



РАЗРАБОТВАНЕ НА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МИКРОКЛИМАТА В СКЛАДОВО ПОМЕЩЕНИЕ

Искрен Николов

Резюме: Съвременните изследвания в областта на управление на микроклимата в животновъдни сгради и складови помещения са свързани с повишаване нивото на автоматизация и намаляване разходите на енергия. В тази връзка в настоящата статия е представена разработена система за управление на микроклимата в складови помещения. Системата има възможност за разширение и доработване в зависимост от съвременните тенденции в тази област. Разработеният програмен код е модулен, което позволява лесното добавяне на допълнителни сензорни модули. При добавяне на много на брой крайни устройства са нужни допълнителни оптимизации на алгоритъма по време.

Ключови думи: Управление, Вентилация, Микроклимат, Микро-процесорна система

1. Увод

Сградите, с висока степен на автоматизация все още не са масова практика. Тяхната реализация изисква време и финансов ресурс, възвръщаемостта на инвестициите от подобен проект е значителна в дългосрочна перспектива. Общата стойност на сградата е сума от разходите за нейното строителство и тези за нейната експлоатация. Във фазата на експлоатация

DEVELOPMENT OF A WAREHOUSE MICROCLIMATE MANAGEMENT SYSTEM

Iskren Nikolov

Abstract: Modern research in the field of microclimate management in livestock buildings and warehouses is related to increasing the level of automation and reducing energy costs. In this regard, this paper presents a developed microclimate management system for warehouses. The system has the possibility of expansion and improvement depending on the current trends in this field. The developed programming code is modular, allowing for the easy addition of additional sensor modules. When adding multiple end devices, additional algorithm optimizations over time are required.

Keywords Controlled Natural Ventilation, Microclimate, microprocessor system

1. Introduction

Buildings with a high degree of automation are not yet a mass practice. Their realization requires time and financial resources, the return on investment from such a project is significant in the long run.

The total value of the building is a sum of the costs of its construction and of its construction costs. In the exploitation phase, the "intelligent

“интелигентната сграда” е по-икономична от традиционната [1,5].

Обект на съвременни изследвания в областта на автоматизираното управление на параметрите на микроклимата са складовите помещения, които са предназначени за временно съхраняване на суровини и материали, части, полуфабрикати и готова продукция (стоки) в мястото на производство или на потребление, или по пътя на движение между тях. Системите за управление на отоплението, вентилацията и охлаждането са също важни компоненти на тези сгради. В тази връзка, все по-голяма популярност имат програмите за оптимизация на разходите за отопление, които изпълняват функциите периодично изчисляват разходите за отопление, необходимо за поддържането на зададен микроклимат в отделни зони на зданието в работно време, определят режим за намаляване на температурата в извън работно време и повишаването и до зададените стойности в работните часове [3,4,6].

Основен резултат от прилагането на изброените технологии е изграждането на складови помещения, които се експлоатират при ниски разходи за енергия [2].

Целта на статията е да се разработи макет на система за управление на микроклимата в складово помещение с възможност за разширение и доработване в зависимост от съвременните тенденции в тази област.

2. Материал и методи

За целите на настоящата работа е разработен модел на лабораторна система за управление на микроклимата в складово помещение. Обектът за управление се състои от микропроцесорна система, разширителна платка, сензори за влажност и температура, дисплей, релеен модул.

building" is more economical than the traditional one [1,5].

Objects of modern research in the field of automated control of microclimate parameters in warehouses which are intended for the temporary storage of raw materials, parts, semi-finished products and finished products (goods) at the place of production or consumption or on the road between them. Heating, ventilation and cooling control systems are also important components of these buildings. In this regard, increasing popularity have programs for optimization of heating costs that perform functions periodically calculate heating costs required to maintain the set microclimate in separate areas of the building at the time, set mode to reduce the temperature outside, working hours and elevations and to the set working hours [3,4,6]. The main result of the application of the listed technologies is the construction of warehouses which are operated at low energy costs [2].

The aim of the article is to develop a model of a warehouse microclimate control system in with the possibility of expansion and improvement in line with the current trends in this field.

2. Material and methods

For the purposes of the present work a model of a laboratory system for warehouse microclimate control has been developed. The control unit consists of a microprocessor system, an expansion board, humidity and temperature sensors, a display, a relay module.

Микропроцесорна система. Платката, която е използвана в проекта е Arduino UNO 3. Arduino Uno е микроконтролерна развойна платка с ATmega328P AVR микроконтролер.

Разширителна платка (шилд). Всички изходи и входове на тази платка отговарят на Ардуино подредбата.

Сензор за влажност и температура. Той има възможност за измерване на относителна влажност на въздуха. Избран е сензор DHT11 с точност $\pm 5\%RH$ и $\pm 2^{\circ}C$.

LCD дисплей. Дисплеят е с размери 80mm x 36mm x 12,5mm, двуредов, с по 16 знака на ред (16x2). Използва HD44780 базиран микроконтролер.

Релеен модул. Четири-канален, входно напрежение 5V. Този модул е използван заедно с микроконтролера Arduino. Предимството от използването му е наличието на LED индикатори, предназначени да идикират състоянието на всеки от изходите. Модулът е използван за управление на оборудването, използващо токове до 10 A.

Цифров волтметър. Устройството разполага с бутони за управление визуализацията на дисплея за изходното или входното напрежение.

3. Резултати и дискусия

На фигура 1 са представени стъпките при реалната реализация на интелигентната система за управление на микроклимата в складово помещение. Разработена е микропроцесорната система, състояща се от микроконтролер, сензори за влажност и температура, релеен модул, дисплей, волтметър и вентилатори. Елементите на управляващата система са монтирани на макет на складово помещение.

Microprocessor system. The board used in the project is Arduino UNO 3. Arduino Uno is a microcontroller development board with ATmega328P AVR microcontroller.

Extension board (shield). All outputs and inputs on this board match the Arduino layout.

Temperature and humidity sensor. It has the ability to measure relative humidity. A DHT11 sensor is selected with precision $\pm 5\%RH$ and $\pm 2^{\circ}C$.

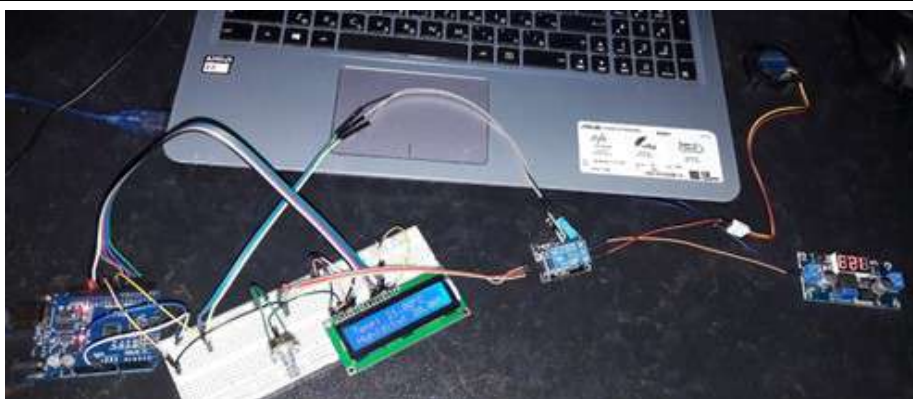
LCD display. The display is 80mm x 36mm x 12.5mm, two-line, with 16 characters per line (16x2). Uses a HD44780 based microcontroller.

Relay module. Four-channel, input voltage 5V. This module is used with the Arduino microcontroller. The advantage of using it is the presence of LED indicators designed to show the status of each of the outputs. The module is used to control the equipment using currents up to 10 A.

Digital voltmeter. The device has control buttons to display the output or input voltage.

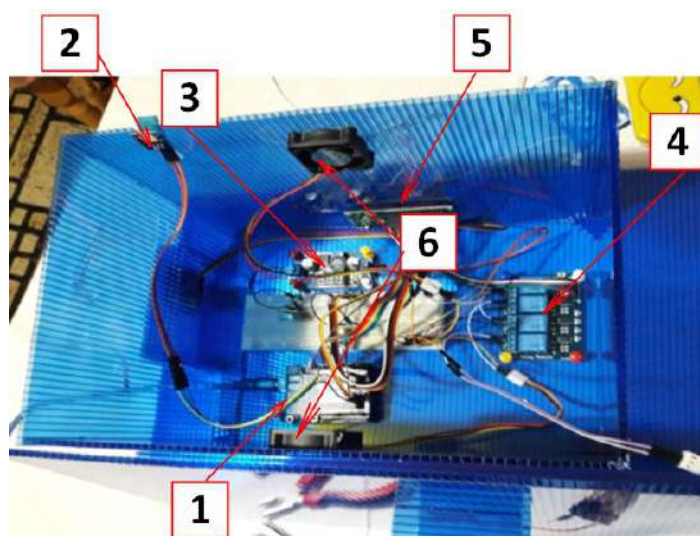
3. Results and discussion

Figure 1 shows the steps in the realization of the intelligent warehouse microclimate control system. A microprocessor system, consisting of a microcontroller, humidity and temperature sensors, a relay module, a display, a voltmeter and fans, has been developed. Control system components are mounted on a warehouse model.



а) микропроцесорна система

a) microprocessor system



б) макет на складово помещение – общ вид

b) warehouse model – general view

- 1 - Микроконтролер;
- 2 - Сензор за влажност и температура;
- 3 - Волтметър;
- 4 - Релеен модул;
- 5 - Дисплей;
- 6 - Вентилатори

- 1 - Microcontroller;
- 2 - Sensor for humidity and temperature;
- 3 - Voltmeter;
- 4 - Relay Module;
- 5 - Display;
- 6 - Fans

Фиг.1. Система за управление на микроклимата в складово помещение – общ вид

Fig.1. Warehouse microclimate control system – general view

Разработената система за управление на микроклимата, представена на фигура 2, се състои от 2 сензора, всеки от които ще отчита температурата и влажността на микроклимата в помещението и на околната среда. Показанията им се визуализират на дисплей с течен кристал, както и на серийния монитор от програмата за програмиране и следене на процесите на Ардуино.

The microclimate control system presented in Figure 2 consists of two sensors, each of which will measure the temperature and relative humidity of the microclimate in the warehouse and the environment. Their measurements are displayed on a liquid crystal display as well as on the serial monitor of the Arduino programming and tracking program.

Сензорите подават информация към

Sensors provide information to the microprocessor over a period of time

микропроцесора през определен период от време за температурата и новото на влажност. По предварително зададени желани стойности за контрол на температурата и важността, системата активира или деактивира релета. Релетата активират четири типа въздушни потоци.

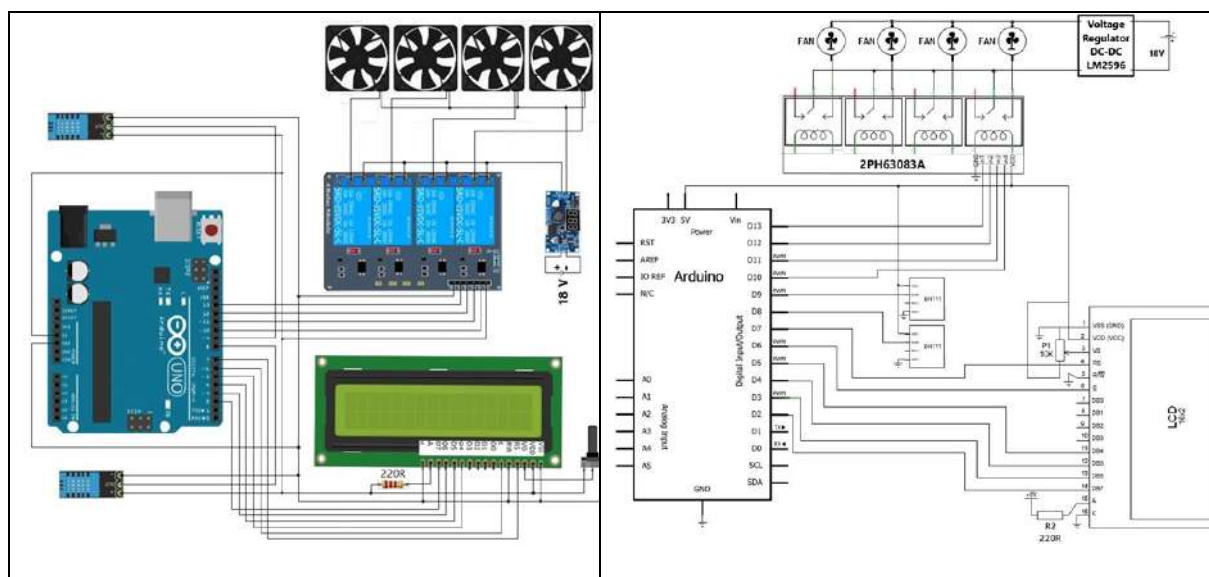
При повишена влажност се активира аспирация за отвеждане на въздуха с завишена влажност. При понижаване на желаната температура в помещението и ниска външна температура на околната среда се активира климатичната инсталация за коригиране и достигане на зададените температурни стойности. В случай на висока външна температура на околната среда, се активира аспирационния кръг от южната страна на сградата за достигане на желаните параметри.

about temperature and humidity. By presetting desired temperature and relative humidity control values, the system activates or deactivates the relays.

Relays activate four types of airflow. At high humidity, exhaust suction is activated to evacuate the air at elevated high humidity.

When the desired room temperature is lowered and the outside ambient temperature is low, the air conditioner is activated to correct and reach the set temperature values.

In case of high outdoor ambient temperature, the aspiration circle on the south side of the building is activated to reach the desired parameters.



а) общ вид
a) general view

б) схема принципна
b) principle schematic

Фиг.2. Система за управление на микроклимат в складово помещение – електронни схеми

Fig.2. Warehouse microclimate control system – electronic schematics

Ако температурата в помещението се повиши от зададено желаната и външната температура е по-ниска се активира въздушният кръг от към северната страна на сградата. В случай, че температурата

If the aid temperature rises from the desired setting and the outside temperature is lower, the air circle is activated from the north side of the building.

на микроклимата в помещението се повиши и външната температура на околната среда е с по-високи стойности се активира климатичната система за коригиране на температурата и достигане на зададено желаните температурни стойности. Поради различието в работното напрежение и консумацията, се използват две отделни захранвания за микропроцесора, релетата и вентилаторите. Микроконтролерът може да бъде захранен чрез USB директно от компютър или батерия. Релетата, както и вентилаторите на аспирационните кръгове и климатичната система се захранват с източник на постоянно напрежение. Чрез регулатор на напрежение се намалява напрежението за релетата и вентилаторите до желаните стойности за оптимална работа (DC 14 V).

Информационният дисплей за визуализация на информацията за състоянието на температурата и влажността в помещението и на околната среда се захранва директно от микропроцесора. Яркостта и контраста на дисплея се управлява чрез потенциометър.

Програмното осигуряване на система за управление на микроклимата в складово помещение е представено в Приложение 1.

Направен е тест на разработената система. Резултатите от работата ѝ се визуализират чрез серийния монитор на средата Arduino IDE.

На фигура 3 са представени стойностите на относителната влажност и температура във вътрешността на макета и тези стойности за средата извън него. Вижда се, че при работа на системата параметрите на микроклимата в складовото помещение се поддържат в необходимите граници. Зададени са 17°C и 22%RH.

If the temperature of the microclimate in the warehouse increases and the outside ambient temperature is higher, the air-conditioning system is activated to correct the template and reach the desired temperature values.

Due to the difference in operating voltage and consumption, two separate power supplies for the microprocessor, relays and fans are used. The microcontroller can be powered by USB directly from a computer or a battery. The relays, as well as the fans of the aspiration circuits and the air-conditioning system, are powered by a constant voltage source.

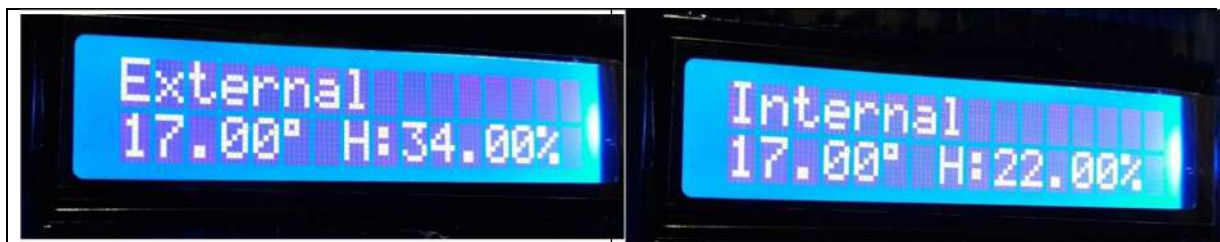
The voltage regulator reduces the voltage for relays and fans to the desired values for optimum operation (DC 14 V).

The information display that show temperature and humidity information in the room and the environment is powered directly by the microprocessor. The brightness and contrast of the display is controlled by a potentiometer.

The software of a warehouse microclimate control system is presented in Appendix 1.

A test of the developed system was made. The results of its work are visualized through the serial monitor of the Arduino IDE environment.

Figure 3 shows the relative humidity and temperature values in the interior of the model and those values for the outside environment. It can be seen that the microclimate parameters in the warehouse model are kept within the required limits when operating the system. 17°C and 22% RH are set.



а) външни температура и относителна влажност

a) external temperature and relative humidity

Фиг.3. Резултати от тест на система за управление на микроклимата в складово помещение

4. Заключение

В статията е представена разработена интелигентна система за управление на микроклимата в складово помещение. За целта е направен обзор на съществуващи решения за управление на аспирационни и климатични системи.

Физическата реализация на системата е изпълнена като са избрани устройства, които да измерват величините, да предават, записват информация и да управляват периферни устройства. Разработено е програмното осигуряване на микроконтролера, участващ в системата за настройка на системата, визуализация и обработка на събраните данни. Проведени са експериментални изследвания с цел тестване на работоспособността на системата.

Малкият размер на сензорните модули предоставя лесното им разполагане в различни обекти. Ниско-енергийният им режим позволява удължен живот на батериите, при нужда от тяхното използване.

Разработеният програмен код е модулен, което позволява лесното добавяне на допълнителни сензорни модули. При добавяне на много на брой крайни устройства са нужни допълнителни оптимизации на алгоритъма по време.

б) вътрешна температура и относителна влажност

b) internal temperature and relative humidity

Fig.3. Test results of warehouse microclimate control system

4. Conclusion

The article presents a developed intelligent microclimate management system for a warehouse. For this purpose, an overview of existing solutions for control of aspiration and air-conditioning systems is made.

The physical implementation of the system is performed by selecting devices to measure, transmit, record information, and manage peripheral devices.

Software of the microcontroller involved in the system, visualization and processing of collected data has been developed.

Experimental research was conducted to test the system's performance.

The small size of the sensor modules makes it easy to locate them in different buildings. Their low power mode allows longer battery life when needed.

The developed programming code is modular, allowing for the easy addition of additional sensor modules. When adding multiple end devices, additional algorithm optimizations over time are required.

Приложение 1. Програмно осигуряване на система за управление на микроклимата в складово помещение

Appendix 1. Software for the warehouse microclimate control system

```

#include <dht.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
#
dht DHT1; //internal
dht DHT2; //external
#define DHT11_PIN 8 //internal
#define DHT11_PIN2 9 //external
int in1 = 10; //aspiration
int in2 = 11; //south
int in3 = 12; //north
int in4 = 13; //climatisation system
void setup()
{
  lcd.begin(16, 2);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(in1, OUTPUT);
  digitalWrite(in1, HIGH);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  digitalWrite(in2, HIGH);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  digitalWrite(in3, HIGH);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  digitalWrite(in4, HIGH);
}
void loop()
{
  {
    int chk = DHT1.read11(DHT11_PIN);
    Serial.print("Temperature = ");
    Serial.println(DHT1.temperature);
    Serial.print("Humidity = ");
    Serial.println(DHT1.humidity);
    delay(1000);
  }
  {
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Internal");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(DHT1.temperature);
    lcd.print((char)223);
    lcd.print(" H:");
    lcd.print(DHT1.humidity);
    lcd.print("%");
    delay(1000);
  }
  {
    int chk = DHT2.read11(DHT11_PIN2);
    Serial.print("Temperature = ");
    Serial.println(DHT2.temperature);
    Serial.print("Humidity = ");
    Serial.println(DHT2.humidity);
    delay(1000);
  }
  {
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("External");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(DHT2.temperature);
    lcd.print((char)223);
    lcd.print(" H:");
    lcd.print(DHT2.humidity);
    lcd.print("%");
    delay(1000);
  }
  {
    int temp1=DHT1.temperature;
    int temp2=DHT2.temperature;
    int hum=DHT1.humidity;
    //because of type of relay characteristics:
    //(HIGH = LOW and LOW = HIGH)
    //climatisation system
    if (temp1 <= 22 && temp2 <= 22)
      digitalWrite(in4, LOW); //on
    else if (temp1 <= 22 && temp2 >= 22)
      digitalWrite(in4, HIGH); //off
    else if (temp1 >= 23 && temp2 >= 23)
      digitalWrite(in4, LOW); //on
    else if (temp1 >= 23 && temp2 <= 23)
      digitalWrite(in4, HIGH); //off
    delay(1000);
    //south
    if (temp1 <= 22 && temp2 >= 22)
      digitalWrite(in2, LOW); //on
    else if (temp1 <= 22 && temp2 <=22)
      digitalWrite(in2, HIGH); //off
    else
      digitalWrite(in2, HIGH); //off
    delay(1000);
    //north
    if (temp1 >= 22 && temp2 <= 22)
      digitalWrite(in3, LOW); //on
    else if (temp1 >= 22 && temp2 >=22)
      digitalWrite(in3, HIGH); //off
    else
      digitalWrite(in3, HIGH); //off
    delay(1000);
    //aspiration
    if (hum >= 21)
      digitalWrite(in1, LOW); //on
    else if (hum <= 20)
      digitalWrite(in1, HIGH); //off
    delay(1000);
  }
}

```


5. Литература**5. References**

- [1] Air conditioning of production premises. Engineering review, vol.4, 2012, <http://www.engineering-review.bg/bg/klimatizaciya-na-proizvodstveni-pomeshteniya/2/1932/> (accessed 03.04.2018), (in Bulgarian)
- [2] Andonov, K., P. Daskalov, K. Martev. (2003). A new approach to controlled natural ventilation of livestock buildings. Biosystems Engineering, vol.84, pp. 91-100.
- [3] Binev, I. (2018). Possibilities for ground water use for conditioning of the faculty of technics and technologies building in Yambol. Applied Researches in Technics, Technologies and Education, Vol. 6, No. 2, pp.166-169.
- [4] Kartelov, Y., N. Katrandzhiev. (2016). Power Supply of Resource-Sensitive Smart Devices by Energy Management and Energy Collection. Scientific Works of the University of Food Technologies – Plovdiv (in Bulgarian)
- [5] Mihailov, N., B. Evstatiev, S. Kadirova, T. Gueorguiev, T. Georgieva, A. Evtimov. (2018). Load Profile of Typical Residential Buildings in Bulgaria. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol.172, No.1.
- [6] Zlatev, Z. (2017). Analysis of data from automatic weather stations. Innovation and entrepreneurship, vol.5, No.4, pp.216-230.

Контакти

маг. инж. Искрен Николов
Тракийски университет – Стара Загора
Факултет „Техника и технологии“ – Ямбол

Contacts:

eng. Iskren Nikolov
Trakia University – Stara Zagora
Faculty of Technics and technologies
– Yambol, Bulgaria