



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

Sprawozdanie z przedmiotu
Symulacja dyskretna systemów złożonych .

Symulacja ogrzewania pomieszczenia

Autorzy:	Emilia Mączka, Weronika Wisz
Kierunek studiów:	Informatyka
Opiekun pracy:	mgr inż. Robert Lubaś

Kraków, 2020

Spis treści

Wstęp	3
1 Cel i założenia projektu	3
1.1 Przegląd literatury	3
1.1.1 Układy regulacji i sterowania	3
1.1.2 Współczynnik przenikania ciepła	4
1.1.3 Wpływ pogody i strefy klimatycznej na straty cieplne	4
1.1.4 Niezbędne instalacje	4
1.1.5 Praca cykliczna urządzeń	5
1.2 Aspekty fizyczne	5
1.2.1 Ciepło wytwarzane przez piec	5
1.2.2 Straty ciepła	5
1.2.3 Zmiana temperatury pomieszczenia w czasie . .	6
1.3 Regulatory	7
1.3.1 Regulator pokojowy	7
1.3.2 Regulator PID	7
1.3.3 Regulator pogodowy	9
1.4 Przyjęte założenia	10
2 Realizacja	11
2.1 Model	11
2.2 Aplikacja	12
3 Wyniki symulacji	14
Wnioski	18
Bibliografia	19

Wstęp

1 Cel i założenia projektu

Celem niniejszej pracy jest stworzenie modelu ogrzewania pomieszczenia, który poddany symulacjom pozwoli na dobranie odpowiedniej techniki ogrzewania.

Istnieje kilka alternatywnych metod grzewczych. Można utrzymywać stałą temperaturę pomieszczenia przez całą dobę, można również obniżać temperaturę w nocy, lub w czasie kiedy pomieszczenie nie będzie użytkowane. Symulacje naszego modelu powinny wyłonić tę z metod, która zapewni nam najmniejsze koszty.

Na to ile energii będziemy musieli zużyć na ogrzanie pomieszczenia oraz jakie przez to koszty poniesiemy wpływa bardzo wiele czynników. W poniższym modelu uwzględnimy tylko te, które naszym zdaniem mają największy wpływ (pominiemy aspekty takie jak na przykład ruch konwekcyjny powietrza we wnętrzu pomieszczenia). Informacje te będą podane przy założeniach projektu.

W początkowych rozdziałach naszej pracy zajmujemy się aspektem fizycznym, analizujemy jakie parametry wpływające na utrzymanie stałej temperatury w pomieszczeniu będziemy uwzględniać jako dane wejściowe, oraz jakie dane wyjściowe chcemy uzyskać. Na tej podstawie budujemy model matematyczny i następnie opracowujemy odpowiedni program komputerowy. W kolejnym etapie po walidacji i weryfikacji modelu przeprowadzamy układ symulacji, na podstawie których wysuwamy wnioski końcowe.

1.1 Przegląd literatury

1.1.1 Układy regulacji i sterowania

Uzyskiwana w ogrzewanych pomieszczeniach temperatura wynika z bilansu energii wytworzonej przez urządzenie grzewcze i utraconej przez pomieszczenie do otoczenia. Straty ciepłe uzależnione są od stanu pogody, która zmienia się w ciągu doby. To powoduje zmianę strat ciepłych pomieszczeń i prowadzi do konieczności zmiany mocy urządzeń grzejnych. Bezpośredni wpływ na ilość zmagazynowanej energii ma moc urządzeń i czas ich załączania do sieci zasilającej. Układy regulacji i sterowania elektrycznym ogrzewaniem akumulacyjnym można podzielić na dwie grupy:

- Układ sterowania przełącznikiem liczników energii elektrycznej i mocy włączanej do sieci
- Układy regulacji i sterowania trybem pracy urządzeń grzejnych

1.1.2 Współczynnik przenikania ciepła

Kluczową kwestią wpływającą na to, ile ciepła będzie przenikać z wnętrza naszego mieszkania na zewnątrz jest zdolność ścian do jego zatrzymania (współczynnik przenikania ciepła). Wymagania jakie powinny spełniać ściany znajdziemy w zapisach Polskiej Normy i Prawa Budowlanego. W zależności od pełnionej funkcji współczynnik przenikania ciepła może być różny.

Temperatura obliczeniowa w pomieszczeniach to umowna temperatura, którą należy przyjmować w obliczeniach zapotrzebowania na ciepło przy projektowaniu urządzeń grzewczych. Nie jest to temperatura odczuwalna. W przypadku występowania przestrzeni zamkniętych przylegających do pomieszczeń ogrzewanych należy uwzględnić ich temperaturę wg odpowiedniej normy, uwzględnić inny sposób rozchodzenia się ciepła.

1.1.3 Wpływ pogody i strefy klimatycznej na straty ciepłne

Innym ważnym czynnikiem jest położenie geograficzne. Terytorium Polski zostało podzielone na 5 stref klimatycznych, do których przypisane zostały wartości temperatury zewnętrznej (16-24°C). W okresie zimowym, kiedy temperatura przyjmuje niższe wartości (średnia temperatura w zimie na rok 2019 to około 3°C) konieczne jest ogrzewanie budynków. We wstępnych obliczeniach będziemy przyjmować wartości temperatury typowe dla miesięcy zimowych w Polsce.

Na straty ciepłne podstawowy wpływ ma właśnie pogoda, na którą składa się temperatura, wilgotność, siła wiatru czy nasłonecznienie. Tak wiele czynników utrudnia uzyskanie konkretnej wartości zastępczej. Stan pogody określić można jednak za pomocą czujników mierzących dobowy przebieg zmian temperatury na zewnątrz ogrzewanego pomieszczenia.

1.1.4 Niezbędne instalacje

Kluczową rolę w instalacji pełni sterownik centralny. Jego zadaniem jest uzależnienie stopnia naładowania ogrzewaczy akumulacyjnych od stanu pogody i realizacja sposobu ładowania. Regulator ładowania wskaże natomiast aktualny stopień naładowania ogrzewacza. Pamiętając o tym, że chcemy zapewnić stałą temperaturę pomieszczenia, należałoby zainstalować regulator temperatury. Jego zadanie sprowadza się do załączania i wyłączania wentylatora w ogrzewniku akumulacyjnym.

1.1.5 Praca cykliczna urządzeń

Elektryczne urządzenia grzejne akumulacyjne pracują cyklicznie w stanie permanentnie ustalonym - następują okresy ładowania i rozładowywania energii. Budowane są one tak, by zapewnić równomierne i niezależne od okresu pracy oddanie zakumulowanego ciepła do ogrzewanych pomieszczeń. Często w celu obniżenia kosztów eksploatacyjnych doładowanie dzienne urządzeń włączane jest dopiero przy obniżaniu się temperatury zewnętrznej poniżej pewnej nastawionej przez użytkownika

1.2 Aspekty fizyczne

Zgodnie z prawami termodynamiki, między pomieszczeniem a otoczeniem zachodzi ciągła wymiana ciepła. Obliczeniem ilości traconej energii w postaci ciepła z pomieszczenia zajmuje się fizyka budowli. Poniżej przedstawimy równania użyte przy obliczaniu energii wytwarzanej przez piec oraz strat ciepła powodowanych częściowym oddaniem jej do otoczenia. W zbudowanym przez nas modelu, aby utrzymać stałą temperaturę w pomieszczeniu stosujemy dwa typy regulatorów (pokoju i pogodowy, ich działanie jest opisane w sekcji "Regulatory"), które kontrolują ilość ciepła wytwarzanego przez piec.

1.2.1 Ciepło wytwarzane przez piec

Ilość przekazywanego ciepła w czasie obliczamy na podstawie wzoru:

$$\frac{dQ}{dt} = (T_{heater} - T_{room}) \cdot air\ flow \cdot cp$$

T_{heater}, T_{room} - temperatury odpowiednio na piecu i w pokoju

$air\ flow\ [kg/s]$ - strumień masy (masowe natężenie przepływu), miara ilości substancji przepływającej przez wyodrębnioną przestrzeń, obszar lub poprzeczny przekrój w jednostce czasu

$cp\ [J/kg \cdot K]$ - ciepło właściwe, potrzebne do zmiany temperatury ciała w jednostkowej masie o jedną jednostkę

1.2.2 Straty ciepła

Szybkość z jaką przepływa energia cieplna z jednego ośrodka do drugiego nosi nazwę strumienia ciepła. Równanie, które opisuje to zjawisko jest następujące:

$$\frac{dQ}{dt} = U \cdot (T_{room} - T_{out})$$

T_{room}, T_{out} - temperatury odpowiednio w pokoju i na zewnątrz pomieszczenia

$U [W/(m^2 \cdot K)]$ – współczynnik przenikania ciepła, jest to ilość ciepła, która w czasie 1s przepływa przez powierzchnię $1m^2$ danej przegrody budowlanej, przy różnicy temperatur po obu jej stronach równej 1K.

Aby obliczyć współczynnik przenikania ciepła posługujemy się wzorem:

$$U = \frac{\lambda}{d}$$

$\lambda [W/m \cdot K]$ - współczynnik przewodzenia ciepła, jest to ilość ciepła, która przepływa w czasie 1s przez dany materiał o wymiarach 1m x 1m x 1m, prostopadle do niego, przy różnicy temperatur po obu jego stronach równej 1K. Wartości dla wybranych materiałów budowlanych znajdują się w tabeli 1

$d [m]$ - grubość przegrody

Współczynniki przenikania ciepła U poszczególnych elementów obudowy budynku mnożymy przez ich powierzchnię ($area [m^2]$). W ten sposób dostajemy współczynniki strat ciepła przez przenikanie ($[W/K]$). Następnie sumujemy współczynniki strat ciepła dla każdego z materiałów użytych w budowie pomieszczenia i na tej podstawie otrzymujemy strumień strat ciepła.

Material	Współczynnik przewodzenia ciepła $[W/(m \cdot K)]$
Wełna mineralna	0,03 – 0,04
Styropian (EPS)	0,032 – 0,045
Drewno	0,16 – 0,3 (sosna i świerk), 0,22 – 0,4 (dąb)
Cegła	0,15 – 1,31
Beton	1 – 1,7
Żelbet	1,7
Szkło okienne	0,8
Szkło zbrojone	1,15
Tynk gipsowy	0,4 – 0,57

Tabela 1: Wartości współczynnika przewodzenia ciepła dla wybranych materiałów

1.2.3 Zmiana temperatury pomieszczenia w czasie

Wartość temperatury wewnątrz pomieszczenia w czasie (w każdym jego punkcie) jest zależna od ilości dostarczonego przez piec ciepła

i strat ciepła do otoczenia. To ciepło rozłożone jest na całą masę powietrza w pomieszczeniu M . Do obliczenia zmian temperatury korzystamy ze wzoru:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\frac{dQ_{heater}}{dt} - \frac{dQ_{losses}}{dt}}{M \cdot cp}$$

$\frac{dQ_{heater}}{dt}$, $\frac{dQ_{losses}}{dt}$ - ilość ciepła dostarczonego i straconego obliczona z wcześniej opisanych wzorów

$M [kg]$ - masa powietrza wewnątrz pomieszczenia, liczymy mnożąc objętość pomieszczenia i gęstość powietrza ($1.2250 kg/m^3$)

$cp [J/kg \cdot K]$ - ciepło właściwe

1.3 Regulatory

W skład systemu ogrzewania wchodzi regulatory. Ich zadaniem jest kontrolowanie pracy pieca w celu utrzymania określonej przez użytkownika temperatury niezależnie od warunków pogodowych panujących na zewnątrz. Aby zminimalizować ilość energii wytwarzanej przez piec w modelu użyliśmy dwóch regulatorów - pokojowego i pogodowego.

1.3.1 Regulator pokojowy

Regulator pokojowy mierzy panującą wewnątrz pomieszczenia temperaturę, a następnie określa różnicę między temperaturą zadaną a zmierzoną. Na podstawie tej różnicy reguluje ilość dostarczanego ciepła włączając i wyłączając piec. Jest to tak zwana regulacja ze sprzężeniem wstecz. Najprostsze regulatory, np. termostaty, gwarantują jedynie, że temperatura pomieszczenia będzie się zawierać w pewnym przedziale, zwanym histerezą. Najszybciej i najdokładniej reagują regulatory typu PID, taki też zastosowany jest w modelu.

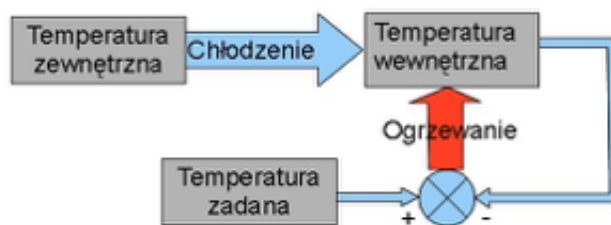
1.3.2 Regulator PID

PID to algorytm regulacji, który jest powszechnie wykorzystywany w automatyce, ma on zastosowanie między innymi w systemach ogrzewania. Jego celem jest utrzymanie wartości wyjściowej na określonym poziomie (wartość zadana).

Regulator PID to trzy połączone ze sobą moduły:

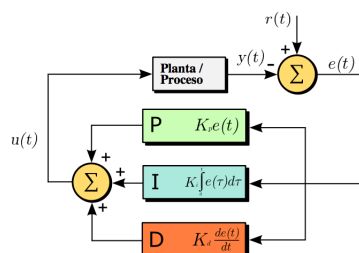
- proporcjonalny (P), który kompensuje uchyb bieżący,

Regulator pokojowy



Regulacja pokojowa

- całkujący (I), odpowiedzialny za kompensację skumulowanych uchybów z przeszłości,
- różniczkujący (D) kompensujący przewidywane uchyby w przyszłości



Rysunek 1: Schemat działania regulatora PID

Ogólny wzór przedstawiający zasadę działania kontrolera można przedstawić w następujący sposób:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

$e(t)$ – aktualny błąd pomiędzy wartością zadaną i otrzymaną na wyjściu sterownika

K_p, K_i, K_d - wzmacnienia części odpowiednio proporcjonalnej, całkującej, różniczkującej

Prawidłowe działanie regulatora PID zależy od doboru odpowiednich współczynników elementów. Dobór nastaw regulatora PID nie należy do zadań prostych, pomimo iż sterujemy tylko trzema parametrami.

Opracowano szereg metod doboru nastaw, aby usprawnić żmudny i czasochłonny proces strojenia. Metoda Zieglera-Nicholsa stała się niemal standardową procedurą doboru nastaw regulatora.

Aby obliczyć wartości nastaw regulatora PID metodą Zieglera-Nicholsa, należy wyznaczyć wartość współczynnika wzmocnienie krytycznego K_{kr} (tj. na granicy stabilności). W przypadku nieznanej transmitancji obiektu stosuje się metodę doświadczalną: nastawia się regulator na działanie proporcjonalne i zwiększa wzmocnienie doprowadzając układ do granicy stabilności. W stanie oscylacji należy zmierzyć ich okres P_{kr} (czas trwania jednego cyklu). Znając wartości K_{kr} oraz P_{kr} i posługując się zależnościami z tabeli 2 można obliczyć wartości nastaw dla trzech podstawowych typów regulatora (tj. P, PI oraz PID).

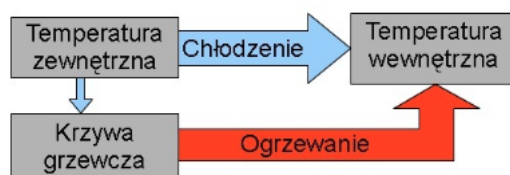
Regulator	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_{kr}$	-	-
PI	$0.45K_{kr}$	$P_{kr}/1.2$	-
PID	$0.6K_{kr}$	$P_{kr}/2$	$P_{kr}/8$

Tabela 2: Nastawy regulatorów – metoda Zieglera-Nicholsa

1.3.3 Regulator pogodowy

Regulator pogodowy przewiduje ilość potrzebnego ciepła jaką musi wytworzyć piec na podstawie temperatury zewnętrznej. Jest to tak zwana regulacja w przód. To, ile ciepła jest dostarczane w zależności od temperatury zewnętrznej, określa wykres zwany krzywą grzewczą. Powinien on możliwie jak najdokładniej oddawać właściwości energetyczne budynku.

Regulator pogodowy

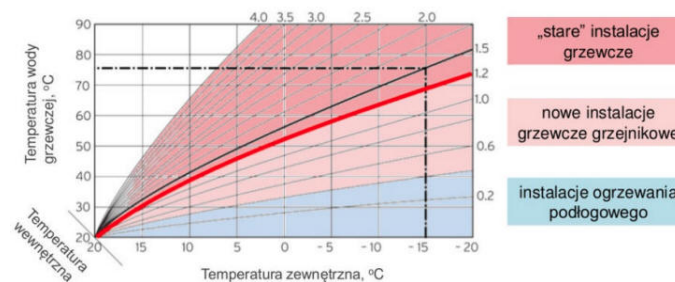


Regulacja pogodowa

Krzywa grzewcza to zależność, jaka występuje między temperaturą zasilania instalacji grzewczej a temperaturą powietrza panującą na zewnątrz. Krzywa grzewcza określa do jakiej temperatury kocioł ma

podgrzewać wodę przy danej temperaturze zewnętrznej. Ta zależność jest opisywana za pomocą dwóch parametrów: nachylenia krzywej oraz jej poziomu.

Prawidłowe ustawienie krzywej grzania jest zadaniem trudnym i wymaga najczęściej długiego okresu czasu, dla niezbędnej obserwacji instalacji. Wstępny dobór nachylenia krzywej możemy przyjąć na podstawie poniższego wykresu.



Rysunek 2: Przykładowa krzywa grzewcza

Regulatory pokojowe reagują jedynie na wahania temperatury wewnątrz pomieszczenia, zaś regulatory pogodowe — tylko na temperaturę zewnętrzną. W celu zapewnienia optymalnego komfortu cieplnego — minimalnych wahań temperatury w pomieszczeniu wobec zmiennej temperatury zewnętrznej — idealnym rozwiązaniem jest połączenie obu typów regulatorów. Regulator pogodowy umieszczony na kotle reguluje „produkcję ciepła”, kompensując jego straty związane z pogodą. Regulator pokojowy zapewnia możliwość regulacji temperatury w zależności od preferencji użytkownika. Dzięki temu różnica między temperaturą zmierzoną, a nastawioną na regulatorze pokojowym nie waha się mocno i w rezultacie wahania temperatury w pomieszczeniu są najmniejsze.

1.4 Przyjęte założenia

W rzeczywistej instalacji ogrzewania istnieje nieco więcej czynników wpływających na zmiany temperaturowe w pomieszczeniu niż w przyjętym przez nas modelu. Nie mają one jednak istotnego znaczenia dla uzyskiwanych w symulacji wyników ilości zużytych kosztów i ciepła, czy przy porównywaniu ich przy różnych technikach ogrzewania. Poniżej wypisane są wstępne założenia dla naszego projektu.

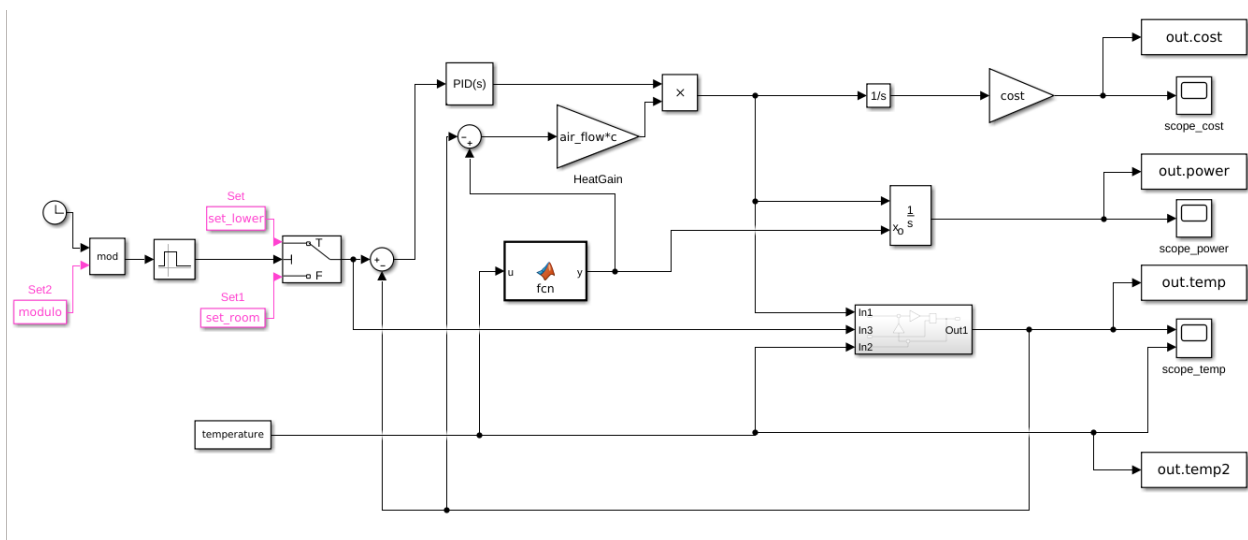
- Wewnątrz pomieszczenia rozkład temperatury jest wyrównany.
- Ruchy konwekcyjne wewnątrz pomieszczenia są pominięte, zakłada się, że pomieszczenie jest puste.

- Urządzenia grzewcze są typu konwekcyjnego i rozmieszczone są w pomieszczeniu równomiernie.
- Pomija się czynniki pogodowe takie jak wilgotność, ciśnienie, wiatr, brana pod uwagę jest tylko temperatura powietrza.

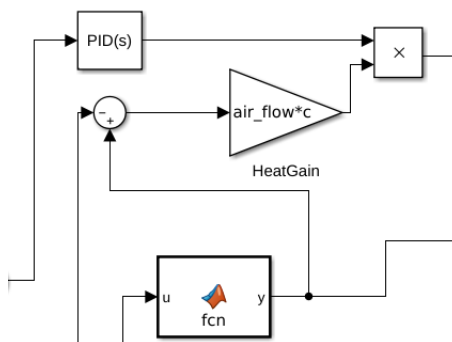
2 Realizacja

2.1 Model

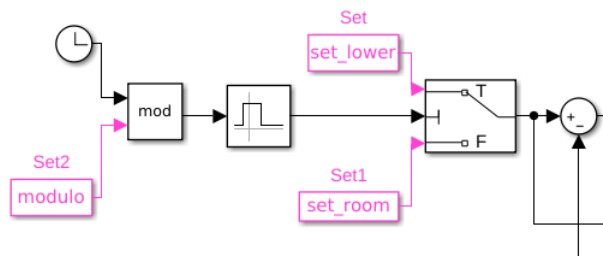
Do przeprowadzenia symulacji użyliśmy programu MATLAB Simulink. Model storzyliśmy zgodnie z z opisanymi wcześniej aspektami fizycznymi.



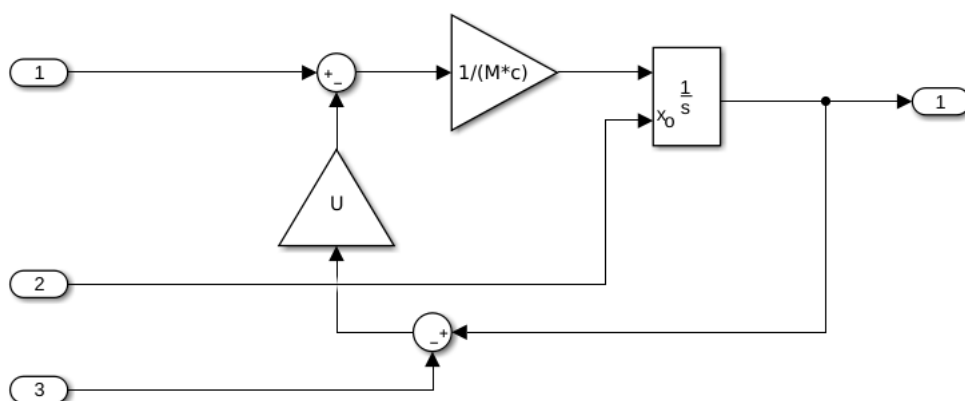
Do utrzymania stałej temperatury użyte zostały regulatory pokojowy PID i pogodowy opracowany na podstawie krzywej grzewczej w bločku Matlab Function Block.



W celu dodania możliwości zmiany temperatury w wybranych godzinach dodałyśmy funkcję Switch.



Straty ciepła obliczane są w zaprojektowanym odpowiednio bločku (nazwy zmiennych zgodne z opisanymi w aspektach fizycznych).



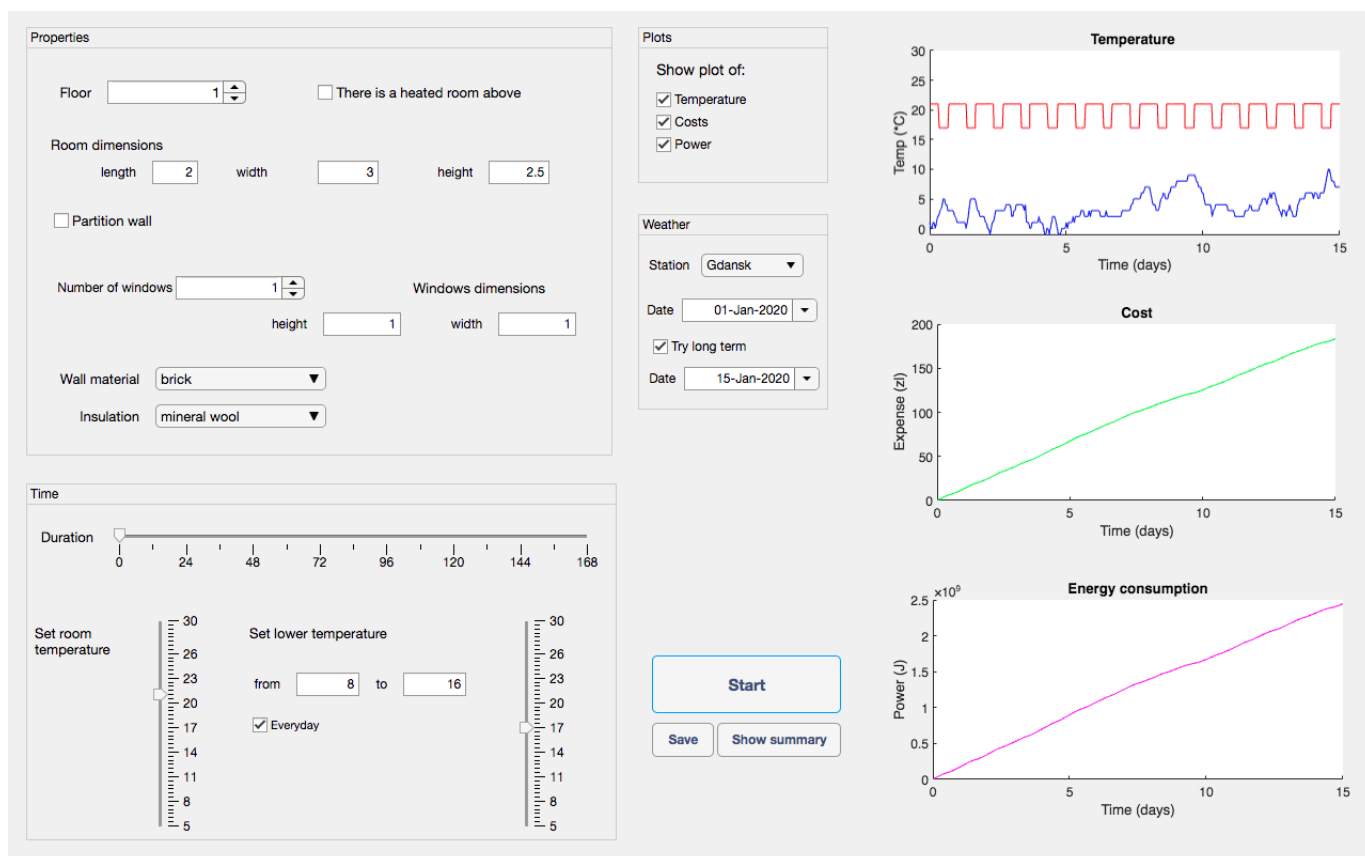
2.2 Aplikacja

Aplikacja została stworzona za pomocą MATLAB App Designer. Można w niej przeprowadzić symulacje z wykorzystaniem stworzonego przez nas modelu. Użytkownik ma możliwość wprowadzenia danych o swoim pomieszczeniu oraz innych czynnikach takich jak:

- wymiary pokoju,
- wymiary i ilość okien,
- występowaniu w projekcie pokoju ściany działowej o określonych wymiarach oraz czy znajduje się nad nim bądź pod nim ogrzewane pomieszczenie

- materiał z jakiego zbudowane są ściany, oraz ocieplenie,
- jaka temperatura w pokoju ma być utrzymywana, a także czy w określonych godzinach chcemy ją obniżyć,
- temperaturę w wybranych dniach z konkretnych stacji meteorologicznych,
- które z wykresów chcemy wyświetlać, temperatury, kosztów, ilości zużytego ciepła.

Aplikacja umożliwia symulowanie krótkoterminowe (wybraną ilość godzin jej trwania można ustawić suwakiem "Duration") oraz długoterminowe. Jeżeli użytkownik chce przeprowadzić dłuższą niż tydzień symulację może skorzystać z przycisku "Try long term". Po jej kliknięciu wyświetla się drugi kalendarz, który umożliwia wybór daty końca symulacji. Zastosowane API pogodowe pozwala na wybór dnia od 1.01.2008r. do dnia przed bieżącym.



Rysunek 3: Okno aplikacji

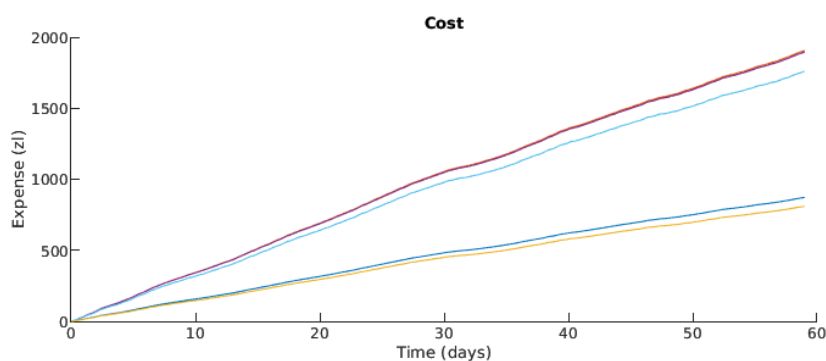
Jeżeli użytkownik nie poda koniecznych do przeprowadzenia danych to zostanie wyświetlony odpowiedni komunikat i symulacja się nie wykona. Gdy korzystając z symulacji krótkoterminowej użytkownik będzie chciał przeprowadzić symulację dla dni z przyszłości symulacja wyświetli się, ale zostanie skrócona do dnia przed bieżącym (wyświetli się również odpowiedni komunikat o tym informujący).

Po przeprowadzeniu symulacji możliwe jest również zapisanie końcowych wyników w celu wygodniejszego porównywania symulacji na różnych danych.

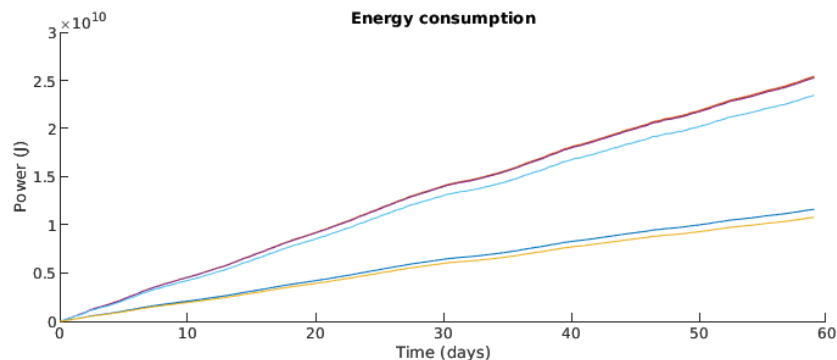
3 Wyniki symulacji

Do wyboru odpowiednich technik ogrzewania przeprowadziłyśmy szereg symulacji. Dotyczyły one pomieszczenia o wymiarach 6x5x2.5 m w okolicach Krakowa. Czas trwania symulacji to około dwa miesiące, średnia temperatura zewnętrzna 2.4°C , a optymalna temperatura w pomieszczeniu jaką chcemy utrzymać to 21°C .

Poniżej przedstawione zostały wyniki symulacji w formie wykresów dla rozkładu kosztów i zużytej przez piec energii na przestrzeni 60 dni.



Na początku (wykres czerwony) porównałyśmy czy lepszym materiałem będzie cegła, czy pustak. W zestawieniu tym wygrał pustak, koszt ogrzewania na przestrzeni dwóch miesięcy zmalał o ok. 11zł. Na wykresie różnica ta jest niemal niedostrzegalna (oba się nakładają), jednak należy wziąć pod uwagę skalę - uwzględniamy tu okres 2 miesięcy dla jednego pomieszczenia.



W następnych symulacjach już dla jednakowych materiałów budynku oraz ocieplenia (używałyśmy styropianu, który tak jak wełna mineralna zapewnia najmniejsze straty ciepła) sprawdzałyśmy jak zmieniają się koszty przy różnych technikach ogrzewania. Jeżeli w trakcie dnia w pomieszczeniu nikt nie przebywa, nie ma potrzeby, aby je ogrzewać. Ustalając obniżoną temperaturę na 8h (od 8 do 16) na 17°C przy testowanym przez nas pomieszczeniu można zaoszczędzić około 136 zł przez dwa miesiące (wykres jasnoniebieski). Obniżanie temperatury jest więc zdecydowanie opłacalne.

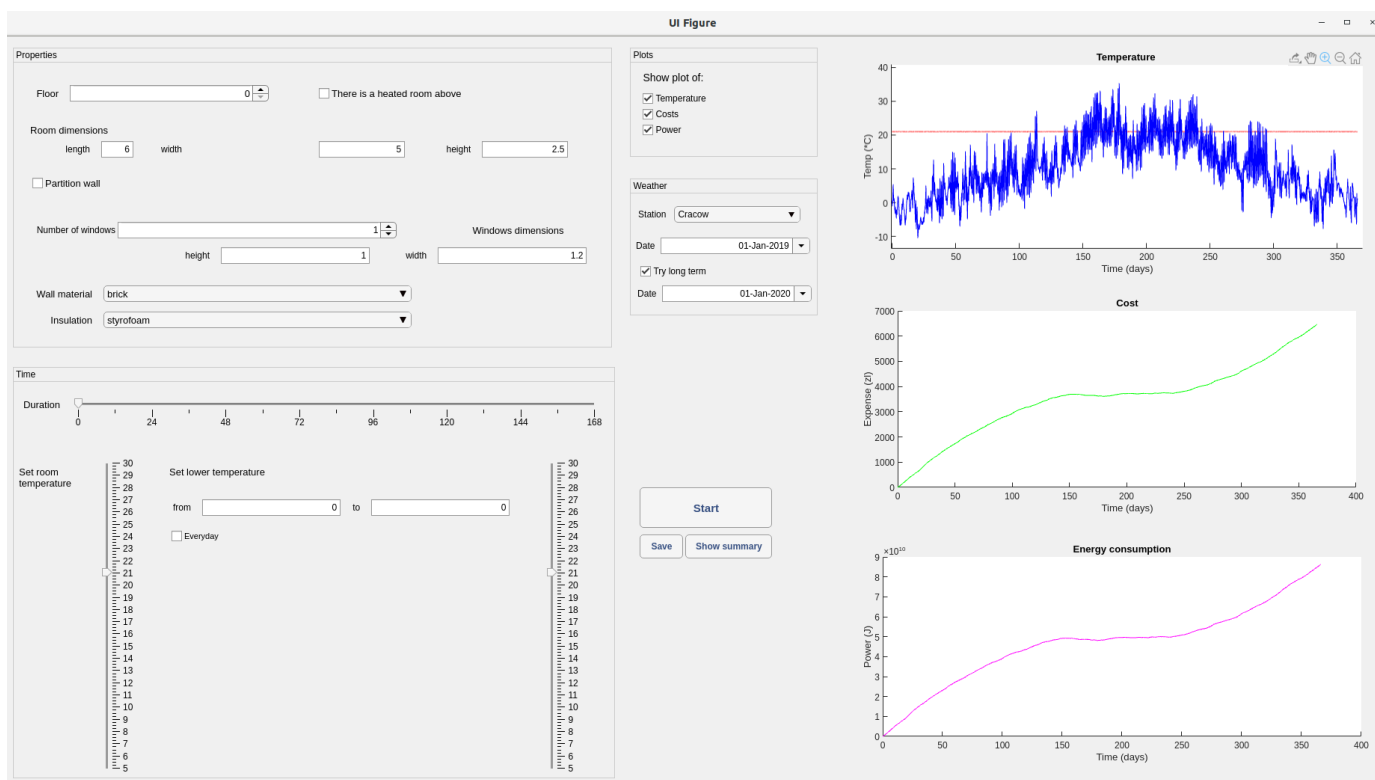
Trzecia symulacja pozwala sprawdzić jak ogrzewanie wygląda w przypadku, kiedy pomieszczenie ma ściany działowe (w naszym teście miały one powierzchnię 5m) oraz powyżej i poniżej znajduje się ogrzewane pomieszczenie. Koszty zmalały bardzo znacząco, w porównaniu do symulacji wcześniejszych o 888zł bez obniżania temperatury (wykres granatowy), oraz o 951zł z obniżaniem temperatury na 8h (wykres żółty). Możemy zatem zakładać, że przy budowie domu warto go zaprojektować jako zwartą bryłę, aby pomieszczenia przylegające do siebie traciły mniej ciepła. Jeżeli natomiast chodzi o mieszkania, warto wybierać takie, które będzie miało jak najmniej ścian bezpośrednio graniczących z otoczeniem zewnętrznym.

Wyniki wszystkich symulacji zestawione są w tabeli poniżej.

City	Outside temp($^{\circ}\text{C}$)	Room temp($^{\circ}\text{C}$)	Lower temp($^{\circ}\text{C}$)	Duration of lower	Size (partitional)	Windows	Windows size	Wall material	Insulation	Time (h)	Power (J)	Cost (zł)
Cracow	2.4320	21	21	0-0 (0h)	6x5x2.5 (0)	2	1x0.7	brick	styrofoam	1416	2.5429e+10	1907.20
Cracow	2.4320	21	21	0-0 (0h)	6x5x2.5 (0)	2	1x0.7	airbrick	styrofoam	1416	2.5282e+10	1896.10
Cracow	2.4320	21	17	8-16 (8h)	6x5x2.5 (0)	2	1x0.7	airbrick	styrofoam	1416	2.3466e+10	1760.00
Cracow	2.4320	21	17	0-0 (0h)	6x5x2.5 (5)	2	1x0.7	airbrick	styrofoam	1416	1.1634e+10	872.57
Cracow	2.4320	21	17	8-16 (8h)	6x5x2.5 (5)	2	1x0.7	airbrick	styrofoam	1416	1.0799e+10	809.92

Tabela 3: Zestawienie symulacji

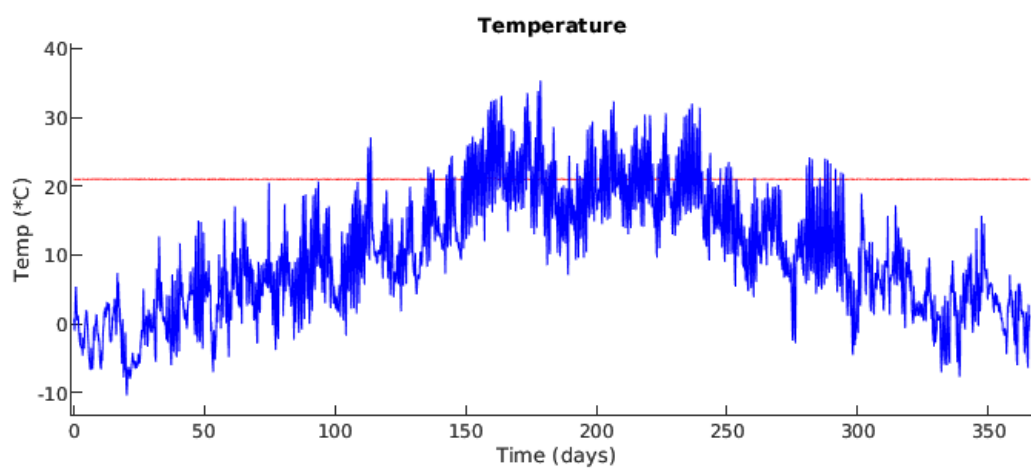
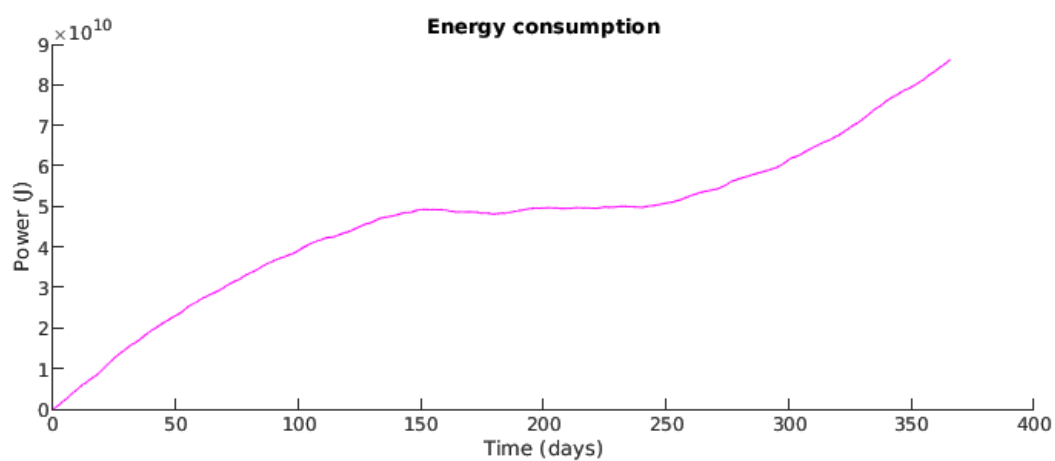
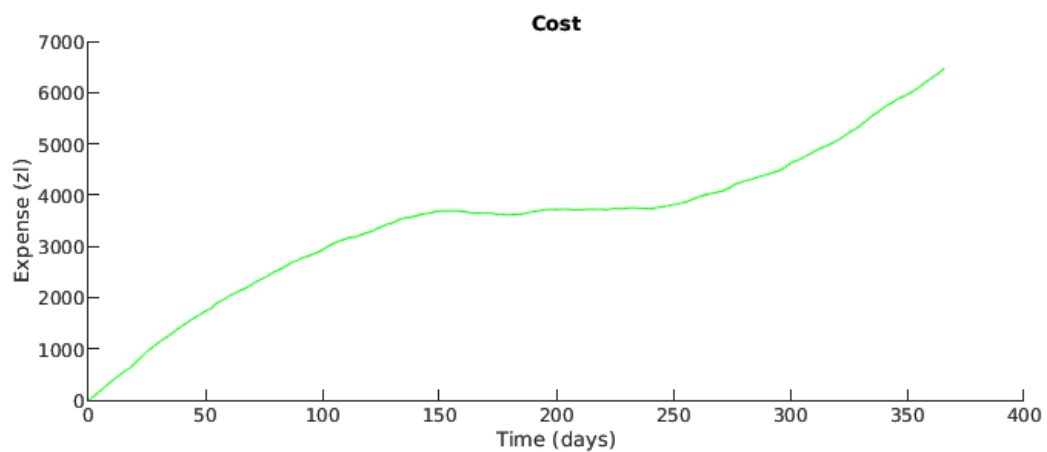
Dodatkowo postanowiliśmy sprawdzić jak przedstawi się zestawienie dla całego roku. Dzięki temu program mógłby służyć nie tylko sprawdzeniu, które materiały wypadają korzystniej, ale również wybraniu najlepszej strategii grzewczej na cały rok. Poniżej prezentujemy przykładowe wyniki takiej symulacji.



Rysunek 4: Okno aplikacji dla symulacji rocznej

Jak widać wyniki są realne. Między 150 a 300 dniem następuje okres kiedy ogrzewanie nie jest potrzebne, temperatury na zewnątrz przekraczają tą pożądaną przez nas w pokoju, więc wykres stabilizuje się na danej wartości. Im niższe temperatury są na zewnątrz, tym większą ilość energii wytwarza piec ogrzewający budynek i kosztą wzrastają.

Wykresy w przybliżeniu:



Wnioski

Stworzona przez nas aplikacja spełnia wyznaczone początkowo założenia. Umożliwia klientowi przy użyciu łatwego w użyciu interfejsu przeprowadzać różne symulacje, pozwalające na wybór odpowiednich materiałów do budowy, ocieplenia oraz doboru najbardziej opłacalnej techniki ogrzewania. Użyte API pogodowe, oraz korzystanie w modelu z informacji spełniających normy budowlane powoduje, że symulacja przedstawia realistyczne wyniki. Aplikacja mogłaby być dalej rozbudowywana w oparciu o aspekty już mniej wpływające na ocieplenie pomieszczenia, które nie były uwzględnione (opisane są w założeniach projektu), co jeszcze bardziej zwiększyłoby dokładność wyników.

Literatura

- [1] Jan Guzik: Instalacje centralnego ogrzewania. Krosno, 2015.
- [2] Krzysztof T. Januszkiewicz: Elektryczne akumulacyjne ogrzewanie pomieszczeń. Warszawa, 1998.
- [3] Krzysztof T. Januszkiewicz: Symulacja numeryczna pomieszczeń ogrzewanych elektrycznie
- [4] Piotr Bartkiewicz: Symulacje w projektowaniu systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, Inżynier budownictwa, kwiecień 2007, www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy_i_technologie,artykul,symulacje_w_projektowaniu_systemow_ogrzewania_wentylacji_i_klimatyzacji, 224
- [5] R. Górzeński, A. Górka, E. Szczechowiak: Wytyczne dotyczące algorytmu sterowania instalacjami grzewczymi w nieskoenergetycznym systemie LARS www.repozytorium.biblos.pk.edu.pl/redo/resources/31301/file/suwFiles/GorzenskiR_GuidelinesControl.pdf
- [6] J. Gembarovic, Martin Löffler, J. Gembarovic Jr.: Simple algorithm for temperature distribution calculations, Applied Mathematical Modelling, tom 28, rozdział 2, February 2004, s. 173-182 www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X0300129X
- [7] Jacek Gancarczyk: Jak policzyć straty ciepła uciekającego z mieszkania przez ściany, okna, drzwi, podłogę, strop, dach? www.pieniadzepodkontrola.pl/jak-policzyc-ile-ciepła-ucieka-z-mieszkania-przez-sciany-okna-drzwi-podloge-strop-dach/
- [8] <http://ceur-ws.org/Vol-923/paper08.pdf>
- [9] G. Gesella, A. Szeleziński, M. Szyfelbain, A. Muc: Automatyczne sterowanie temperaturą układu wytłaczarki i głowicy <https://sj.umg.edu.pl/sites/default/files/ZN374.pdf>
- [10] Współpraca regulatora pogodowego z pokojowym <https://instalreporter.pl/porady/wspolpraca-regulatora-pokojowego-z-pogodowym/>
- [11] Jak dopasować krzywą grzewczą <http://termomodernizacja.pl/7-porad-jak-dopasowac-krzywa-grzewcza/>