрівальний елемент. Також у стінках заглиблення мультиварки та всередині кришки можуть розташовуватися додаткові нагрівальні елементи, якщо мультиварка підтримує функції двомірного нагріву, чи 3D–нагріву;

- температурний/і датчик/и;

- датчик/и тиску.

Розглянемо призначення і принцип роботи основних електричних вузлів і ланцюгів у складі мультиварки [1, 2].

Електрична схема мультиварки наведена на рис. 2.

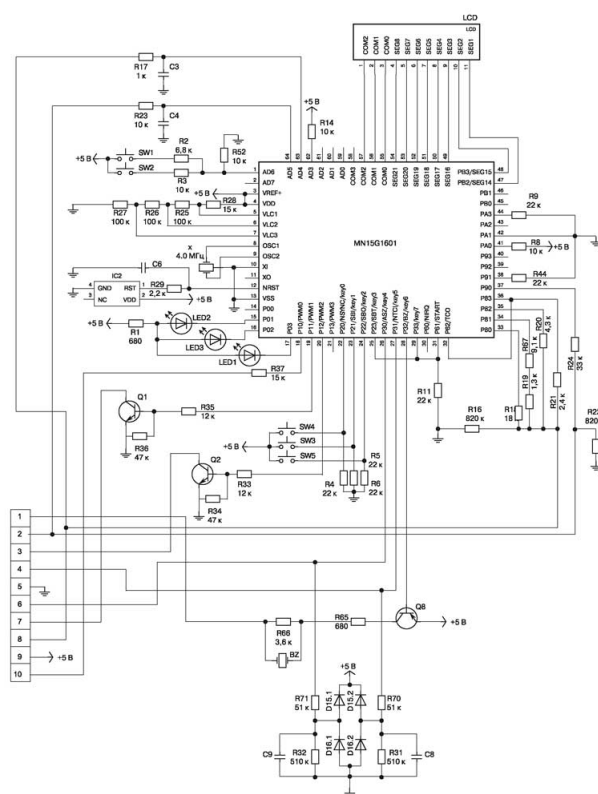


Рис. 2. Електрична схема мультиварки.

Основним вузлом пристрою, що управляє, є спеціалізований 8-бітовий мікроконтролер (МК) MN15G1601 фірми PANASONIC SEMICONDUCTOR. Мікросхема виконана в пластиковому 64– вивідному корпусі LQFP064 – P-1414 і призначена для використання в мультиварках PANASONIC і їх "клонах". МК управляє РК індикатором (4 розряди по 35 сегментів), світлодіодними індикаторами, звуковим сигналізатором і зчитує стан кнопок клавіатури. Він має 35 ліній універсальних портів введення– виведення, а також 8-канальний 10–бітовий АЦП. 16 кбіт вбудованого масочного постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП) забезпечують зберігання резидентного програмного забезпечення (ПЗ). Для стабілізації частоти тактового генератора у складі МК до його виводів 8, 9 підключений кварцевий резонатор X (4 МГц). Для формування сигналу RESET до

виводу 12 МК підключений інтегральний детектор напруги IC2 (аналог KIA7042 та ін.). Ця мікросхема формує сигнал початкового скидання при поданні живлення, а також, якщо в силу різноманітних причин (аварійна ситуація), живляча напруга знизиться до рівня 4,2...4,3 В. Для забезпечення мережевої синхронізації МК на нього поступає напруга від мережі по ланцюгу: CN2 – R63, R42 – контакт 4 з'єднувачі CN7 – вив. 27 IC1.

Стосовно даної моделі мультиварки МК забезпечує:

- управління трьома ТЕНами;
- опитування стану функціональних кнопок з плати управління і індикації;
- відображення інформації на індикаторах плати управління і індикації;
- прийом аналогових сигналів з двох датчиків температури NTC;
- контроль стану ланцюгів датчиків температури (обрив/коротке замикання);
- контроль ланцюга живлення основного ТЕН (670 Вт);
- формування сигналів зміщення (VLCx) для функціонування ЖК індикатора.

Розглянемо основні ланцюги управління і контролю мультиварки.

Силові ланцюги управління ТЭН:

- НТ1 (основний ТЭН, P = 670 Вт): вив. 18 IC1 – R37 – контакт 10 CN7 – транзистор Q5 – обмотка і контактна група реле RL – з'єднувач CN3 – НТ1;
- НТ2 (додатковий ТЭН кришки для видалення конденсату, P = 40 Вт): вив. 20 IC1 – транзистор Q2 – контакт 3 CN7 – R47 – семістор TR2 – контакт 1 CN4 – контакт 1 XP2 – НТ2;
- НТ3 (додатковий ТЭН підігрівання чаші, P=73 Вт): вив. 9 IC1 – транзистор Q1 – контакт 7 CN7 – R46 – семістор TR1 – контакт 4 CN4 – НТ2.

Ланцюги індикації, управління (малопотужні навантаження) і контролю:

- ЖК дисплей: вивід 47– 57 IC1 – контакт 1– 11 LCD; вивід 5– 7 IC1 – R25 –R28 (напруга зміщення для роботи ЖК індикатора);
- Світлодіодні індикатори: вив. 15– 17 IC1 – LED1 – LED3;
- Функціональні кнопки: вив. 1 IC1 – R2, R3 – SW1, SW2; вив. 22– 24 IC1 – SW3 – SW5;
- Звуковий випромінювач: вив. 28 IC1 – Q8 – R65 – випромінювач BZ;
- Контроль живлення основного ТЭН: НТ1 – з'єднувач CN3 – R43, R64 – контакт 6 CN7 – вив. 26 IC1;
- Датчики температури: RT1 (основний) – контакт 1 CN5 – контакт 7 CN7 – вив. 63 і вив. 3336 IC1 (вимір температури з датчика і контроль ланцюга датчика на коротке замикання/обрив); RT2 (додатковий в кришці) – контакт 3 CN6 – контакт 2 CN7 – вив. 64 і вив. 27 IC1 (вимір температури з датчика і контроль ланцюга датчика на коротке замикання/обрив).

Джерело живлення (ДЖ) виконане за безтрансформаторною схемою на основі інтегрального перет-

ворювача IC3 типу MIP289 (аналог NCP1014AP) зі вбудованим силовим ключем. Він формує з мережевої напруги постійну стабілізовану напругу 5 і 12 В. Роботу перетворювача також забезпечують накопичувальний дросель L, діод D7 і ланцюг зворотного зв'язку на оптроні PC. На вхід перетворювача (виводи 2, 3, 7, 8 IC3) поступає постійна напруга (близько 300 В), яка формується випрямлячем і фільтром R76 D13 C17 C19 R72 R78. Вторинні ланцюги ИП не мають гальванічної розв'язки від первинного ланцюга. Для формування стабілізованої напруги 5 В служить каскад на транзисторі Q4 (живлення МК IC1 і детектора напруги IC2). Канал 12 У використовується для живлення ланцюгів реле RL і звукового випромінювача BZ.

Принцип дії мультиварки буде залежить від того, який саме нагрівальний елемент використовується у конкретному приладі: ТЕН чи індукційний нагрівальний елемент [2].

У першому випадку, зображеному на рис. 3а), має місце нагрів ТЕНа струмом, що проходить скрізь ніхромову спіраль, там передача теплової енергії ТЕНа назовні, у заглиблення, у якому знаходиться чаша для приготування їжі, яка виготовлена з металу (сталі чи алюмінію) с достатньою теплопровідністю.

У другому випадку, зображеному на рис. 3, б), нагрівання чаші з їжею досягається за допомогою індукційного нагрівального елемента – котушки індуктивності, що генерує електромагнітне поле, яке викликає появу вихрових струмів у електропровідних матеріалах. У разі мультиварки таким матеріалом є метал чаші для приготування їжі. Таким чином досягається висока рівномірність нагріву.

У разі наявності у мультиварці функцій двомірного нагрівання або 3d- нагрівання (рис. 3, а) і б) – 3 і 4 пункти), додаткові нагрівальні елементи розташовуються всередині бокових стінок заглиблення для чаші та (якщо це 3d- нагрівання) всередині кришки.

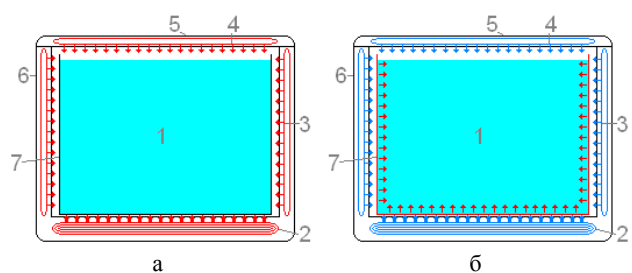


Рис. 3. Розміщення в мультиварці нагрівальних елементів у вигляді: а – ТЕНа; б – індукційного нагрівального елемента 1 – їжа, що готується у мультиварці; 2 – основний нагрівальний елемент; 3 – нагрівальний елемент боків заглиблення для чаші; 4 – нагрівальний елемент кришки; 5 – кришка мультиварки; 6 – корпус мультиварки; 7 – чаша для приготування їжі.

Мультиварка – електронний електропобутовий прилад керування яким забезпечується за допомогою мікроконтролера. Саме мікроконтролер задає приладу необхідний режим роботи в залежності від вибраної програми. Різні режими роботи полягають у необхідних температурі, тривалості приготування та тиску. В

залежності від режиму роботи, ці параметри можуть виставлятися в ручну, або автоматично, деякі режими роботи не передбачають будь-яких змін параметрів приготування їжі і повністю автоматичні. Регулювання цих параметрів залежить від роботи декількох датчиків: датчика температури в дні заглиблення, датчика температури у кришці та датчика тиску (якщо це мультиварка-скороварка, рисоварки ним не обладнані) [1].

Датчик температури має вигляд терморезистора, або термістора – напівпровідникового пристрою, що має електричний опір, який залежить від температури. Термістори поділяються на NTC– термістори та PTC– термістори, або позистори.

Датчик тиску має вигляд, що нагадує біметалічний датчик, але у цьому випадку пружина не біметалічна, а сталева, на пружині знаходиться металевий виступ, який упирається у виступ, що виступає з дна заглиблення всередині мультиварки, або до внутрішньої поверхні кришки мультиварки – при роботі приладу, накопичуваний тиск пари тисне через рухомі елементи на виступ пружини та вигинає пружину, що розмикає контакти, як біметалевий елемент біметалевого реле. На рис. 4 зображений датчик тиску і його розташування у мультиварці:



Рис. 4. Розташування датчика тиску у мультиварці

Таким чином, використання цих датчиків дозволяє мультиварці оправдувати свою назву та бути дійсно багатофункціональним приладом.

Метою даної роботи є розробка структурної схеми мікроконтролерного стенда та алгоритму його роботи для автоматизації дослідження мультиварок.

Структурна схема. Для автоматизації дослідження мультиварок розроблена структурна схема на базі мікроконтролера МК51. Восьмирозрядний мікроконтролер МК51 застосовується для керування різними технологічними процесами у виробництві, випробуваннях і дослідженнях устаткування, в пристроях керування транспортом, у службовій, комерційній, торговій і побутовій апаратурі, пристроях автоматичного керування вимірювальними приладами [4–6].

Скоротити терміни проведення досліджень мультиварки, підвищити точність вимірювань, знизити їх вартість можна, застосувавши автоматизовану систему керування технологічним процесом досліджень (АСКТПД) мультиварки із застосуванням мікроконтролера.

Структурна схема для автоматизованого дослідження мультиварок, яка зображена на рис. 6, включає наступні елементи:

– об'єкт досліджень – мультиварка з підтримкою функції приготування їжі під тиском;

– датчики Д1– Д4 (напруги та, температури дна чаші і кришки мультиварки та тиску в середині приладу);

– нормуючі підсилювачі П1– П4;

– чотириканальний комутатор аналогових сигналів типу КР590КИ6;

– аналого–цифровий перетворювач (АЦП) типу К 1113 ПВ1;

– мікроконтролер, що містить вбудований генератор тактових сигналів, пам'ять команд, і пам'ять даних, вбудовані 4 порти і послідовний канал зв'язку;

– компаратори К1– К4 типу К554 СА3, виходи яких за «АБО» об'єднані з вихідними сигналами керуючого мікроконтролера;

– пристрої зв'язку з об'єктом ПЗО1– ПЗО4, які взаємодіють з виконавчими пристроями силової установки, що задають режим випробувань або досліджень.

Через послідовний інтерфейс RS232C схема з'єднана з ЕОМ, яка може змінювати режими випробувань або досліджень, а також приймати, запам'ятовувати, відображати і документувати результати досліджень.

До об'єкту дослідження підключені відповідні датчики контрольованих параметрів Д1– Д4, які є первинними перетворювачами, напруги, температури дна чаші і кришки мультиварки та тиску всередині мультиварки. Нормуючі підсилювачі погоджують вихідну напругу датчиків з необхідним вхідним сигналом АЦП 0 – 10 В і забезпечують низький вихідний опір.

Комутатор аналогових сигналів перемикає один з входів на вихід залежно від керуючого коду, що поступив від мікроконтролера. Сигнал з виходу комутатора поступає на вхід АЦП – швидкодіючий десятирозрядний перетворювач вхідної напруги в паралельний двійковий код. Таке перетворення реалізовано на основі АЦП, що підключається до порту МК. Запуск перетворювача проводиться мікроконтролером, закінчення перетворення викликає сигнал готовності, який є командою для зчитування даних.

Мікропроцесор МК51 як мікропроцесорний пристрій відповідно до записаної в пам'ять програми керує процесом досліджень або випробувань шляхом опитування із заданою періодичністю датчиків Д1– Д4, згідно з алгоритмом керування. Вихідні сигнали датчиків унаслідок їх різної фізичної природи можуть потребувати посилення і проміжного перетворення на АЦП або на схемах формувача сигналів (ФС), які найчастіше виконують функції гальванічної розв'язки. Структурна схема для автоматизованого дослідження мультиварок на базі мікроконтролера зображена на рис. 5. У якості датчика температури можуть застосовуватися терморезистори. Наприклад, терморезистор NTCMF58, який здатний вимірювати температуру до 300 °С та має опір 1–100 кОм та похибку +/- 1 %.

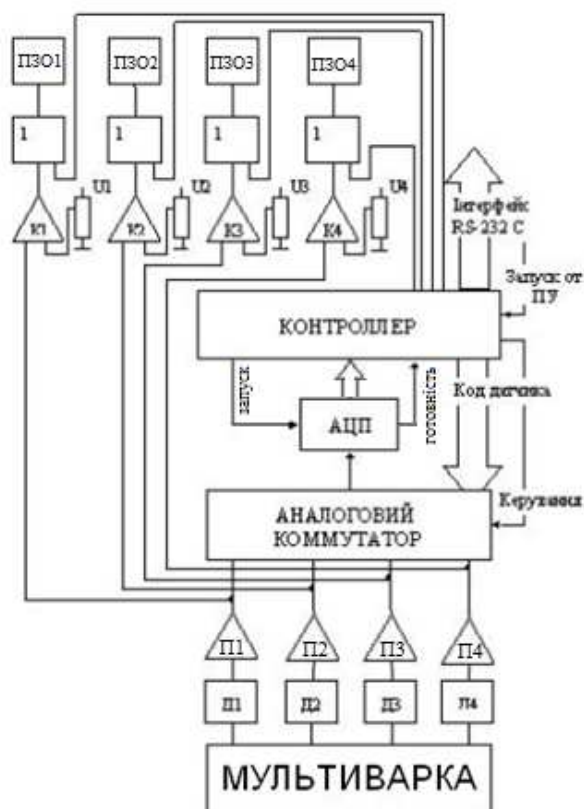


Рис. 5. Структурна схема автоматизованого дослідження мультиварок

У якості датчика тиску можна використати датчик тиску для мультиварки Redmond RMC–M110.

Компаратори К1 – К4 є паралельним апаратним контуром для захисту від аварійних режимів. ПЗО1 – ПЗО4 є підсилювачами потужності, які керують виконавчими механізмами або пристроями.

Мікропроцесор вибирається виходячи з характеру досліджуваних процесів і умов досліджуваних параметрів і частоти опитування датчиків; завдань з переробки інформації та умов експлуатації і вимог щодо надійності.

Аналіз вихідних даних цього завдання показує, що його рішення може бути здійснено на базі мікроконтролера серії МК51.

Алгоритм роботи. Блок–схема алгоритму наведена на рис. 6. Для проведення досліджень на початку приводимо стенд у початковий стан. Далі занулюємо лічильник номеру датчика. Підключаємо датчик температури нагрівного елемента аналоговим комутатором до АЦП. Далі МК подає на АЦП сигнал запуску. Після перетворення сигналу з датчика в двійковий код, АЦП посилає сигнал готовності для зчитування даних. Дані прийняті мікроконтролером обробляються і передаються зовнішньому пристрою через універсальний асинхронний приймач-передавач (УАПП) персональному комп'ютеру для подальшого зберігання та обробки. Після цього по програмі аналогічно тому, як знімалися дані з датчика температури, зчитуються і обробляються дані з інших датчиків.

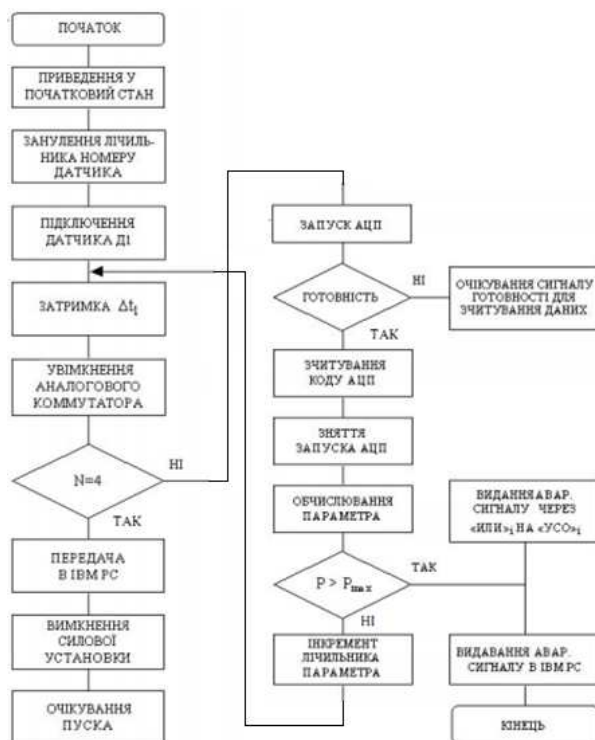


Рис. 6. Алгоритм автоматизованого дослідження мультиварок

Висновок. Розроблена структурна схема і алгоритм її роботи дозволяють автоматизувати керування процесом досліджень мультиварки, скоротити терміни і витрати на їх проведення, підвищити точність отримуваних результатів та проводити їх подальшу цифрову обробку в ЕОМ і документування.

Список літератури

1. Інтернет–сайт «Энциклопедия качества товаров и продуктов» <http://wiki.ektip.ru/Мультиварка>.
2. Інтернет–сайт «Radioradar» http://www.radioradar.net/repair_electronic_technics/repair_home_appliances/features_construction_multivarka_control_systems.html.
3. Лепав Д.А. Бытовые электроприборы. Устройство и ремонт. Справочное пособие – горячая линия – Телеком, 2007. – 444 с.
4. Гришук Ю. С. Мікропроцесорні пристрої: Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 348 с.
5. Гришук, Ю.С. Застосування мікроконтролерів при дослідженнях електричних апаратів // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – 2016. – N 32 (1204). – С. 23-28.
6. Зарвиру В. О., Гришук Ю. С. Автоматизація дослідження та випробування мікрохвильових печей // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. – 2010. – № 32 (1204). – С. 23-28.

References (transliterated)

1. Encyklopediya kachestva tovarov i produktov. Available at: <http://wiki.ektip.ru/Мультиварка>.
2. Radioradar. Available at: http://www.radioradar.net/repair_electronic_technics/repair_home_appliances/features_construction_multivarka_control_systems.html.
3. Lepav D.A. *Bytovye ehlektroprybory. Ustrojstvo i remont. Spravochnoe posobie*. Telekom, 2007. 444 p.
4. Gryshuk Yu. S. *Mikroprocesornij prystroyi: Navchalnyj posibnyk*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2008. 348 p.

5. Grischuk Yu. S. The use of microcontrollers in studies of electric vehicles. *Bulletin NTU "KhPI". Series: Problems of Electrical Machines and Apparatus Perfection.* 2016. 32 (1204). pp. 23-28.
6. Zarvyro V. O., Gryshhuk Yu. S. Avtomatyzaciya doslidzhennya ta vyprovuvannya mikrovylovych pechej. *Bulletin NTU "KhPI".*

Series: Problems of Electrical Machines and Apparatus Perfection. 2010. 32 (1204). pp. 23-28.

Поступила (received) 16.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гришук Юрій Степанович (Гришук Юрий Степанович, Grischuk Yuri Stepanovich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри електричних апаратів, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7427-5419>; e-mail: grischuk-kr@ukr.net.

Пантелят Михайло Гаррійович (Пантелят Михаил Гарриевич, Pantelyat Mikhail Garrievich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", доцент кафедри електричних апаратів, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1357-2134>; e-mail: m150462@yahoo.com.

Єлов Алан Казбекович (Елов Алан Казбекович, Elov Alan Kazbekovich) – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", аспірант кафедри електричних апаратів, м. Харків, Україна; e-mail: mauser98kar@gmail.com.