

SYSTEM DIAGNOSTYCZNY UKŁADU AUTOMATYCZNEJ REGULACJI PARAMETRÓW ATMOSFERY W OBIEKCIE ZAMKNIĘTYM

Streszczenie: W pracy zaprezentowano założenia i koncepcję układu automatycznej regulacji parametrów atmosfery w obiekcie zamkniętym. Przedstawiono również metodę dynamicznych tablic stanu przeznaczoną do diagnozowania układów automatyki i procesów przemysłowych. W celu weryfikacji zastosowanych rozwiązań i metod zaprezentowano układ laboratoryjny.

Diagnostic system for automatic regulation machine of atmosphere parametrs into isolate object

Abstract: Assumptions and the idea of automatic regulation machine of atmosphere parametrs into isolate object were presented in this paper. The method of dynamic state tables was presented too. The practical usage was shown on the laboratorial system.

1. WSTĘP

Jedną z klas obiektów stanowią obiekty zamknięte. Dla których sprawą najistotniejszą jest zapewnienie stałości lub kontrolowanych zmian wybranych parametrów wypełniających je gazów (atmosfera). Do klasy tej należą [1, 2]:

- obiekty szklarniowe;
- pomieszczenia magazynowe (w szczególności magazyny rakiet bojowych);
- kabiny wozów bojowych i specjalnych;
- pomieszczenia produkcji specjalnej;
- hale fabryczne.

Do utrzymania wymaganych warunków wykorzystuje się układy automatycznej regulacji, najczęściej wielowymiarowe. Związane to jest z koniecznością uwzględnienia sprzężeń wzajemnych między wielkościami regulowanymi.

Wymagania wysokiej jakości układów i procesów regulacji wymuszają [4] stosowanie systemów diagnozujących zawierających następujące elementy:

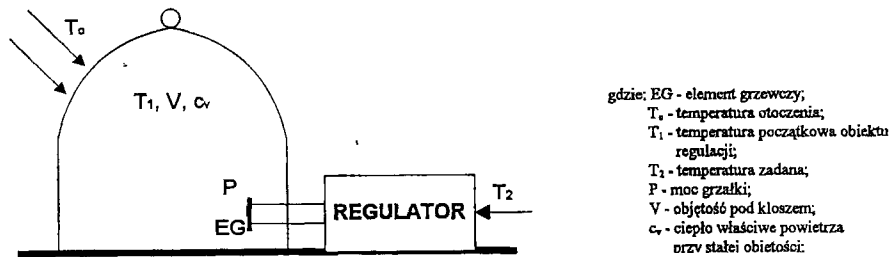
- wielostopniowe układy alarmów związanych ze stanami niebezpiecznymi lub zagrożeniami;
- podsystem diagnozujący układy automatycznej regulacji;
- układ tolerowania błędów układów automatycznej regulacji;
- układ monitorowania rejestrujący zmiany parametrów i proces regulacji.

Spełnienie powyższych wymagań nie jest możliwe bez zastosowania mikrokomputera, gdyż priorytetem jest praca układu on-line. Jest to szczególnie ważne w diagnostyce układów

automatyki i procesów przemysłowych, gdzie wartości zmiennych procesowych charakteryzują się dużą dynamiką zmian.

2. UKŁAD AUTOMATYCZNEJ REGULACJI

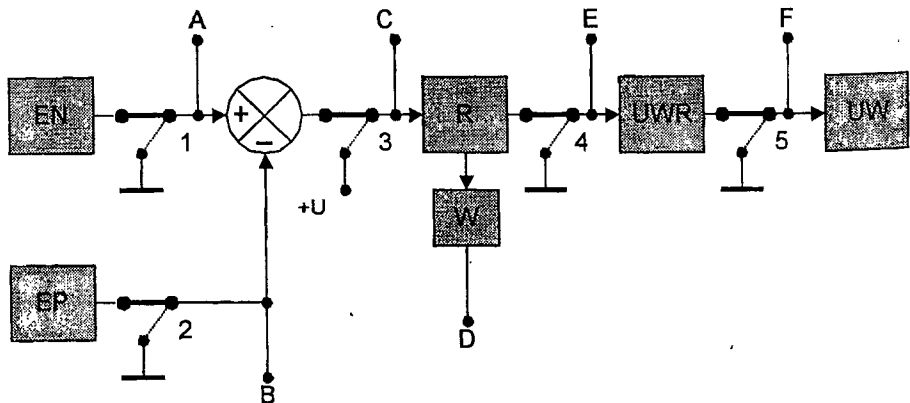
Koncepcję rozwiązania postawionego zadania oparto o wykonanie układu automatycznej regulacji temperatury [6]. Zadaniem tego układu jest utrzymanie wewnątrz szklanego pojemnika (rys. 1) zadanej temperatury T_1 , wyższej od temperatury otoczenia T_0 . Układ regulacji jest monitorowany przez komputer. W tym celu, w wykonanym układzie regulacji wyróżniono punkty pomiarowe (rys. 2), które pozwolą dozorować proces regulacji i ocenić stan techniczny układu.



Rys. 1. Model obiektu regulacji

Zastosowane dodatkowo czujniki:

- wilgotności;
 - ciśnienia;
 - natężenia promieniowania świetlnego,
- dostarczające informacji, które pozwalają na ocenę wpływu zmian temperatury na pozostałe parametry klimatu.



Rys. 2. Schemat blokowy UAR z układem symulowania niezdatności

Do przeprowadzenia prób laboratoryjnych konieczne jest zastosowanie układu symulacyjnego (rys. 2), który ma zadanie modelować niektóre niezdatności elementów układu automatycznej regulacji:

- czujnika pomiarowego;
- elementu nastawczego;
- sumatora i regulatora;
- elementu wykonawczego.

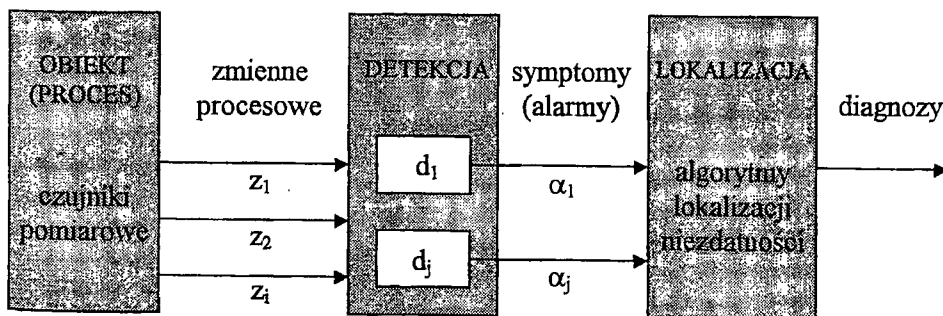
Mimo znacznego rozwoju programowalnych układów regulacji w omawianym układzie zastosowano nieskomplikowany regulator, którego charakterystykę można dostosować do konkretnego obiektu. Przy wyborze decydujące znaczenie miało założenie, że układ przeznaczony będzie do zajęć dydaktycznych.

3. METODA DIAGNOZOWANIA

Układy automatycznej regulacji, podobnie jak inne obiekty, podlegają procesom zużycia i starzenia, w wyniku których następują uszkodzenia, a w ich następstwie stany niezdatności. Dlatego coraz większego znaczenia nabierają zagadnienia diagnozowania [5]. Jedną z metod przeznaczonych do diagnozowania układów automatyki jest metoda dynamicznych tablic stanu [3].

Proces diagnozowania obiektu składa się z detekcji i lokalizacji niezdatności. Detekcja niezdatności (fault detection) jest prowadzona na podstawie mierzonych wartości zmiennych procesowych $z_i \in Z$. Faza detekcji kończy się z chwilą wykrycia symptomów niezdatności sygnalizowanych w postaci alarmów. Alarmy te wskazują na nieprawidłowości w działaniu obiektu lecz nie określają ich przyczyn. Często wiele różnych niezdatności może być powodem występowania tego samego symptomu, natomiast każda niezdatność wywołuje szereg różnych symptomów. Działanie podejmowane w celu wykrycia pojedynczego symptomu zwane jest sprawdzeniem diagnostycznym.

Lokalizacja niezdatności (fault isolation) jest prowadzona na podstawie zbioru wyników sprawdzeń diagnostycznych. Algorytm lokalizacji bazuje na relacji pomiędzy niezdatnościami i ich symptomami. Efektem końcowym fazy lokalizacji niezdatności jest wypracowanie diagnozy wskazującej niezdatności istniejące w systemie.



Rys. 3. Schemat procesu diagnozowania

Obiektowi diagnozowania (układ automatycznej regulacji badany w ćwiczeniu) odpowiada zbiór niezdatności (tabela 1):

$$E = \{e_k: k = 1, 2, \dots, K\} \quad (1)$$

zawierający niezdatności urządzeń pomiarowych i wykonawczych, oraz komponentów układu automatyki, które powinny być wykrywane i lokalizowane przez system diagnostyczny.

Tabela 1. Zbiór niezdatności UAR.

e_k	Zbiór niezdatności
e_1	niezdatność elementu pomiarowego
e_2	niezdatność nadajnika wartości zadanej
e_3	niezdatność sumatora
e_4	niezdatność regulatora
e_5	niezdatność urządzenia wykonawczego

Występujące niezdatności $e_k \in E$ wykrywane są przez sprawdzenia diagnostyczne uruchamiane w trybie on-line przez system diagnostyczny.

Do wykrywania niezdatności niezbędne jest dysponowanie wartościami zmiennych procesowych, tworzących zbiór (tabela 2):

$$Z = \{z_i: i = 1, 2, \dots, I\} \quad (2)$$

Tabela 2. Zbiór zmiennych procesowych.

z_i	Zbiór zmiennych procesowych
z_1	sygnał wyjściowy nadajnika wartości zadanej, pkt. A
z_2	napięcie proporcjonalne do mierzonej temperatury, pkt. B
z_3	napięcie wyjściowe sumatora, pkt. C
z_4	napięcie w punkcie D
z_5	napięcie wyjściowe regulatora, pkt. E
z_6	napięcie wyjściowe układu wyjściowego regulatora, pkt. F

Pod pojęciem sprawdzenia diagnostycznego d_j rozumiany jest ciąg operacji wykonywanych przez oprogramowanie na wartościach zmiennych procesowych, w celu sprawdzenia poprawności działania określonej części obiektu diagnozowania. W celu lokalizacji niezdatności wykorzystywany jest zbiór sprawdzeń diagnostycznych (tabela 3):

$$D = \{d_j: j = 1, 2, \dots, J\} \quad (3)$$

Tabela 3. Zbiór sprawdzeń diagnostycznych.

d_j	Algorytm sprawdzenia	Reguła decyzji.
d_1	$r_1 = z_1$	$K_1 < r_1 < K_2$
d_2	$r_2 = z_2$	$K_3 < r_2 < K_4$
d_3	$r_3 = 10 - \frac{z_3}{z_1 - z_2}$	$ r_3 < K_5$
d_4	$r_4 = z_4$	$ r_4 > K_6$
d_5	$r_5 = 9 \cdot z_3 + z_5$	$ r_5 < K_7$
d_6	$r_6 = z_6$	$ r_6 > K_8$

Wartości parametrów K_i dobrane są zależnie od wiedzy posiadanej o obiekcie diagnozowania. Dla badanego układu wynoszą:

$$K_1=150\text{mV}, \quad K_2=450\text{mV}, \quad K_3=150\text{mV}, \quad K_4=450\text{mV}, \\ K_5=1, \quad K_6=100\text{mV}, \quad K_7=200\text{mV}, \quad K_8=200\text{mV}.$$

Algorytm sprawdzenia składa się z części detekcyjnej oraz części decyzyjnej, która na podstawie wyników tych obliczeń i przyjętych zasad wnioskowania określa wynik sprawdzenia α_j w następujący sposób:

$$\alpha_j = \begin{cases} 0 - \text{pozytywny wynik sprawdzenia} \\ 1 - \text{negatywny wynik sprawdzenia} \end{cases} \quad (4)$$

Poprzez przyporządkowanie każdemu sprawdzeniu $d_j \in D$ podzbioru niezdatności $E(d_j)$, które są kontrolowane przez to sprawdzenie:

$$E(d_j) = \{e_k \in E: d_j R_{DE} e_k\} \quad (5)$$

zostaje określona relacja R_{DE} . Macierz relacji R_{DE} (tabela 4) znana jest także pod pojęciem tablicy sprawdzeń lub macierzy diagnostycznej.

Tabela 4. Macierz relacji R_{DE} .

D \ E	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	e ₅
d ₁		1			
d ₂	1				
d ₃			1		
d ₄			1	1	1
d ₅				1	
d ₆				1	

Na podstawie macierzy można łatwo sprawdzić, czy możliwe jest wykrycie wszystkich niezdatności $e_k \in E$.

Tabela 5. Macierz relacji R_{DZ} .

D \ Z	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z ₅	z ₆
d ₁	1					
d ₂		1				
d ₃	1	1	1			
d ₄				1		
d ₅			1		1	
d ₆						1

Relacja R_{DZ} przedstawiona w tabeli 5 określa zmienne procesowe z_i wykorzystywane przez sprawdzenie d_j .

4. WYNIKI BADAŃ

Przedstawiony układ automatycznej regulacji pozwala dzięki wyróżnionym punktom pomiarowym (rys. 2) dozorować proces regulacji i ocenić stan techniczny układu. Przykładowe wartości pomierzonych wielkości przedstawia tabela 6.

Tabela 6. Wyniki pomiarów w zdnym układzie.

CZAS	U _A	U _B	U _C	U _D	U _E	U _F	T
[min]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[°C]
0	0,300	0,211	-0,85	3,5	7,8	11,5	21
2	0,300	0,243	-0,55	5,5	4,9	11,5	24
4	0,300	0,282	-0,21	6,7	1,8	-11,5	28
6	0,300	0,315	0,12	4,2	-0,9	-11,5	31
7	0,300	0,306	0,05	-2,1	-0,4	-11,5	30
8	0,300	0,298	-0,01	-1,7	0,1	11,5	30

Tabela 7. Wyniki pomiarów dla symulowanej niezdatności regulatora.

CZAS	U _A	U _B	U _C	U _D	U _E	U _F	T
[min]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[°C]
0	0,350	0,223	-1,18	4,5	5	11,5	22
2	0,350	0,251	-0,98	5,4	5	11,5	25
4	0,350	0,288	-0,56	6,3	5	11,5	29
6	0,350	0,332	-0,19	5,9	5	11,5	33
8	0,350	0,361	0,10	4,7	5	11,5	36

Analizując wyniki pomiarów w tabeli 7 można zauważyć, że prawdopodobnie układ nie działa poprawnie. W układzie symulowana jest niezdatność regulatora. Dla pomiarów wykonanych w 6-jej minucie użytkownik został poinformowany przez program o niezdatności. Informacja o niezdatności regulatora powtarza się dla następnych pomiarów.

W tabeli 8 zawarte są wyniki pomiarowe dla symulowanej niezdatności elementu pomiarowego. W tym przypadku stan niezdatności został stwierdzony już przy pierwszym pomiarze.

Tabela 8. Wyniki pomiarów dla symulowanej niezdatności elementu pomiarowego.

CZAS	U _A	U _B	U _C	U _D	U _E	U _F	T
[min]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[°C]
0	0,300	0,0	-2,91	1,6	11,5	11,5	21
2	0,300	0,0	-2,93	1,5	11,5	11,5	21
4	0,300	0,0	-2,92	1,6	11,5	11,5	21

Uzyskanie odpowiednich wyników diagnozowania jest szczególnie uzależnione od opracowanego oprogramowania diagnostycznego. Podkreślić należy decydujące znaczenie

danych zawartych w diagnostycznej bazie danych oraz formy zapisu reguł, np.: "jeśli nastąpił symptom α_i , to możliwą jego przyczyną jest uszkodzenie e_k lub $e_m \dots$ lub e_n ".

5. PODSUMOWANIE

Uwzględniając dynamikę układów regulacji, szczególną uwagę zwrócono na metodę dynamicznych tablic stanu, dostosowaną do diagnozowania on-line. Oprócz niezdatności elementów obiektu, uwzględnia ona błędy obsługi, nieprawidłowe stany procesu, zanik energii lub strumienia surowców [3]. Ponadto wprowadzone czasy symptomów umożliwiają uwzględnienie dynamiki rozprzestrzeniania się symptomów niezdatności i uniknięcie tym samym błędnych diagnoz.

Należy zwrócić uwagę, że w trakcie określania relacji R_{DE} dla zaprojektowanego zbioru sprawdzeń diagnostycznych zachodzi zwykle konieczność modyfikacji wstępnie przyjętego zbioru możliwych niezdatności E . Ma to miejsce w przypadku, gdy sprawdzenia kontrolują nie wszystkie rodzaje niezdatności danego urządzenia, lecz tylko ich część, a w zbiorze niezdatności wyróżniono wyłącznie niezdatność tego elementu zamiast podzbioru niezdatności odpowiadających poszczególnym rodzajom uszkodzeń. Możliwe jest oczywiście wstępne wyróżnienie dla wszystkich elementów obiektu zarówno uszkodzeń katastroficznych, jak też parametrycznych. Zwiększa to jednak moc zbioru niezdatności, z których znaczna część nie może być rozróżniona w procesie diagnozowania. Oczywiście podstawowym wymogiem jest dobra znajomość obiektu, posiadanie opisu jego struktury, uwzględniającej wzajemne oddziaływanie elementów składowych. Pozwala to na zastosowanie ogólnych reguł wnioskowania diagnostycznego wykorzystujących dane o obiekcie zawarte w bazie wiedzy i deklarowane w trybie on-line.

LITERATURA

- [1] Bis J., Dudziński J., *Automat szklarniowy do dozoru środowiska*. Materiały III Krajowej Konferencji „Diagnostyka Techniczna Urządzeń i Systemów –DIAG'95”, str. 15-22, Szczyrk.
- [2] Tomkiewicz K., *System monitorowania i diagnozowania środowiska w gospodarstwie szklarniowym*. Materiały I Krajowej Konferencji „Diagnostyka Procesów Przemysłowych”, str. 205-208, Podkowa Leśna 1996.
- [3] Kościelny J.M., *Diagnostyka ciągłych zautomatyzowanych procesów przemysłowych metodą dynamicznych tablic stanu*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, seria Elektronika, z.95. Warszawa 1991.
- [4] Kościelny J.M., Wasiewicz P., *Diagnostyka układów regulacji. Wrażliwość na zmiany sygnałów mierzonych*. Materiały I Krajowej Konferencji „Diagnostyka Procesów Przemysłowych”, Podkowa Leśna 1996.
- [5] Królikowski A., Zielonko R., *Metody pomiarowo - diagnostyczne analogowych układów elektronicznych*. WNT Warszawa 1988.
- [6] Jaskólski A., *Układ automatycznej regulacji klimatu*. Praca magisterska WAT 1997.