

Wojciech EDYKO¹

Opiekun naukowy: Marcin LEFIK²

REGULACJA TEMPERATURY Z WYKORZYSTANIEM STEROWNIKA PLC I LOGIKI ROZMYTEJ

Streszczenie: W artykule przedstawiono stanowisko przeznaczone do zbadania regulacji temperatury za pomocą logiki rozmytej oraz wyniki symulacji. Stanowisko składa się z modelu, sterownika PLC oraz aparatury elektrycznej potrzebnej do sterowania. W celu przedstawienia wyników badań wykorzystano panel operatorski.

Słowa kluczowe: Logika rozmyta, sterownik PLC

TEMPERATURE CONTROL USING A PLC AND FUZZY LOGIC

Summary: This article describe the stand consisting the model which was used to test fuzzy logic implemented to PLC which was response for temperature's regulation. The stand was divided on three parts: the model, PLC and electronic devices which were used to control the model. The results were presented on human-machine interface.

Keywords: Fuzzy logic, programmable logic controller

1. Wstęp

Temperatura jest miarą energii drgań wszystkich cząsteczek tworzących dany układ. Jest to średnia energia kinetyczna ruchu tych cząsteczek. Utrzymanie temperatury na optymalnym poziomie jest ważnym aspektem dla odpowiedniej wydajności pracy. Od niej zależne są nie tylko procesy produkcyjne, optymalna praca maszyn. Dlatego tak ważnym aspektem jest jej nieustanna kontrola i utrzymanie jej na odpowiednim poziomie. Dzięki temu można wydłużyć czas eksploatacji urządzeń oraz utrzymać ich wysoką wydajność.

Kontrolę temperatury i reakcje na jej zmiany zapewniają układy, które są w stanie zarówno dokonać analizy pomiaru temperatury oraz podjąć odpowiednie kroki, zapewniające jej stałą wartość. W tym celu w przemyśle zaczęto stosować regulatory.

¹ Politechnika Łódzka, Wydział Elektroniki, Elektrotechniki, Informatyki i Automatyki, Kierunek: Mechatronika, wojciechedyko@gmail.com

² dr inż., Politechnika Łódzka, Wydział Elektroniki, Elektrotechniki, Informatyki i Automatyki, marcin.lefik@p.lodz.pl

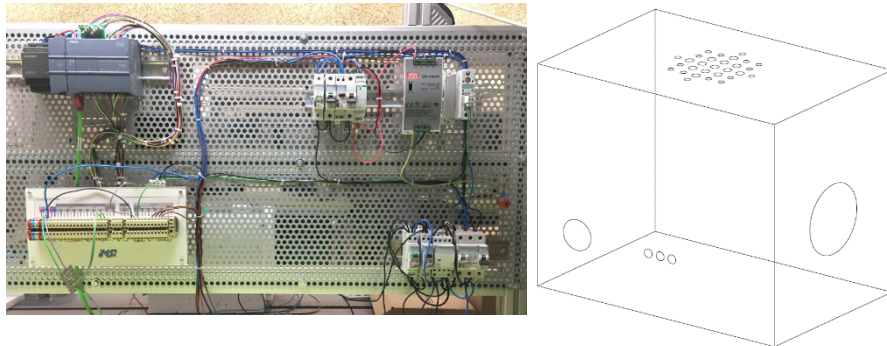
Jako regulator temperatury bardzo często wykorzystywany jest regulator PID (regulator proporcjonalno-całkująco-różniczkujący). Wraz z rozwojem techniki szukano innych opcji regulacji newralgicznych etapów procesu. Tu właśnie swoje zastosowanie znajduje logika rozmyta. Jej działanie jest bardzo podobne do regulatora PID. Podczas procesu wnioskowania porównuje ona wartość zmierzoną z wartością zadaną i wyciąga wnioski za pomocą bazy reguł. Jednak jedną z jej zalet jest to, że do stworzenia działającego precyzyjnie i płynnie układu regulacji nie jest wymagana szczegółowa wiedza z zakresu danego procesu.

Celem pracy było wykonanie w pełni funkcjonalnego stanowiska, za pomocą którego będzie można zasymulować regulację temperatury za pomocą logiki rozmytej. W skład stanowiska wchodzi: model o zamkniętej objętości, sterownik PLC (programowalny sterownik logiczny) oraz aparaty elektryczne niezbędne do poprawnego działania układu.

Logika rozmyta działa na zasadzie porównania przynależności do danej grupy i na tej zasadzie podejmuje decyzje co ma nastąpić. W pewnym sensie można ją traktować jako uogólnienie logiki klasycznej, ponieważ modeluje ona zjawiska nieprecyzyjnie. Logika klasyczna kieruje się dwoma prawami: „prawo niesprzeczności” i „prawo wyłączonego środka”. Mówią one o tym, że dany element może należeć tylko do zbioru lub jego dopełnienia, nie może należeć do obu jednocześnie. Natomiast dzięki logice rozmytej można określić przynależność do danego zbioru, przez co element może jednocześnie należeć do zbioru i dopełnienia. Dzięki czemu możliwe jest o wiele precyzyjniejsze sterowanie, ponieważ można wykorzystać cały zakres mocy, energii urządzenia w zależności od potrzeby. Jest to ważny aspekt szczególnie kiedy potrzeba zamodelować potoczne określenia jak np. „bardzo daleko”, „trochę w prawo”, „ciut do góry”. Korzystając z logiki klasycznej nie jest się w stanie określić, przypisać wartości przymiotnikom czy przysłówkom, możliwymi wyborami są jedynie stany skrajne. Dzięki logikom wielowartościowym istnieje możliwość określenia na przykład co znaczy stwierdzenie „szybko”. W zależności od sytuacji wartość przypisana dla tego stwierdzenia będzie miała inną wartość w odniesieniu do samochodu, a inną do idącego czy biegnącego człowieka. Daje nam to możliwość sprecyzowania opisu i przelania go na papier.

2. Stanowisko

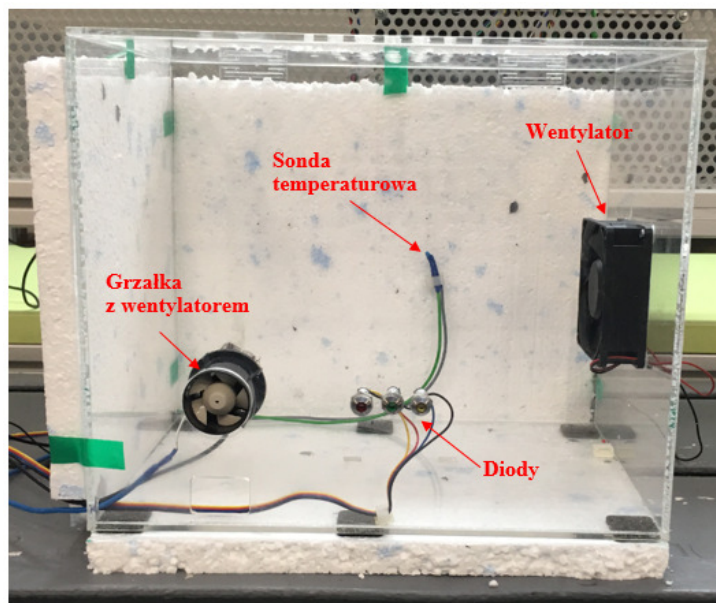
W celu przedstawienia w sposób praktyczny regulacji temperatury za pomocą logiki rozmytej zostało wykonane stanowisko badawcze, za pomocą którego można przeprowadzić doświadczenie. W jego skład wchodziły: obiekt o zamkniętej objętości, wewnątrz którego zostało zamontowane konieczne oprzyrządowanie, sterownik PLC i aparat elektryczny.



Rysunek 1. Po lewej zdjęcie aparatury elektrycznej oraz sterownika PLC, po prawej rysunek modelu badawczego

2.1. Model

Jako obiekt doświadczalny został wykorzystany prostopadłościan wykonany z pleksi o zamkniętej objętości, w którym zostały wykonane niezbędne otwory do umocowania potrzebnych elementów: sondy temperaturowej, grzałki, wentylatora oraz 3 diod.



Rysunek 2. Zdjęcie rzeczywistego modelu wraz z opisami elementów w nim zamontowanych

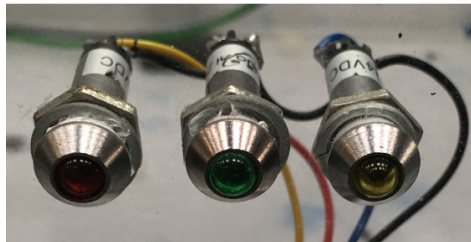
Elementy te miały na celu dostarczenie danych wejściowych do sterownika PLC oraz wykonują jego polecenia. W tym celu w modelu zainstalowano:

- Sonda temperaturowa – dostarcza do sterownika informacje o temperaturze wewnątrz modelu. W modelu zastosowano termistor o rezystancji 10k Ω .



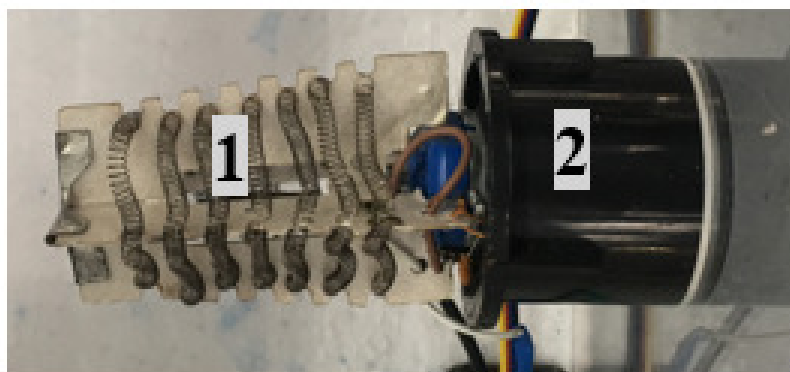
Rysunek 3. Zastosowana sonda temperaturowa

- Trzy diody (kolor żółty, zielony oraz czerwony) – pełnią rolę informacyjną na temat stanu pracy układu. Każdy kolor diody odpowiadał za poszczególne etapy symulacji, kolor czerwony oznaczał, że temperatura wewnątrz modelu jest wyższa niż zadana i pracuje wentylator, kolor żółty, że sytuacja jest odwrotna i pracuje grzałka oraz kolor zielony informujący o równowadze temperaturowej.
-



Rysunek 4. Zdjęcie zamontowanych w modelu diod

- Grzałka z wbudowanym wentylatorem – element wykonawczy. Element ten został wymontowany z suszarki do włosów. Moc urządzenia odczytana z tabliczki znamionowej wynosiła 220W. W celu dodatkowej kontroli został zmierzony prąd pobierany przez grzałkę, wyniósł on 1A oraz rezystancja grzałki, która miała wartość 0,5 Ω . Jednak aby sterowanie mogło odbywać się za pomocą logiki rozmytej układ grzewczy musiał zostać wyposażony w aparat elektryczny, który pozwoli na płynną regulację napięcia zasilającego. W tym celu zastosowano stycznik półprzewodnikowy. Sterowanie stycznikiem odbywało się za pomocą sygnału PWM (ang. Pulse-Width Modulation).



Rysunek 5. Zdjęcie przedstawiające grzałkę (1) raz wbudowany wentylator (2)

- Wentylator – element wykonawczy. Za obniżanie temperatury wewnątrz modelu odpowiedzialny był wentylator, który wyciągał powietrze z wnętrza obiektu, za doprowadzenie chłodnego powietrza odpowiadała seria otworów wykonana w pokrywie. Dobry wentylator to produkt firmy Sunon. W celu uniknięcia przeciążenia wyjście sterownika PLC wentylator został podłączony do oddzielnego źródła energii, za jego sterowanie jest odpowiedni przekaźnik sterowany przez PLC.

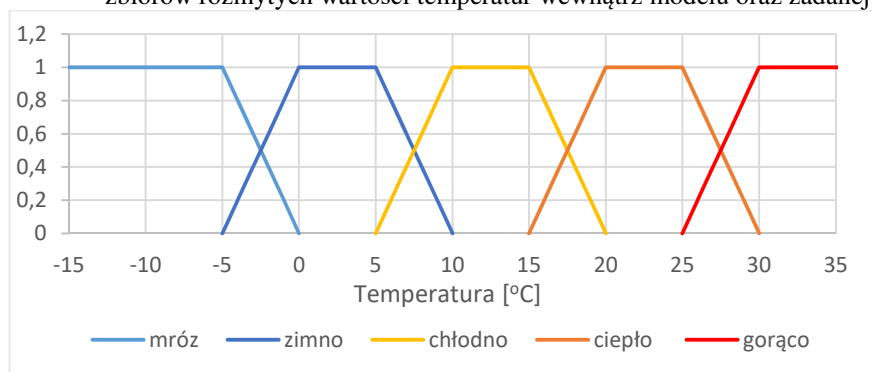


Rysunek 6. Zastosowany wentylator [6]

3. Program

Program sterujący został napisany w języku LAD w programie Tia Portal. Został on podzielony na dziewięć części – kolejne sieci. Odpowiadają one kolejno za:

- Sieć 1 – przypisanie wartości temperatury zadanej na panelu operatorskim.
- Sieć 2 – odczytanie wartości wejścia analogowego oraz przekonwertowanie jej na wartość rezystancji sondy temperaturowej.
- Sieć 3 – blok funkcyjny odpowiadający za wyzerowanie wszystkich tablic
- Sieć 4 – dwa bloki funkcyjne mające na celu przypisanie do odpowiednich zbiorów rozmytych wartości temperatur wewnątrz modelu oraz zadanej.



Rysunek 7. Graficzne przedstawienie zdefiniowanych zbiorów rozmytych

- Sieć 5 – blok funkcyjny odpowiadający za sprawdzenie relacji między temperaturami.
- Sieć 6 – blok funkcyjny zawierający bazę reguł, składa się ona z 5 grup:

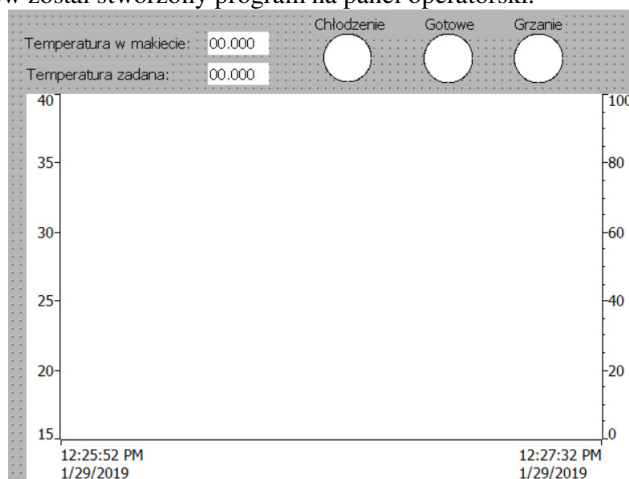
Tabela 1. Zawiera zestawienie grup wchodzących w bazę reguł.

Grupa 1	ten sam zbiór	temperatura odczytana	mróz	zimno	chłodno	ciepło	gorąco		
		temperatura zadana	mróz	zimno	chłodno	ciepło	gorąco		
Grupa 2	zbiory sąsiadujące	temperatura odczytana	mróz	zimno	zimno	chłodno	chłodno	ciepło	ciepło
		temperatura zadana	zimno	mróz	chłodno	zimno	ciepło	chłodno	gorąco
Grupa 3	Δ zbiorów = 1	temperatura odczytana	mróz	zimno	chłodno	chłodno	ciepło	gorąco	
		temperatura zadana	chłodno	ciepło	mróz	gorąco	zimno	chłodno	
Grupa 4	Δ zbiorów = 2	temperatura odczytana	mróz	zimno	ciepło	gorąco			
		temperatura zadana	ciepło	gorąco	mróz	zimno			
Grupa 5	Δ zbiorów = 3	temperatura odczytana	mróz	gorąco					
		temperatura zadana	gorąco	mróz					

- Sieć 7 – blok funkcyjny, odpowiada za obliczenie mocy grzałki oraz za wysłanie sygnałów do elementów wykonawczych
- Sieć 8 – odpowiada za przekonwertowanie oraz przypisanie do odpowiedniego wyjścia wartości współczynnika wypełnienia sygnału PWM.
- Sieć 9 – przypisanie wartości temperatur zadanej oraz wewnątrz modelu do odpowiednich tagów, które są wykorzystywane do tworzenia wykresu na panelu operatorskim.

4. Test stanowiska

Po wykonaniu wszystkich prac zarówno programistycznych, jak i montażowych stworzony model został poddany testom. Aby móc zobaczyć przebieg oraz zapisać wyniki testów został stworzony program na panel operatorski.



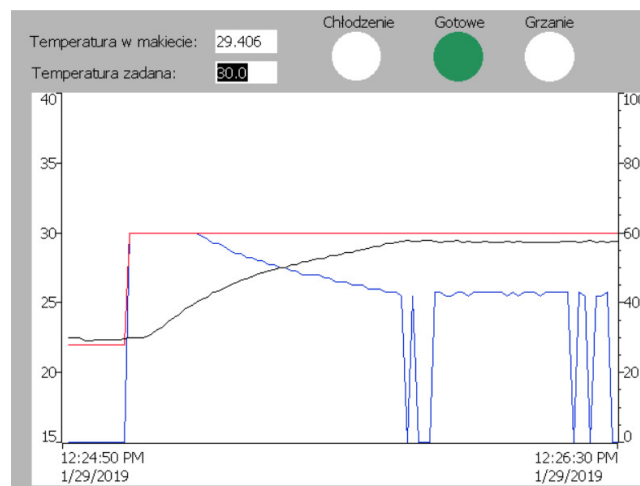
Rysunek 8. Projekt panelu operatorskiego

Na rysunku 8 został pokazany wygląd panelu operatorskiego. Podczas pracy za jego pomocą można sprawdzić stan pracy modelu, temperaturę wewnątrz oraz zadać temperaturę. W części centralnej natomiast znajduje się wykres, przedstawiający trzy charakterystyki, których legenda została przedstawiona w tabeli 2.

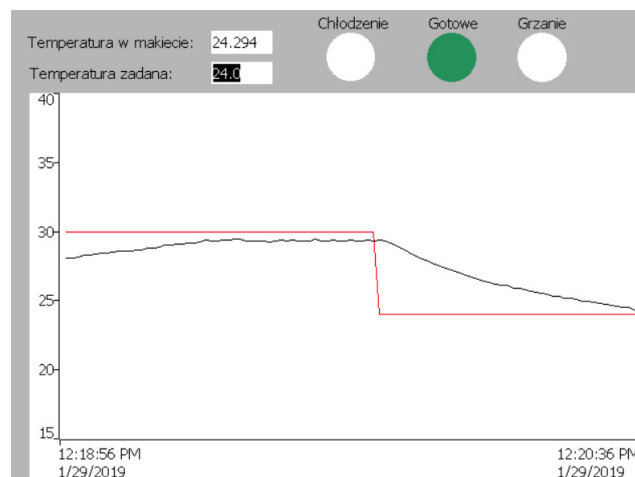
Tabela 2. Legenda do wykresu.

Charakterystyka	Kolor wykresy
Temperatura wewnątrz makiety	Czarny
Temperatura zadana	Czerwony
Współczynnik wypełnienia sygnału PWM	Niebieski

Na rysunku 9 został przedstawiony proces grzania modelu, natomiast na rysunku 10 proces chłodzenia.



Rysunek 9. Wygląd panelu operatorskiego podczas proces grzania



Rysunek 10. Wygląd panelu operatorskiego podczas proces chłodzenia

5. Uwagi i wnioski

Przygotowany model wykazał, że sterowanie temperaturą za pomocą logiki rozmytej jest skuteczne. Program na bieżąco analizuje relacje między temperaturą wewnątrz modelu oraz zadaną i na tej podstawie uaktualnia stany wyjść.

Istnieje też wiele możliwości ulepszenia stanowiska. Pierwszym z nich mogłaby być zmiana sposobu regulacji pracy wentylatora, aby podobnie do układu grzewczego móc sterować go za pomocą sygnału PWM. W celu poprawy odczytu temperatury można zwiększyć liczbę sond temperaturowych wewnątrz modelu aby regulacja pracą elementem grzewczym czy wentylatorem została oparta na średniej z kilku czujników co mogłoby przełożyć się na bardziej rzeczywiste odwzorowanie rozkładu temperatury w modelu. Ostatnim aspektem, który można zmodyfikować jest system chłodzenia. Sam wentylator działa sprawnie jednak temperatura minimalna do jakiej może obniżyć temperaturę jest ograniczona przez otoczenie. W tym celu można odwrócić wentylator (aby pompował powietrze do wnętrza modelu, a nie je wyciągał) i dodać wymiennik ciepła przed wentylatorem dzięki czemu temperatura powietrza dostarczanego do wnętrza zostałaby obniżona.

LITERATURA

1. KWAŚNIEWSKI J.: Programowalny sterownik SIMATIC S7-300, Legionowo: BTC, 2009.
2. WIERZCHOŃ S. T. Elementy teorii zbiorów rozmytych. Materiał udostępniony na prawach rękopisu, 9 Kwiecień 2009. [Online].
3. FICOŃ K.: Zastosowanie rozmytych sterowników Mamdaniego do określania ryzyka wieloczynnikowego, Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej Rok LIV Nr 3 (194) 2013, 2013.
4. BUTKIEWICZ B. S.: Układy rozmyte, część 1, Elektronika Praktyczna, Marzec 2000.
5. SINGNERSKA J., BARTOSZEK K.: Logika rozmyta, 18 Marzec 2006. [Online].
6. Serwis internetowy: <https://www.tme.eu> .