

## Dodatek B

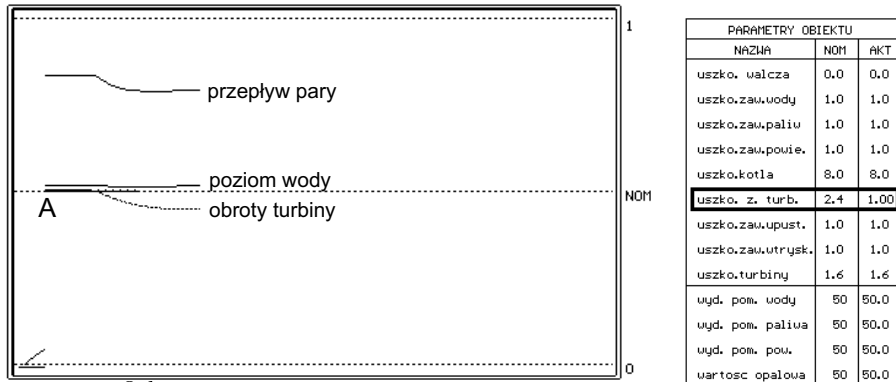
# Opis badań wykonanych w ramach eksperymentu numerycznego

Proces testowania omawianego systemu diagnostycznego polegał na wprowadzeniu kilku wybranych uszkodzeń i zarejestrowaniu odpowiedzi systemu. Wyniki testów przedstawiono w postaci rejestrów odpowiedzi symulatora elektrowni cieplnej, przykładowych odpowiedzi systemu ekspertowego oraz kilku reguł, z których korzysta system w procesie wnioskowania [196].

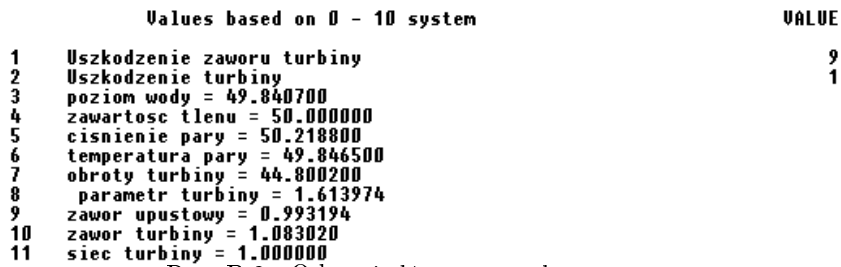
### B.1. Detekcja uszkodzenia zaworu turbiny

Jako pierwsze wprowadzono uszkodzenie zaworu turbiny na poziomie 60% wartości znamionowej. Odpowiedź symulatora przedstawiono na rys. B.1. System ekspertowy prawidłowo zlokalizował zaistniałe uszkodzenie (rys. B.2).

Odpowiedzi systemu diagnostycznego zawierają informacje o rodzaju zlokalizowanego uszkodzenia, opisane są również wartości podstawowych sygnałów obiektowych oraz wartości wyestymowanych za pomocą filtrów Kalmana parametrów podzespołów omawianego bloku. Ponadto system ekspertowy przekazuje informacje o odpowiedzi zastosowanej do detekcji sieci neuronowej opracowanej dla turbiny. Na rys. B.3. zamieszczono regułę, na bazie której system wnioskuje o uszkodzeniu zaworu turbiny.



Rys. B.1. Odpowiedź symulatora elektrowni cieplnej dla uszkodzonego zaworu turbiny



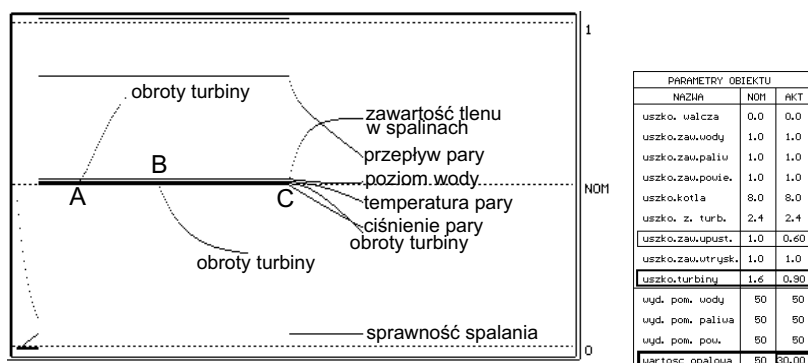
Rys. B.2. Odpowiedź systemu ekspertowego

```

RULE NUMBER: 122
IF:
    (1)   Obroty turbiny sa NOT w normie
and (2)   Temperatura pary jest w normie
and (3)   Cisnienie pary jest w normie
and (4)   Zawartosc tlenu jest w normie
and (5)   Poziom wody jest w normie
and (6)   turbina jest normie
and (7)   zawor turbiny jest uszkodzony
and (8)   [STURB]=1
THEN:
    Uszkodzenie zaworu turbiny - Probability=09/10
and   Uszkodzenie turbiny - Probability=01/10

```

Rys. B.3. Reguła używana w procesie wnioskowania o uszkodzeniu zaworu turbiny



Rys. B.4. Odpowiedź symulatora elektrowni ciepłej dla uszkodzeń: zaworu upustowego, turbiny oraz zmniejszonej wydajności paliwa

```

          Values based on 0 - 10 system
          VALUE
1  Uszkodzenie instalacji upustowej          9
2  Uszkodzenie turbiny                      1
3  poziom wody = 49.928700
4  zawartosc tlenu = 50.000000
5  cisnienie pary = 49.812800
6  temperatura pary = 50.150000
7  obroty turbiny = 74.780600
8  parametr turbiny = 1.595213
9  zawor upustowy = 0.600133
10 zawor turbiny = 2.383028
11 siec turbiny = 2.000000

```

Rys. B.5. Odpowiedź systemu ekspertowego w przypadku uszkodzenia zaworu upustowego

```

RULE NUMBER: 125
IF:
    (1)  Obroty turbiny sa NOT w normie
and (2)  Poziom wody jest w normie
and (3)  Zawartosc tlenu jest w normie
and (4)  Cisnienie pary jest w normie
and (5)  Temperatura pary jest w normie
and (6)  turbina jest normie
and (7)  Zawor upustowy jest uszkodzony
and (8)  [STURB]=2
THEN:
    Uszkodzenie instalacji upustowej - Probability=09/10
and
    Uszkodzenie turbiny - Probability=01/10

```

Rys. B.6. Reguła używana w procesie wnioskowania o uszkodzeniu zaworu upustowego

## B.2. Detekcja uszkodzeń pojedynczych wprowadzanych sekwencyjnie

Kolejny etap testowania obejmuje zagadnienie poprawności wnioskowania systemu diagnostycznego przy innych uszkodzeniach. W tym celu wprowadzono kolejno kilka uszkodzeń. Odpowiedzi symulatora przedstawiono na rys. B.4.

Punkt oznaczony symbolem **A** oznacza moment wprowadzenia uszkodzenia zaworu upustowego na poziomie 0.6. W punkcie **B** wprowadzono, po usunięciu poprzedniego uszkodzenia, uszkodzenie turbiny polegające na zmniejszeniu wzmocnienia do poziomu 0.9. Punkt **C** określa chwilę wprowadzenia paliwa o zmniejszonej wydajności energetycznej. Odpowiedzi systemu diagnostycznego dla kolejno wprowadzanych uszkodzeń zamieszczono na rysunkach B.5, B.6, B.7, B.8, B.9, B.10.

## B.3. Detekcja uszkodzenia pompy wodnej

Ostatnim wprowadzonym uszkodzeniem w procesie testowania systemu jest zmniejszenie wydajności pompy wodnej. Odpowiedź symulatora zamieszczono na rys. B.11. Analizując otrzymane wyniki należy zauważyć, że zmniejszenie wydajności pompy wodnej powoduje zmiany większości sygnałów obiektowych wykorzystywanych przez system diagnostyczny. Odpowiedź systemu i regułę, na której opiera się wnioskowanie systemu przedstawiono, na rysunkach B.12, B.13.

## B.4. Zakończenie

W dodatku B zamieszczono kilka przykładowych wyników pracy opracowanego systemu ekspertowego. Wszystkie przykłady potwierdzają skuteczność systemu wyposażonego w różne typy wiedzy. Na kolejnych rysunkach przedstawiono przebiegi sygnałów obiektowych w sytuacjach pracy normalnej i w sytuacjach awaryjnych. Korzystając z opracowanego symulatora obiektu wprowadzono pięć rodzajów uszkodzeń. Odpowiedzi systemu ekspertowego zawierają konkluzje uzyskane w procesie wnioskowania z określonym poziomem ufności w skali 0-10. Ponadto system informuje operatora o wartości amplitud unormowanych podstawowych sygnałów obiektowych w skali procentowej (50% - praca w warunkach znamionowych). Kolejnymi informacjami przekazywanymi przez system są wyestymowane za pomocą filtru Kalmana parametry modelu diagnozowanego podzespołu oraz odpowiedź detektora neuronowego według przyjętego kodu (rys. B.2, B.5, B.7, B.9, B.12). W procesie testowania wprowadzono uszkodzenie (zmiana wydajności zastosowanego paliwa) trudne do lokalizacji za pomocą klasycznych metod diagnostycznych (rys. B.4 - punkt C). Pokazane symptomy mogą być spowodowane

	Values based on 0 - 10 system	VALUE
1	Uszkodzenie turbiny	9
2	Uszkodzenie instalacji upustowej	1
3	poziom wody = 49.958300	
4	zawartosc tlenu = 50.000000	
5	cisnienie pary = 49.817700	
6	temperatura pary = 50.149400	
7	obroty turbiny = 29.940600	
8	parametr turbiny = 0.912647	
9	zawor upustowy = 1.012153	
10	zawor turbiny = 2.381291	
11	siec turbiny = 4.000000	

Rys. B.7. Odpowiedź systemu ekspertowego w przypadku uszkodzenia turbiny

```

RULE NUMBER: 123
IF:
    (1)  Obroty turbiny sa NOT w normie
and (2)  Temperatura pary jest w normie
and (3)  Cisnienie pary jest w normie
and (4)  Poziom wody jest w normie
and (5)  Zawartosc tlenu jest w normie
and (6)  turbina jest uszkodzona
and (7)  [STURB]=4

THEN:
    Uszkodzenie turbiny - Probability=09/10
and  Uszkodzenie instalacji upustowej - Probability=01/10

```

Rys. B.8. Reguła używana w procesie wnioskowania o uszkodzeniu turbiny

	Values based on 0 - 10 system	VALUE
1	Paliwo o mniejszej wydajności energetycznej	9
2	Uszkodzenie zaworu paliwa	1
3	poziom wody = 50.243800	
4	zawartosc tlenu = 69.989400	
5	cisnienie pary = 32.872600	
6	temperatura pary = 40.554300	
7	obroty turbiny = 27.953000	
8	zawor paliwa = 1.033611	
9	siec pomp = 0.000000	

Rys. B.9. Odpowiedź systemu ekspertowego w przypadku zmniejszonej wydajności energetycznej paliwa

RULE NUMBER: 109

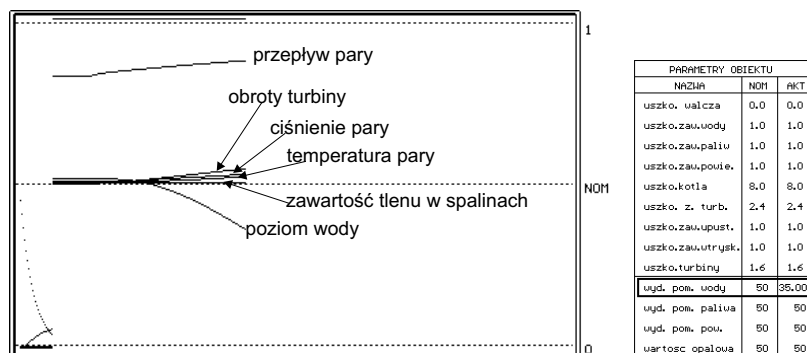
IF:

- (1) Poziom wody rośnie
- and (2) Zawartość tlenu jest stała
- and (3) Obroty turbiny maleją
- and (4) Temperatura pary maleje
- and (5) Ciśnienie pary maleje
- and (6) Przepływ pary maleje
- and (7) Poziom wody jest w normie
- and (8) Obroty turbiny są małe
- and (9) Ciśnienie pary jest niskie
- and (10) Temperatura pary jest niska
- and (11) Zawartość tlenu jest wysoka
- and (12) [ESTYPA]>0.9
- and (13) [SIEC]=0

THEN:

- and Paliwo o mniejszej wydajności energetycznej - Probability=09/10
- and Uszkodzenie zaworu paliwa - Probability=01/10

Rys. B.10. Reguła używana w procesie wnioskowania w przypadku zmniejszonej wydajności paliwa



Rys. B.11. Odpowiedź symulatora elektrowni cieplnej dla uszkodzonej pompy wodnej

Values based on 0 - 10 system		VALUE
1	Zmniejszona wydajność pompy wodnej	8
2	poziom wody = 43.991200	
3	zawartosc tlenu = 50.000000	
4	ciśnienie pary = 51.840200	
5	temperatura pary = 50.725600	
6	obroty turbiny = 52.648700	

Rys. B.12. Odpowiedź systemu ekspertowego w przypadku uszkodzenia pompy wodnej

```
RULE NUMBER: 58  
IF:  
  
    (1)   Poziom wody jest niski  
and (2)   Poziom wody maleje  
and (3)   Przepływ wody jest stały  
and (4)   Przepływ wody za zaworem maleje  
and (5)   Przepływ pary wzrasta  
and (6)   Obroty turbiny rosna  
  
THEN:  
  
    Zmniejszona wydajność pompy wodnej - Probability=08/10
```

Rys. B.13. Reguła używana w procesie wnioskowania o uszkodzeniu pompy wodnej

przez kilka innych uszkodzeń: zaworu lub pompy paliwa oraz powietrza. Wszystkie z wymienionych uszkodzeń powodują zmiany wszystkich obserwowanych sygnałów obiektowych. Lokalizacja tego typu uszkodzenia za pomocą bazy regułowej wymaga zwiększenia liczby obserwowanych sygnałów i zwiększenia liczby zastosowanych w procesie wnioskowania reguł. Zastosowanie bazy wiedzy analitycznej i detektorów neuronowych zapewnia w takich przypadkach prawidłowe diagnozowanie z wysokim stopniem ufności przedstawionych konkluzji.

