



Baza wiedzy dotycząca urządzeń farmy wiatrowej w komputerowym systemie ekspertowym

RADOSŁAW DUER¹, PAWEŁ WRZESIEN², STANISŁAW DUER³,
DARIUSZ BERNATOWICZ¹

¹Politechnika Koszalińska, Wydział Elektroniki i Informatyki,
ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin, dariusz.bernatowicz@tu.koszalin.pl, rduer@wp.pl

²Vortex Energy Polska sp. z o.o., ul. Malczewskiego 26, 71-612 Szczecin, nfo@rscgroup-online.pl

³Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny,
ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, stanislaw.duer@tu.koszalin.pl

Streszczenie. W artykule zaprezentowano problematykę wyznaczania informacji diagnostycznej na potrzeby badania stanu urządzeń farmy wiatrowej. W tym celu przedstawiono i opisano istotę opracowywania modelu funkcjonalno-diagnostycznego na przykładzie urządzeń elektrowni wiatrowej. Na podstawie opracowanego modelu badanego obiektu wyznaczono informację diagnostyczną w postaci zbioru elementów podstawowych oraz zbioru sygnałów diagnostycznych, które są wypracowane przez wyznaczone *j*-te elementy w *i*-tych zespołach funkcjonalnych obiektu. W artykule zaprezentowano opis procesu budowania bazy wiedzy dla systemu ekspertowego.

Słowa kluczowe: diagnostyka techniczna, wnioskowanie diagnostyczne, logiki wielowartościowe, sztuczna inteligencja

DOI: 10.5604/01.3001.0012.0997

1. Wprowadzenie

W rozwijającej się gospodarce Polski obserwujemy stały wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną. Pomimo powszechnej eksploatacji źródeł kopalnych coraz większe znaczenie ma wykorzystanie przyjaznych dla środowiska nośników bazujących na odnawialnych źródłach energii. W grupie tej, z punktu widzenia uzyskiwanych mocy i dostępności, największą popularnością cieszy się energia wiatru. Konwersja energii kinetycznej wiatru na energię elektryczną realizowana jest

w elektrowniach wiatrowych. Zespół elektrowni wiatrowych (jednostek wytwórczych, turbin) przyłączonych do sieci w głównych punktach odbioru (GPO) nazywamy farmą wiatrową [3, 9]. Farmy instalowane coraz częściej w krajowym systemie energetycznym pozwalają nie tylko zwiększyć produkcję energii elektrycznej, lecz także poprawić stabilność systemu oraz lepiej wykorzystać źródła odnawialne.

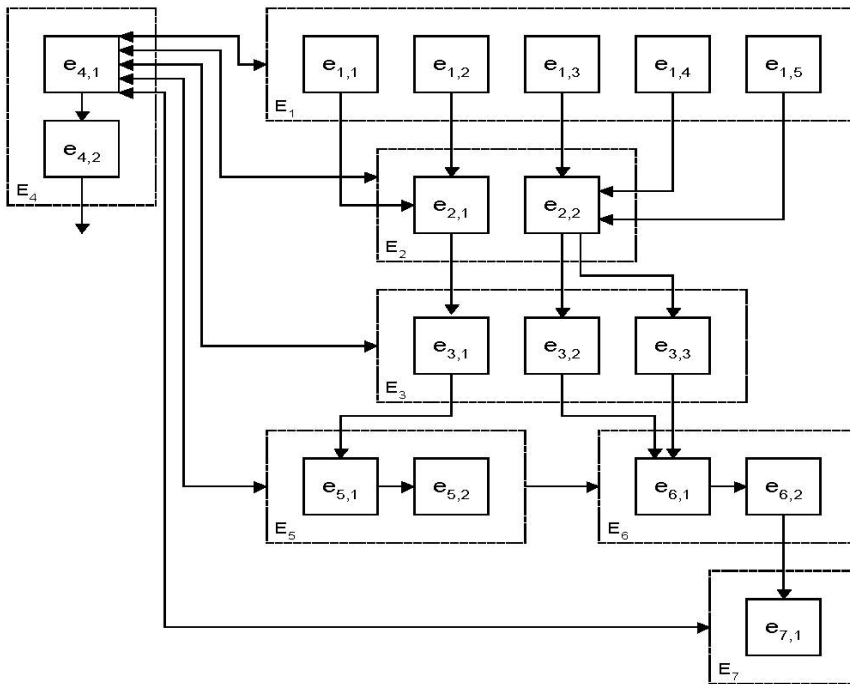
Istotną rolę w produkcji energii elektrycznej pełni aspekt niezawodności elektrowni wiatrowych, który jest bezpośrednim wynikiem ich stanu technicznego [1, 2, 4-6, 10, 12, 13]. Dotyczy on głównie procesu kontrolowania prawidłowego stanu funkcjonowania oraz określania przyczyn możliwych do wystąpienia awarii lub usterek. Powyższe działania realizowane są przede wszystkim przez inteligentne systemy nadzoru i bezpieczeństwa użytkownika farmy wiatrowej. Szczególnego znaczenia w rozwoju systemów inteligentnych nabierają te rozwiązania, które są przeznaczone dla urządzeń elektrowni i farm wiatrowych. Prowadzone przez autorów badania dotyczące tematyki diagnozowania złożonych obiektów technicznych przyczyniły się do powstania pod kierunkiem prof. S. Duera komputerowego systemu ekspertowego nazwanego WPPES (ang. *Wind Power Plant Expert System*), który realizuje proces wnioskowania o stanie użytkowym (funkcjonalnym) urządzeń farmy wiatrowej [3-6].

W pracy zaprezentowano problematykę tworzenia bazy wiedzy na potrzeby systemu ekspertowego wspomagającego użytkownika urządzeń farmy wiatrowej. Podstawą w budowie bazy wiedzy jest opracowany zaawansowany model funkcjonalno-diagnostyczny urządzeń elektrowni wiatrowej. Model ten był niezbędny do wyznaczenia zbioru elementów podstawowych, na wyjściu których zdefiniowano sygnały wyjściowe. Dla tych sygnałów wyznaczono parametry i ich ograniczenia, warunkujące funkcjonowanie urządzeń turbiny wiatrowej (TW) i głównego punktu odbioru (GPO). Na tej podstawie zdefiniowano również dla tych elementów bazę wiedzy w postaci zbioru faktów i reguł używanych przez system ekspertowy w procesie wnioskowania.

2. Model Funkcjonalno-Diagnostyczny Urządzeń Farmy Wiatrowej

W wyniku analizy funkcjonalno-diagnostycznej wyróżniono w obiekcie czternaście zespołów funkcjonalnych. W każdym z zespołów wyznaczono podzbiór jego elementów funkcjonalnych oraz na ich wyjściach zidentyfikowano sygnały diagnostyczne, które tworzą zbiór sygnałów diagnostycznych $\{X(E_i)\}$. Na rysunku 1 przedstawiono odwzorowanie struktury blokowej farmy wiatrowej w opracowanym systemie ekspertowym.

Podstawą badań diagnostycznych urządzeń technicznych są modele funkcjonalno-diagnostyczne tych obiektów [2-6]. Stąd na potrzeby artykułu opracowano



Rys. 1. Schemat funkcjonalno-diagnostyczny urządzeń farmy wiatrowej, gdzie: E₁ — elektrownie wiatrowe nr 1-5; E₂ — linie przesyłowe średniego napięcia nr 1 i nr 2; E₃ — rozdzielnie średniego napięcia od nr 1 do nr 3; E₄ — system pomiarowy i diagnostyki wielkości elektrycznych w poszczególnych elementach farmy wiatrowej; E₅ — dławik kompensacyjny i transformatora potrzeb własnych farmy wiatrowej; E₆ — transformator i rozdzielnia WN; E₇ — główny punkt zasilający

schemat funkcjonalno-diagnostyczny systemu farmy wiatrowej (rys. 1). W wyniku analizy funkcjonalno-diagnostycznej wyróżniono w modelu farmy wiatrowej siedem *i*-tych zespołów funkcjonalnych. W każdym z *i*-tych zespołów wyznaczono podzbiór jego *j*-tych elementów podstawowych (funkcjonalnych). Wyznaczony zbiór elementów podstawowych {*e*_{*i,j*}} w modelu farmy wiatrowej wyznaczających jego strukturę wewnętrzną zaprezentowano w tabeli 1.

TABELA 1
Struktura wewnętrzna modelu farmy wiatrowej

Zespoły obiektu	Elementy podstawowe { <i>e</i> _{<i>i,j</i>} } w modelu farmy wiatrowej				
E ₁	<i>e</i> _{1,1}	<i>e</i> _{1,2}	<i>e</i> _{1,3}	<i>e</i> _{1,4}	<i>e</i> _{1,5}
E ₂	<i>e</i> _{2,1}	<i>e</i> _{2,2}	∅	∅	∅
E ₃	<i>e</i> _{3,1}	<i>e</i> _{3,2}	<i>e</i> _{3,3}	∅	∅
E ₄	<i>e</i> _{4,1}	<i>e</i> _{4,2}	∅	∅	∅

cd. tabeli 1

E_5	$e_{5,1}$	$e_{5,2}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_6	$e_{6,1}$	$e_{6,2}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_7	$e_{7,1}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset

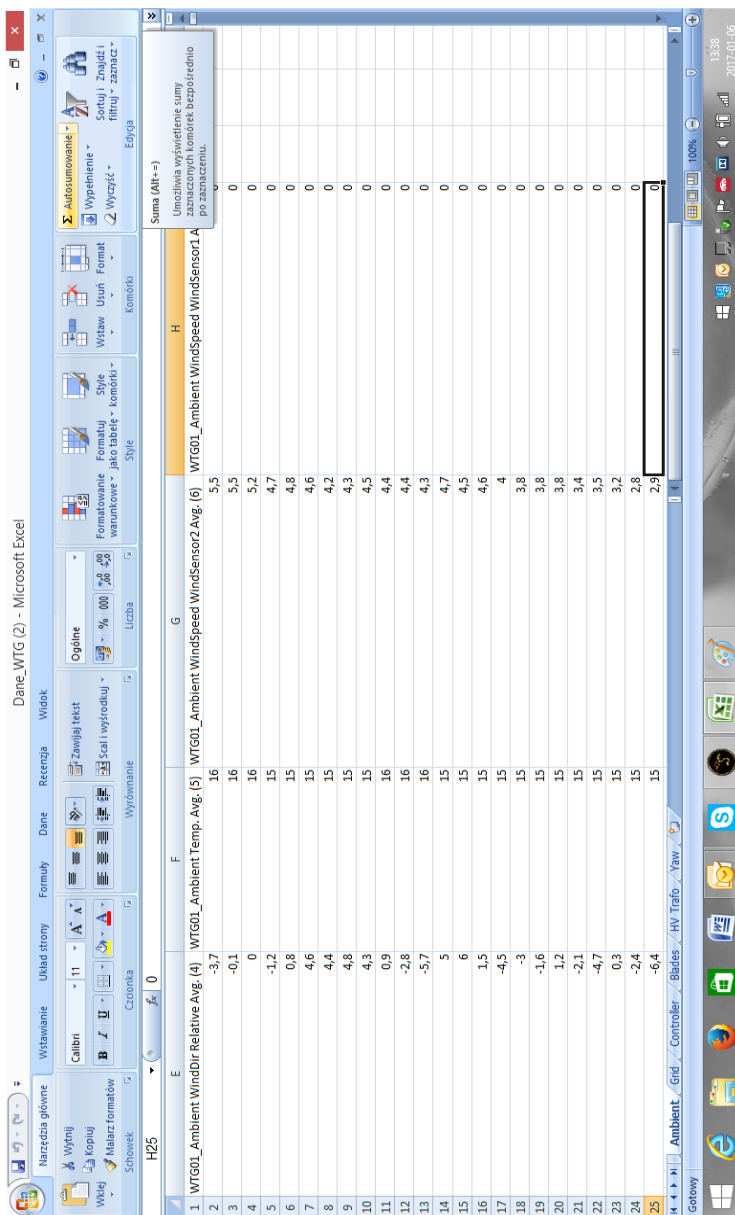
gdzie: $e_{1,1}$, $e_{1,2}$, $e_{1,3}$, $e_{1,4}$, $e_{1,5}$ — elektrownie wiatrowe nr 1-5; $e_{2,1}$, $e_{2,2}$ — linie przesyłowe średniego napięcia nr 1 i nr 2; $e_{3,1}$ - $e_{3,3}$ — rozdzielnie średniego napięcia nr 1 do nr 3; $e_{4,1}$ — system pomiarowy wielkości elektrycznych w poszczególnych elementach farmy wiatrowej; $e_{4,2}$ — system diagnostyki elementów farmy wiatrowej; $e_{5,1}$ — dławik transformatora potrzeb własnych farmy wiatrowej; $e_{5,2}$ — transformator potrzeb własnych farmy wiatrowej; $e_{6,1}$ — transformator mocy; $e_{6,2}$ — rozdzielnia WN; $e_{7,1}$ — główny punkt zasilający.

Podstawą diagnostyki technicznej urządzeń i obiektów technicznych $\{O(e_{i,j})\}$ jest wykonanie opracowania diagnostycznego badanego obiektu [2-6]. Opracowanie diagnostyczne badanego obiektu to szereg działań i czynności techniczno-organizacyjnych. Efektem tych działań jest opracowana struktura diagnostyczna obiektu technicznego zestawiona w postaci jego schematu funkcjonalno-diagnostycznego. Na podstawie tego schematu wyznaczony jest zbiór elementów podstawowych i właściwy im zbiór sygnałów diagnostycznych $\{X_{i,j}\}$. Zespoły funkcjonalne obiektu (moduły) zobrazowane na schemacie funkcjonalno-diagnostycznym przedstawionym na rysunku 1 „adresowane” — numerowane są w następujący sposób: (E_i) jest i -tym numerem zespołu w obiekcie. Elementy zespołu „adresowane” są natomiast w postaci ($e_{i,j}$), gdzie: j -ty oznacza numer elementu w i -tym zespole. Opracowany model funkcjonalno-diagnostyczny systemu farmy wiatrowej przedstawiony na rysunku 1 był podstawą także do wyznaczenia zbioru sygnałów diagnostycznych oraz ich sygnałów wzorcowych. W wyniku analizy funkcjonalno-diagnostycznej wyróżniono w modelu elektrowni wiatrowej zbiór pomiarowych i wzorcowych sygnałów diagnostycznych $\{X(e_{i,j})\}$, które są zidentyfikowane na wyjściach j -tych elementów funkcjonalnych. Wyznaczony zbiór sygnałów diagnostycznych $\{X(e_{i,j})\}$ zaprezentowano w tabeli 2.

TABELA 2

Zbiór sygnałów diagnostycznych w obiekcie

Zespoły obiektu	Zbiór sygnałów diagnostycznych w modelu farmy wiatrowej $\{X(e_{i,j})\}$				
E_1	$X(e_{1,1})$	$X(e_{1,2})$	$X(e_{1,3})$	$X(e_{1,4})$	$X(e_{1,5})$
E_2	$X(e_{2,1})$	$X(e_{2,2})$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_3	$X(e_{3,1})$	$X(e_{3,2})$	$X(e_{3,3})$	\emptyset	\emptyset
E_4	$X(e_{4,1})$	$X(e_{4,2})$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_5	$X(e_{5,1})$	$X(e_{5,2})$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_6	$X(e_{6,1})$	$X(e_{6,2})$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_7	$X(e_{7,1})$	$X(e_{7,2})$	\emptyset	\emptyset	\emptyset



Rys. 2. Przykład pomiarowego zbioru sygnałów diagnostycznych urządzeń elektrowni wiatrowej

Mając zinterpretowany zbiór pomiarowych sygnałów diagnostycznych $\{X(e_{i,j})\}$ elektrowni wiatrowej, należy teraz zaprojektować efektywny system pomiaru i ich ewidencji. Przykład zestawiania pomiarowego zbioru sygnałów diagnostycznych elektrowni wiatrowej i transformatora blokowego w GPO przedstawiono na rysunku 2.

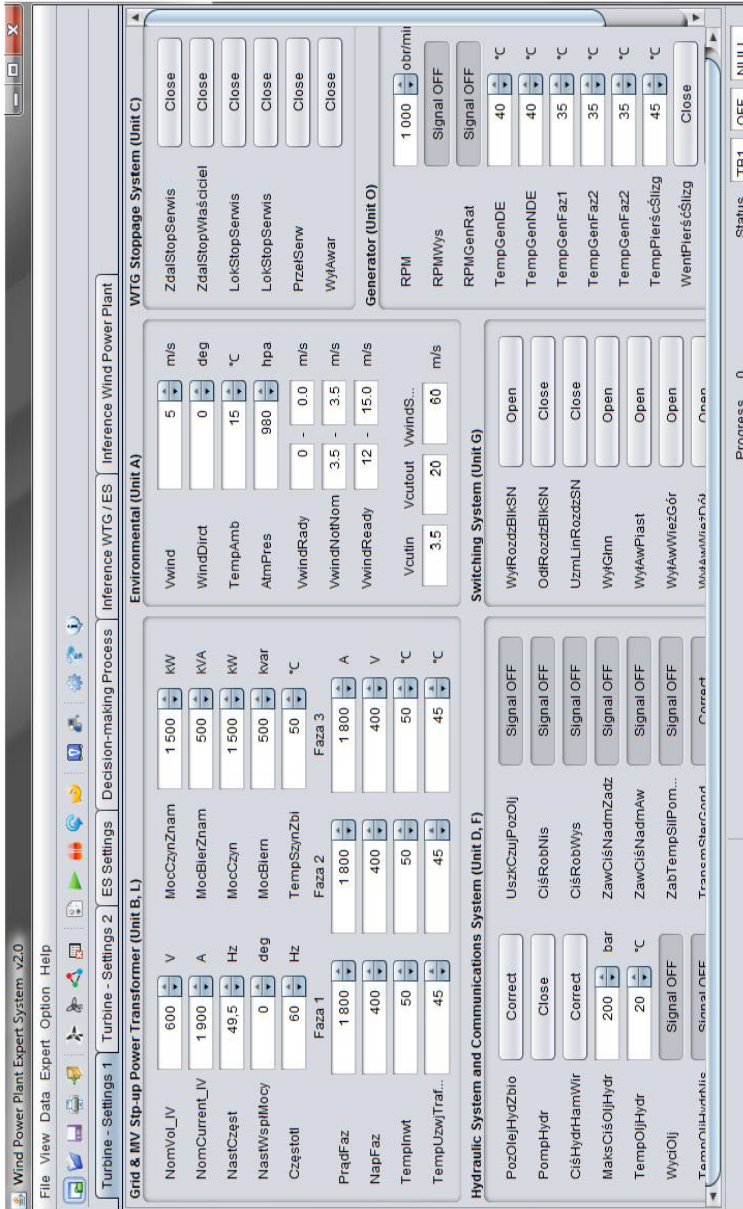
3. Baza wiedzy farmy wiatrowej w komputerowym systemie ekspertowym wppes (ang. *wind power plant expert system*)

Ekspertową bazą wiedzy (ang. *Expert knowledge base*) definicyjnie jest określany zbiór wiedzy (informacji diagnostycznych, technologicznych itp.) dotyczący danej dziedziny i stanowiący odseparowany (niezależny) moduł od reszty systemu ekspertowego. W pracy [2] przyjęto, że budowana baza wiedzy dla systemu ekspertowego zawiera zbiór faktów opisujących dane i parametrów wejściowych oraz zbiór reguł wnioskujących przedstawiających opis realizacji zależności między tymi faktami a stanami użytkowymi.

Opracowane modele funkcjonalno-diagnostyczne dla elektrowni wiatrowej i GPO (rys. 3 i 4) pozwoliły na wyodrębnienie podstawowych bloków grupujących parametry poszczególnych komponentów, urządzeń i zespołów. Dla pojedynczej elektrowni wiatrowej (turbiny) zdefiniowano 16 bloków A-P, dla których utworzono 224 fakty i 258 reguł. Analogicznie dla GPO zdefiniowano 6 bloków Q-W, 96 faktów i 135 reguł. Dodatkowo utworzono stałe zbiory faktów dla wartości domyślnych oraz kilku przykładowych wariantów działania farmy wiatrowej. Całą opisywaną bazę wiedzy umieszczono w oddzielnych plikach zgodnych ze składnią języka CLIPS, a mianowicie:

- **facts.clp** — plik zawierający zbiory faktów wartości domyślnych parametrów i kilku przykładowych wariantów działania farmy wiatrowej,
- **gpo.clp** — plik zawierający zbiór reguł dla wszystkich bloków GPO oraz dodatkowe reguły określające stan wyjściowy obiektu,
- **turbine.clp** — plik zawierający zbiór reguł dla wszystkich bloków elektrowni wiatrowej oraz dodatkowe reguły określające stan wyjściowy obiektu,
- **windfarm.clp** — plik zawierający szablony i funkcje określające stan pracy farmy wiatrowej oraz reguły pomocnicze, np. regułę startową (inicjującą).

Podział wiedzy na tematyczne części umieszczone w zewnętrznych plikach pozwolił uzyskać dużą czytelność oraz łatwą możliwość edycji. W każdej grupie faktów dotyczących elektrowni wiatrowej i GPO zawarto od kilku do kilkunastu parametrów, których liczba uzależniona jest od funkcji i liczby urządzeń wchodzących w skład danego bloku. Parametry w bazie wiedzy są podzielone na grupy i dostępne w trzech pierwszych panelach opisujących ustawienia (dane użytkowe) elektrowni wiatrowych i GPO, co przedstawiono na rysunkach 3 i 4.



Rys. 3. Pierwszy z dwóch paneli zawierających ustawienia wartości wejściowych i parametrów roboczych dla elektrowni wiatrowej (turbiny)

TABELA 3

Fakty dla bloku A – środowisko i warunki zewnętrzne

Id.	Opis	Napięcie	Kierunek	BLOK	Paź	Parametr	Wzrost	Symbol	Skład PL	default	min	max	Jedn.	Status	Status 1
Środowisko i warunki zewnętrzne															
1.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Prędkość wiatru zliczania turbiny	poniżej	PA001	PA02T	3,5	3,5	-	m/s		
2.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Prędkość wiatru postoju turbiny w gotowości do pracy	poniżej	PA002	PA07UP	0	3,5		m/s		
3.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Prędkość wiatru pracy zaimonowanej turbiny	poniżej	PA003	PA07ZT	12	20		m/s		
4.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Prędkość wiatru pracy nie zaimonowanej turbiny	poniżej	PA004	PA08ZT	3,5	12		m/s		
5.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Prędkość wiatru wyłączenia turbiny	poniżej	PA005	PA07T	20	20	-	m/s		
6.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Prędkość wiatru przetwarzania turbiny	poniżej	PA006	PA07T	60	-	60	m/s		
7.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Kierunek wiatru	poniżej	PA007	KierWiatr				stopień		
8.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Temperatura otoczenia	poniżej	PA008	Temp		-10	50	C		
9.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Ciepłota barometryczna	poniżej	PA009	ColBar	0	1000		hPa		
10.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Rezerwa		PA010							
11.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Rezerwa		PA011							
12.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Rezerwa		PA012							
A															
Skład															
13.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Napięcie zaimonowanej rN	poniżej	PA001	NapiZnam_nR	0	600		V		
14.	Turbina	20kV	EW		Linowa oddzielone	Prąd zaimonowanej rN	poniżej	PA002	PrądZnam_rN	0	2200		A		

W każdym bloku oprócz rzeczywistych parametrów zdefiniowano również po trzy parametry rezerwowe, którym nie przypisano żadnych wartości (własności). Przyjęcie takich parametrów było podyktowane zapewnieniem możliwości dalszej rozbudowy systemu ekspertowego. Przykładowo, dla bloku A — środowisko i warunki zewnętrzne określono trzynaście parametrów, w tym trzy parametry rezerwowe PA011, PA012, PA013. Pozostałe parametry reprezentujące wartości zmienne i stałe określono symbolami od PA001 do PA010 i przedstawiono w tabeli 3.

W celu określenia charakterystycznych wartości dla każdego faktu opracowano trzynaście kategorii, według których zdefiniowano poszczególne fakty. Kategorie określają między innymi: obiekt, napięcie, kierunek, blok, rodzaj, symbol, skrót, jednostkę, stan, wartość domyślną, minimalną i maksymalną. Wszystkie fakty i reguły opisane według powyższych kategorii umieszczone są w tabeli dostępnej w pracy [2]. Na rysunkach 3 i 4 można zauważyć, że parametry rezerwowe dla bloków elektrowni wiatrowej i GPO zostały pominięte.

W procesie implementacji bazy wiedzy w języku CLIPS przyjęto wspólną pięciodzianową symbolikę zarówno dla faktów, jak i reguł. Pierwszy znak symbolu wskazuje na fakt, gdy przyjmuje literę P lub regułę w przypadku wystąpienia litery R. Następny znak określa numer bloku, do którego należy dany fakt lub reguła. Ostatnia część to trzycyfrowy numer przypisany do danego parametru. Dodatkowo symbol rozszerzany jest jeszcze o identyfikator z numerem elektrowni wiatrowej lub GPO umieszczany na początku jako prefix. Ponieważ nazwy bloków w różnych elementach farmy wiatrowej nie powtarzają się, więc można w sposób jednoznaczny określić, z jakim typem elementu mamy do czynienia. I tak w przypadku wystąpienia symbolu WTG01RB003 wiemy, że wskazuje on na trzecią regułę bloku B w turbinie o numerze 1. Reguła ta oznacza wystąpienie sygnału zatrzymania pracy turbiny z powodu zbyt wysokiej temperatury szyn zbiorczych.

2. Podsumowanie

Problematyka tworzenia ekspertowych baz wiedzy to wyspecjalizowana dziedzina nauki odnosząca się do opracowania metod i zasad budowy i organizacji zbiorów informacji wiedzy inżynierskiej, diagnostycznej oraz eksploatacyjnej o badanym złożonym obiekcie technicznym. Uwzględnia ona także opis (zbior) reguł wnioskujących (diagnostycznych) i zawiera zbiór stanów właściwych dla danego zbioru reguł. Podstawą tworzenia zbioru wiedzy inżynierskiej o danym obiekcie badania jest wiedza, jaką dysponuje użytkownik danego obiektu w zakresie jego budowy, użytkowania i eksploatacji. Wiedza inżynierska o danym obiekcie jest uzupełniana (rozszerzana) o zbiór informacji diagnostycznej obiektu wyznaczonej poprzez wykonanie opracowania diagnostycznego obiektu.

Wykonane modele funkcjonalno-diagnostyczne badanych urządzeń są podstawowymi narzędziami pomocniczymi przy budowaniu baz wiedzy ekspertowych dla badanego urządzenia. Można zatem powiedzieć, że im bardziej te schematy będą wykonane właściwie i wiarygodnie, to będą one bardziej przydatne do budowania baz wiedzy. Schematy funkcjonalno-diagnostyczne urządzeń, na bazie których są budowane bazy wiedzy, muszą także zawierać możliwie jak najwięcej niezbędnych informacji: użytkowych, technologicznych, eksploatacyjnych i innych dla inżyniera budującego daną bazę wiedzy. Do informacji poszukiwanych podczas opracowywania baz wiedzy należą między innymi: relacje między elementami funkcjonalnymi w obiekcie, połączenia oraz związki funkcjonalne i diagnostyczne, miejsce wypracowania określonego sygnału diagnostycznego i jego współzależność z innymi sygnałami w strukturze wewnętrznej obiektu.

Praca finansowana z Projektu Badawczego Statutowego Politechniki Koszalińskiej nr 504.02.12.

Artykuł wpłynął do redakcji 26.02.2018 r. Zweryfikowaną wersję po recenzjach otrzymano 17.03.2018 r.

LITERATURA

- [1] BĘDKOWSKI L., DĄBROWSKI T., *Podstawy eksploatacji*, cz. 2, Wyd. WAT, Warszawa, 2006, s. 187.
- [2] DUER S., ZAJKOWSKI K., DUER R., WRZESIEŃ P., BERNATOWICZ D., *Ekspertowa baza wiedzy wspomagająca diagnozowanie urządzeń farmy wiatrowej*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2017, s. 163.
- [3] DUER S., WRZESIEŃ P., DUER R., *Creating of structure of facts for the knowledge base of an expert system for wind power plant's equipment diagnosis*, EEMS 2017, E3S Web of Conferences 19, 01029, 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20171901038.
- [4] DUER R., DUER S., *Badanie diagnostyki urządzeń elektrowni słonecznej w logice 2- i 3-wartościowej*, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, vol. 66, nr 2, 2017, s. 67-79, DOI: 10.5604/01.3001.0009.9485.
- [5] DUER S., *Wnioskowanie diagnostyczne o stanie obiektu technicznego w logice k-wartościowej*, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, vol. 66, nr 1, 2017, s. 115-126, DOI: 10.5604/01.3001.0009.9488.
- [6] DUER S., BERNATOWICZ D., *The computer diagnostic program (DIAG 2) for identifying states of complex technical objects*, EEMS 2017, E3S Web of Conferences 19, 01029, 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20171901029.
- [7] DHILLON B.S., *Applied Reliability and Quality, Fundamentals, Methods and Procedures*, Springer-Verlag London Limited, 2006, p. 186.
- [8] FLASIŃSKI M., *Wstęp do sztucznej inteligencji*, Wyd. PWN, Warszawa, 2011, s. 331.
- [9] Instrukcja obsługi siłowni wiatrowej Nordex klasy K08 gamma.
- [10] MADAN M. GUPTA, LIANG JIN AND NORIYASU H., *Static and Dynamic Neural Networks, From Fundamentals to Advanced Theory*, John Wiley End Sons, Inc. 2003, p. 718.
- [11] OSOWSKI S., *Sieci neuronowe*, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1996, s. 241.
- [12] POKORÁDI L., DUER S., *Investigation of maintenance process with Markov matrix*, Proceedings of the 4th International Scientific Conference On Advances In Mechanical Engineering, Debrecen, Hungary, 13-15 October 2016, pp. 402-407.

- [13] ROSIŃSKI A., *Reliability analysis of the electronic protection systems with mixed — three branches reliability structure*, Reliability, Risk and Safety. Theory and Applications, vol. 3, eds.: R. Bris, C. Guedes Soares & S. Martorell, CRC Press/Balkema, London, UK, 2010.

R. DUER, P. WRZESIEŃ, S. DUER, D. BERNATOWICZ

Knowledge base of wind farm devices in the computer expert system

Abstract: The article presents the problems of determining diagnostic information for the needs of testing the state of wind farm equipment. To this end, the essence of developing a functional and diagnostic model on the example of wind power plant equipment has been presented and described. Based on the developed model of the examined object, diagnostic information was determined in the form of a set of basic elements and a set of diagnostic signals, which are developed by the designated j-elements in the i-functional units of the object. The article presents a description of the process of building a knowledge base for an expert system.

Keywords: technical diagnostics, diagnostic reasoning, multivalent logic, artificial intelligence.

DOI: 10.5604/01.3001.0012.0997