

Podstawy Automatyki – projekt

Sterowanie temperaturą i wilgotnością powietrza w pomieszczeniu

Politechnika Poznańska

Wydział Informatyki i Telekomunikacji

kierunek Informatyka

2021/2022, semestr zimowy

Jan Metzler

Celem programu jest symulacja zmiany warunków fizycznych w pomieszczeniu i osiągnięcie zadanych przez użytkownika wartości. Zmianom będzie podlegała temperatura oraz wilgotność względna. Dostosowywanie temperatury będzie dokonywane z użyciem grzałki elektrycznej oraz klimatyzatora o określonych przez użytkownika mocach [W]. Regulacja wilgotności będzie odbywać się za pomocą nawilżacza oraz osuszacza powietrza o określonych przez użytkownika wydajnościach [$\frac{kg}{h}$]. Dodatkowym założeniem jest występowanie wentylacji w wybranym pomieszczeniu. Jej wartość wybiera użytkownik, jest ona podana jako procent wymiany powietrza na godzinę, tj. określa ona jaką część powietrza w pomieszczeniu zostanie zastąpiona powietrzem z zewnątrz w ciągu jednej godziny.

Algorytm:

Krok 0.1: Wprowadzenie przez użytkownika danych dotyczących wymiarów pomieszczenia oraz mocy urządzeń regulujących.

Krok 0.2: Wprowadzenie przez użytkownika danych początkowych dotyczących układu oraz jego otoczenia, jak również wielkości poszukiwanych.

Krok 0.3: Wprowadzenie przez użytkownika danych sterujących przebiegiem symulacji.

Krok 1: Obliczenie zawartości wilgoci w powietrzu oraz jego temperatury.

Krok 2: Wyznaczenie uchybu regulacji.

Krok 3: Wyznaczenie wartości sterującej dla urządzeń regulujących.

Krok 4: Aplikacja zmian w stanie układu wynikających z działania urządzeń regulujących oraz wentylacji.

Krok 5: Sprawdzenie warunku stopu (ilości wykonanych powtórzeń pętli), następnie przejście do kroku 1szego lub zakończenie.

Wzory fizyczne:

$$\text{Wilgotność absolutna } \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right] = 6.112 * e^{\frac{17.67 * \text{temp}}{\text{temp} + 243.5}} * \text{wilgotność względna} * \frac{2.1674}{10 * (K + \text{temp})}$$

$$\text{Wilgotność względna } [\%] = \frac{0.263 * \text{ciśnienie atmosferyczne} * Q}{\exp\left(\frac{17.67 * \text{temp}}{\text{temp} - 29.65 + K}\right)}$$

$$\text{Gęstość powietrza } \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right] = \frac{\text{ciśnienie atmosferyczne} - \text{ciśnienie pary wodnej}}{\text{stała gazowa suchego powietrza} * (K + \text{temp})} + \frac{\text{ciśnienie pary wodnej}}{\text{stała gazowa pary wodnej} * (K + \text{temp})}$$

$$\text{Pojemność cieplna powietrza } \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}}\right] = \frac{1000 * 4.184 * (\text{Cpa} + xw * (0.622 * \text{Cpw} - \text{Cpa}))}{1 - 0.378 * xw}$$

Zmienne pomocnicze:

$$Q = \frac{\text{wilgotność absolutna}}{100 * \left(\frac{\text{ciśnienie atmosferyczne}}{287.058 * (\text{temp} + K)} + \text{wilgotność absolutna}\right)}$$

$$\text{Water vapor moles} = \frac{\text{wilgotność absolutna}}{\text{masa molowa pary wodnej}}$$

$$\text{Air moles} = \frac{\text{gęstość powietrza} - \text{wilgotność absolutna}}{\text{masa molowa powietrza}}$$

$$Xw = \frac{\text{water vapor moles}}{\text{water vapor moles} + \text{air moles}}$$

$$\text{Cpa} = 0.251625 - (9.2525 * 10^{-5}) * (\text{temp} + K) + (2.1334 * 10^{-7}) * (\text{temp} + K)^2 - (1.0043 * 10^{-10}) * (\text{temp} + K)^3$$

$$\text{Cpw} = 0.452219 - (1.29224 * 10^{-4}) * (\text{temp} + K) + (4.17008 * 10^{-7}) * (\text{temp} + K)^2 - (2.00401 * 10^{-10}) * (\text{temp} + K)^3$$

Oznaczenia użyte w równaniach:

$$\text{Stała gazowa suchego powietrza } \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}}\right] = 287.058$$

$$\text{Stała gazowa pary wodnej } \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}}\right] = 461.495$$

$$\text{Ciśnienie atmosferyczne } [\text{Pa}] = 101325$$

$$K \text{ } [^{\circ}\text{C}] = 273.15$$

$$\text{Masa molowa pary wodnej } \left[\frac{\text{kg}}{\text{mol}}\right] = 0.018016$$

$$\text{Masa molowa powietrza } \left[\frac{\text{kg}}{\text{mol}}\right] = 0.02897$$

$$\text{Temp } [^{\circ}\text{C}] = \text{aktualna temperatura}$$

$$e = \text{stała Eulera}$$

Objaśnienie:

Wilgotność absolutna – zawartość pary wodnej w powietrzu, wyrażona w kg wody na m^3 powietrza.

Wilgotność względna – procent nasycenia powietrza parą wodną. Wielkość zależna od temperatury, wilgotności absolutnej oraz ciśnienia.

Regulacja temperatury odbywa się poprzez wyznaczenie różnicy energii między wartością poszukiwaną, a wartością aktualną, a następnie poprzez odprowadzenie/doprowadzenie do układu potrzebnej ilości energii.

Regulacja wilgotności odbywa się poprzez wyznaczenie różnicy pomiędzy aktualną wilgotnością względną powietrza, a jej wartością poszukiwaną, a następnie poprzez odprowadzenie/doprowadzenie do układu potrzebnej ilość pary wodnej.

Wzory pomocnicze:

Energia powietrza [J] = gęstość powietrza * temperatura * pojemność cieplna powietrza * pojemność pomieszczenia

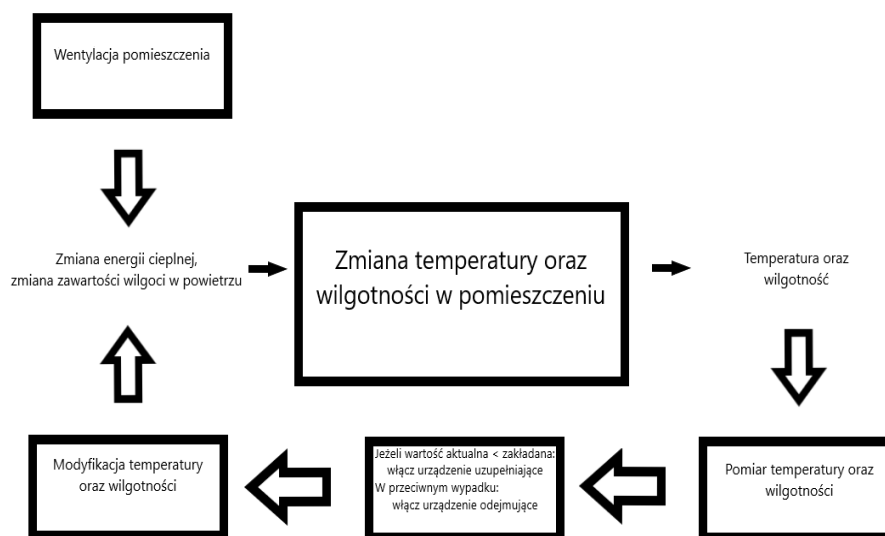
Energia potrzebna do zmiany temperatury pomieszczenia [J] =
Energia powietrza _{poszukiwana} – Energia powietrza _{aktualna}

Mieszanie mas powietrza [°C]:

$$\text{Temperatura } P1 + P2 = \frac{\text{Temperatura } P1 + \text{Temperatura } P2}{\text{Masa } P1 + \text{Masa } P2}$$

gdzie P1 – objętość powietrza nr. 1, P2 – objętość powietrza nr.2

Schemat:



Screeny uruchomieniowe obrazujące działanie programu:

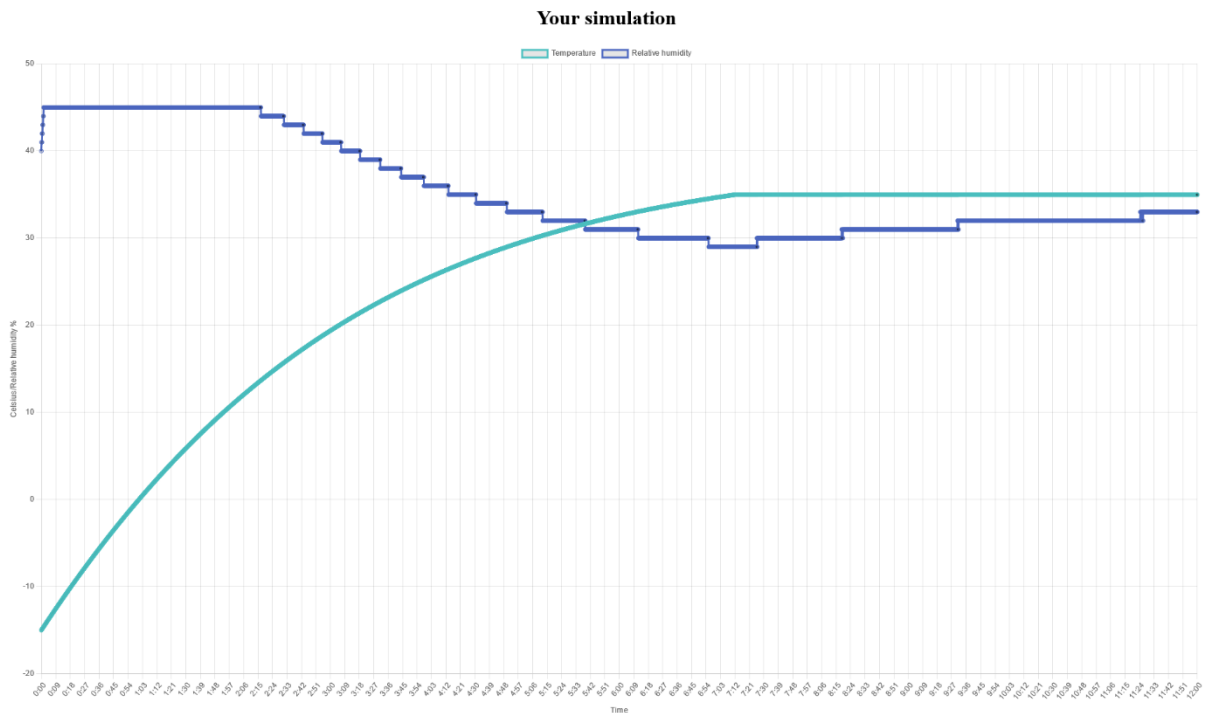
Program został zaimplementowany w postaci strony internetowej. Warstwa back-end'owa została napisana w języku Python z wykorzystaniem biblioteki Flask oraz WTForms. Warstwa front-end'owa została stworzona z wykorzystaniem języków: JavaScript, HTML oraz CSS.

Strona domowa:

Please, fill in the form below:

Heater power	<input type="text" value="7000"/>	Unit: Watts
Air conditioner power	<input type="text" value="7000"/>	Unit: Watts
Humidifier power	<input type="text" value="4"/>	Unit: Kilograms of water per hour
Dehumidifier power	<input type="text" value="4"/>	Unit: Kilograms of water per hour
Room width	<input type="text" value="10"/>	Unit: Meters
Room height	<input type="text" value="10"/>	Unit: Meters
Room length	<input type="text" value="10"/>	Unit: Meters
Air change	<input type="text" value="30"/>	Unit: Percent. Describes what percentage of the rooms' air will be changed within an hour.
Simulation interval	<input type="text" value="10"/>	Unit: Seconds
Simulation time	<input type="text" value="12"/>	Unit: Hours
Outside temperature	<input type="text" value="-20"/>	Unit: Celsius
Outside relative humidity	<input type="text" value="0"/>	Unit: Percent
Sought temperature	<input type="text" value="35"/>	Unit: Celsius
Sought relative humidity	<input type="text" value="45"/>	Unit: Percent
Current room temperature	<input type="text" value="-15"/>	Unit: Celsius
Current room relative humidity	<input type="text" value="40"/>	Unit: Percent
<input type="button" value="Simulate"/>		
CSRF Token		

Strona wynikowa - obrazująca przebieg symulacji:



Bibliografia – źródła wzorów:

<https://earthscience.stackexchange.com/questions/2360/how-do-i-convert-specific-humidity-to-relative-humidity>

https://en.wikipedia.org/wiki/Density_of_air

<https://carnotcycle.wordpress.com/2012/08/04/how-to-convert-relative-humidity-to-absolute-humidity/>

<https://www.omnicalculator.com/physics/air-density#what-is-the-dew-point>

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjIs46wrpj0AhXFyaQKHYYB4kQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fcore.ac.uk%2Fdownload%2Fpdf%2F13740375.pdf&usg=AOvVaw3TTOpvzakZKSOMBGIBKsrV>