

УДК 004.942:628.8

Д.С. Павленко, студент гр. ПМ-21, к.т.н., доц. Богдан Г.А.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ

Анотація. У статті розглянуто розробку пристрою автоматизованого зволоження повітря, призначеного для підтримання оптимального рівня відносної вологості в житлових приміщеннях. Запропоновано конструкцію зволожувача з автономним живленням від літій-іонного акумулятора, що забезпечує його функціонування в умовах нестабільного енергопостачання. Обґрунтовано вибір елементної бази, зокрема мікроконтролера серії STM32F407VGT6, датчика вологості DHT22, а також допоміжних електронних компонентів. Як виконавчий елемент використано ультразвуковий п'єзоелектричний диск із резонансною частотою 1,7 МГц. Реалізовано алгоритм бінарного керування з урахуванням гістерезису та прогнозування зміни вологості, що підвищує стабільність роботи системи. Розроблено конструкцію корпусу, друковану плату та інтерфейс користувача. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованого рішення для забезпечення комфортного мікроклімату.

Ключові слова: вологість, зволожувач, автоматизація, автономне живлення.

ВСТУП

У житлових приміщеннях існують параметри мікроклімату, які необхідно регулювати для комфортного проживання в них людини. Ці параметри включають в себе: температура повітря, відносна вологість повітря, циркуляція повітря. Значення цих параметрів регулюються державними стандартами, наприклад за ДСТУ Б EN 15251 значення відносної вологості повітря для підвищених оптимальних умов мікроклімату має бути 30-50% [1]. Проблема підтримання сталих значень вологості повітря в стандартному діапазоні є актуальною, оскільки низьке значення відносної вологості у повітрі призводить до погіршення здоров'я людини.

МЕТА РОБОТИ

Пристрій автоматизованого зволоження повітря (далі — зволожувач) призначений для вирішення проблеми зниженого рівня відносної вологості в житлових приміщеннях. В умовах нестабільного енергопостачання актуальною темою є забезпечення енергоавтономності пристрою, що передбачає його живлення від вбудованого акумуляторного джерела. Додатковою вимогою є мінімізація габаритних розмірів конструкції.

Для досягнення поставленої мети необхідно здійснити обґрунтований вибір електронних компонентів, розробити друковану плату та конструкцію корпусу, а також створити відповідне програмне забезпечення для керування роботою пристрою.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для реалізації даного проєкту було здійснено вибір компонентної бази, яка забезпечує стабільне функціонування пристрою та відповідає вимогам технологічності.

На першому етапі було здійснено підбір елементів системи живлення. Основним джерелом енергії обрано акумулятор форм-фактора 18650 із літій-іонною хімічною основою, що характеризується високою питомою енергоемністю; залежно від моделі його ємність перебуває в межах 1200–3500

мА·год. Безпечна експлуатація акумулятора забезпечується застосуванням системи керування батареєю (BMS — Battery Management System), яка реалізує функції захисту від перезарядження, глибокого розрядження та перевантаження.

Заряджання акумулятора здійснюється через роз'єм USB Type-C з інтегрованою мікросхемою TP4056, що забезпечує стабілізований режим заряджання до напруги 4,2 В. Використання цього інтерфейсу обумовлюється його широким поширенням у сучасних електронних пристроях.

Стабілізація напруги живлення для електронних компонентів реалізується за допомогою імпульсного перетворювача TPS63020DSJT, який формує стабільну вихідну напругу 3,3 В і працює на частоті до 2,4 МГц, що забезпечує високу ефективність перетворення та зменшення габаритів пасивних елементів.

В якості мікроконтролера варто обрати один із сімейства STM32, адже вони засновані на 32 бітній ARM архітектурі, що означає високі технічні характеристики та великі можливості в управлінні периферією. Для цього проєкту буде використовуватись мікроконтролер серії F4, а саме STM32F407VGT6, характеристики якого наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Технічні характеристики мікроконтролера STM32F407VGT6

<i>Характеристика</i>	<i>Значення</i>
Максимальна частота роботи	168 МГц
Об'єм флешпам'яті	1 МБ
Об'єм статичної оперативної пам'яті	192 кБ
Інтерфейси підключення	3x SPI, 3x USART, 2x UART, 2x I2S, 3x I2C, 1x FSMC, 1x SDIO, 2x CAN
Аналогово-цифрові перетворювачі	3x ADC (12-біт / 16-каналів), 2x DAC (12-біт)

Для вимірювання вологості використовується датчик DHT-22. Він є доступним та простим в підключенні приладом, що вимірює одночасно температуру та вологість повітря. Вимірювання рівня наповненості води в резервуарі покладено на тензодатчик, сигнал з якого буде оброблятися мікросхемою XFW-HX711.

Для забезпечення ефективного видування потоків водяної пари зі зволожувача в навколишнє середовище обрано вентилятор моделі JD-2510M12S, що обумовлено його живленням від джерела постійного струму напругою 12 В та компактними габаритними розмірами (25×25×10 мм).

Виконавчим елементом пристрою є ультразвуковий п'єзоелектричний диск (далі — диск) із резонансною частотою 1,7 МГц, який забезпечує генерацію аерозолі. Живлення вентилятора та п'єзоелектричного диска здійснюється від джерела постійного струму напругою 12 В. З цією метою в конструкції пристрою передбачено використання підвищувального перетворювача напруги MT3608.

Для інтерфейсу застосовано потенціометр WH-148 для задання бажаної величини відносної вологості. Відображення інформації для користувача відбувається за допомогою OLED дисплею SSD1306 з інтерфейсом підключення

I2C та розширенням екрану 128x64. Для кнопки включення було обрано кнопку типу «rocker switch», що забезпечить або повне включення, або повне виключення пристрою. Для кнопки дії обрано кнопку типу «push button», що може використовуватись для одиничного або продовженого натиску, що дозволить реалізувати різні варіанти керування.

Матеріалом корпусу обрано пластик ABS так як він має задовільні механічні властивості [2]. Для скріплення всіх деталей використовуються болти розмірів M3x10, M4x20, M6x50, а також гайки M2 та M3. Модель збірки в ізометричному розібраному вигляді представлена на рис. 1.

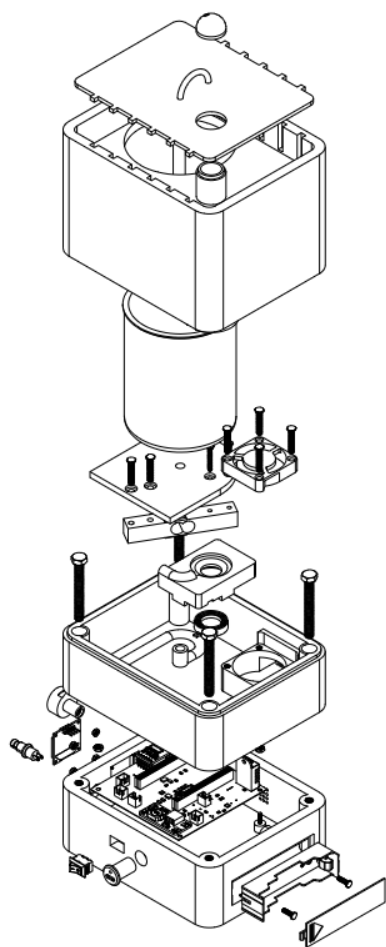


Рисунок 1. 3Д модель збірки пристрою

Пристрій можна умовно розділити на три частини. Перша частина - це відсік з друкованою платою та інтерфейсом користувача. Це зроблено для того, щоб унеможливити протікання води на чутливі компоненти пристрою. Друга частина - привод, де розміщується диск, вентилятор та резервуар для води з тензодатчиком. Третя частина представляє собою небулайзер з кришкою. Через третю частину здійснюється видув випареної води назовні. У зібраному вигляді пристрій має наступні розміри: 154x124x200 мм.

Уся периферія підключається до друкованої плати за допомогою шлейфів з конекторами серії JST NX. Сама друкована плата має квадратну форму з розміром сторони у 88 мм, та кріпиться до корпусу за допомогою монтажних отворів діаметром 3 мм. Вигляд друкованої плати у формі «PCB Print» представлено на рис. 2.

Основою алгоритму роботи пристрою є бінарне перемикання. Мікроконтролер вмикає або вимикає привод базуючись на даних із датчиків. Перш ніж реалізувати керування, алгоритм обчислює компенсовану вологість за допомогою поліноміальної кривої корекції, отриманої в результаті калібрування [3]. Алгоритм враховує, що датчики піддаються гістерезису, вони поглинають воду повільніше, ніж привод її випускає, що призводить до ефекту пам'яті. Для поліпшення чутливості контуру регулювання, використовується прогнозування на основі похідної. Обчислюючи нахил сигналу датчика, алгоритм прогнозує асимптотичне кінцеве значення до того, як датчик фізично досягне рівноваги. Додатково, алгоритм запобігає циклічному перемиканню, це досягається за допомогою діапазону гістерезису, який становить 3%RH.

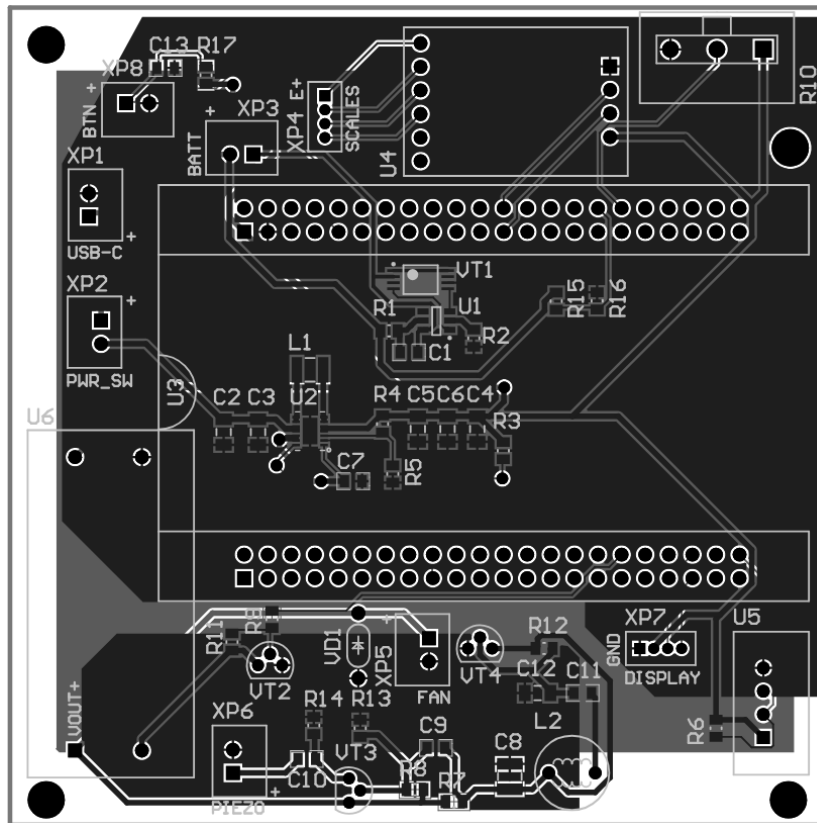


Рисунок 2. Друкована плата пристрою

ВИСНОВКИ

Пристрій здатен вирішити проблему занижкої вологості повітря в житловому приміщенні за допомогою ультразвукового п'єзоелектричного диска. Зволожувач здатен працювати в умовах нестабільного енергопостачання, так як він живиться від внутрішнього акумулятора. Пристрій має компактні геометричні розміри, що не перевищують 20 см в одному вимірі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, «ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування",» 2013.
 - [2] E. N. Peters, "Plastics: Thermoplastics, Thermosets, and Elastomers", Handbook of Materials Selection, New York: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
 - [3] W. Yang, W. Li, H. Lu, J. Liu, and T. Zhang, Dynamic Compensation Method for Humidity Sensors Based on Temperature and Humidity Decoupling, Basel, 2022.
- [0]

Наук. керівник – к.т.н., доц. Богдан Г.А.