ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: ELEKTRYKA z. 174 Nr kol. 1472

Adrian HALINKA
Michał SZEWCZYK

INFORMATYCZNE SYSTEMY ZARZĄDZANIA WĘZŁAMI WYTWÓRCZYMI O ZŁOŻONEJ STRUKTURZE

Streszczenie. W artykule przedstawione zostaną struktura oraz przykład praktycznej realizacji inteligentnego systemu zarządzania złożonymi obiektami wytwórczymi. Ze względu na złożoność całego węzła wytwórczego poszczególne bloki funkcjonalne systemu zostały oparte na strukturach sztucznych sieci neuronowych (ANN). Rozproszona, hierarchiczna struktura systemu oraz zastosowanie ANN umożliwia pozyskanie większej liczby informacji z obiektu, zwiększając pewność i szybkość wypracowywanych decyzji. W artykule przedstawiony został również przykład praktycznej realizacji operacji rozpoznawania topologii złożonego obiektu wytwórczego.

DATA PROCESSING MANAGEMENT SYSTEMS DEDICATED TO THE COMPLEX POWER GENERATING SETS

Summary. The paper will present the structure and the exemplary practical realization of the intelligent management system dedicated to the complex power generating sets. Due to complexity of the object individual functional blocks of this system are based on the artificial neural networks (ANN) structures. Decentralized, hierarchical structure and applying of ANN gives the possibility of getting bigger number of information from the object increasing reliability and speed of taking decisions. The paper will also present the practical realization of operation of the current object configuration recognition.

1. WSTĘP

Węzły wytwórcze - z punktu widzenia automatyki elektroenergetycznej - charakteryzują się nie tylko złożoną strukturą powiązań elektrycznych pomiędzy poszczególnymi urządzeniami lub układami wchodzącymi w jego skład, lecz przede wszystkim różnorodnością możliwych stanów lub trybów pracy w zależności od aktualnych wymagań systemowych. Jako węzeł wytwórczy traktuje się podstawową strukturę elektrowni złożoną z: bloków energetycznych składających się z generatora, układu wzbudzenia wraz z zasilaniem, trans-

formatora blokowego, wysokonapięciowego układu potrzeb własnych danego bloku, układu potrzeb własnych ogólnych węzła (część wysoko i niskonapięciowa) oraz układów dodatkowych zależnych od charakteru bloku, np. układu rozruchu częstotliwościowego dla generatorów z turbinami gazowymi. Węzeł wytwórczy zostaje podzielony na układy wytwórcze w postaci poszczególnych bloków oraz układ potrzeb własnych ogólnych. W każdym układzie wytwórczym zostają wyznaczone układy podstawowe (elementarne) najczęściej w postaci elementarnych urządzeń lub układów (transformatory, generator, układ wzbudzenia itd.). Stany pracy węzła wytwórczego zdeterminowane są m.in. poprzez:

- aktualne powiązania pomiędzy poszczególnymi układami wytwórczymi oraz ich układami podstawowymi - liczba pracujących bloków, ilość bloków gotowych do pracy, odstawionych, remontowanych itp.,
- aktualny poziom obciążenia węzła - produkowaną moc czynną i bierną,
- poziom obciążenia poszczególnych aktywnych układów wytwórczych,
- strukturę systemu elektroenergetycznego w otoczeniu węzła wytwórczego - możliwość wyprowadzenia mocy, obciążalność prądową linii wyprowadzających, moc zwarciową systemu zewnętrznego,
- stan pracy układów regulacyjnych, zapas regulacji, tryb pracy automatycznej lub ręcznej itd.,
- rodzaj napływających sygnałów alarmowych, ostrzegawczych lub informacji o wystąpieniu zakłócenia.

Ponadto z punktu widzenia automatyki elektroenergetycznej można w pracy dużych węzłów wytwórczych wyróżnić charakterystyczne tryby pracy, szczególnie te które wymagają zmian w układach automatyki pomiarowej, zabezpieczeniowej czy sterującej. Należy do nich zaliczyć następujące podstawowe tryby pracy:

- tryb pracy generatorowej, w którym częstotliwość sygnałów pomiarowych, głównie prądów i napięć, może się wahać w pobliżu częstotliwości znamionowej 50 Hz,
- tryb tzw. rozruchu częstotliwościowego z udziałem układu rozruchowego, w którym rozruch generatora odbywa się poprzez zmianę częstotliwości "sieci zasilającej - wyjścia przetworników częstotliwości" od wartości zerowej do znamionowej [4],
- tryb rozruchu asynchronicznego, w czasie którego częstotliwość części sygnałów pomiarowych zmienia się w szerokim zakresie.

2. KOMPLEKS OPERACJI REALIZOWANYCH PRZEZ *SYSTEM ZARZĄDZANIA*

Przedstawiona charakterystyka złożonych węzłów wytwórczych z wyznaczonymi stanami i trybami pracy determinuje konieczność opracowania zintegrowanego systemu zarządzania takimi obiektami obejmującego realizację zbioru następujących operacji [2]:

a) *rozpoznanie aktualnego trybu pracy* całego węzła wytwórczego. W przypadku dużej złożoności zarządzanego obiektu zostaje on podzielony na fragmenty mogące pracować autonomicznie (indywidualnie), np. blok energetyczny. Dla takich fragmentów zostają określone moduły podstawowe oraz układ nadrzędny odpowiedzialne odpowiednio za rozpoznanie trybu pracy poszczególnych elementów składowych i poprzez wymianę informacji z modułami podstawowymi za wyznaczenie aktualnego stanu danego układu autonomicznego węzła. Wyniki rozpoznania trybu pracy wszystkich układów autonomicznych obiektu stanowią podstawową bazę informacyjną dla wypracowania decyzji o aktualnym stanie pracy całego węzła wytwórczego. Wypracowana decyzja identyfikacyjna (rozpoznanie) zostaje wykorzystana przede wszystkim przez układy dokonujące analizy konieczności wprowadzania zmian w strukturze pomiarowo - zabezpieczeniowej systemu zarządzania. Zmiany te odnoszą się głównie do przedefiniowania lub zmiany parametrów pracy algorytmów pomiarowych, zabezpieczeniowych i sterujących w celu ich adaptacji do nowych warunków pracy (trybu pracy) zabezpieczanego obiektu. Konieczność adaptacji wielu funkcji realizowanych przez system podyktowana jest najczęściej przez:
   - zmianę konfiguracji powiązań poszczególnych urządzeń wchodzących w skład fragmentu obiektu lub całego węzła wytwórczego,
   - zmianę trybu pracy układu (np. jednego bloku wytwórczego) lub całego węzła wytwórczego, w wyniku której następuje zmiana w szerokim zakresie częstotliwości sygnałów pomiarowych pozyskiwanych z obiektu - głównie prądów i napięć - wykorzystywanych następnie przez algorytmy pomiarowe czy zabezpieczeniowe. Sytuacja taka występuje np. w przypadku rozruchu częstotliwościowego bloku wytwórczego z turbiną gazową.

b) *operację adaptacji* - dokonującą na podstawie uzyskiwanych informacji - głównie z układu realizującego *rozpoznanie* - analizy możliwości prawidłowej pracy aktualnie aktywnych algorytmów pomiarowych i zabezpieczeniowych, w razie konieczności generujące decyzje o zmianie parametrów ich pracy, aktywujące w zależności od potrzeb nowe funkcje zabezpieczeniowe oraz blokujące te funkcje, których dalsza aktywność może zakłócić pracę chronionego obiektu. Realizacja tej operacji powoduje generację bazy informacyjnej, na podstawie której istnieje możliwość szybkiej adaptacji struktury układu zabezpieczeniowo-sterującego do zmieniających się warunków i trybów pracy całego chronionego węzła lub jego fragmentów (bloków wytwórczych),

c) *realizacja funkcji zabezpieczeniowych* - gwarantujących dużą dokładność i szybkość algorytmów pomiarowych i zabezpieczeniowych zarówno we wszystkich możliwych stanach pracy zabezpieczanego obiektu, jak i przy zmieniającej się w szerokich granicach częstotliwości wejściowych sygnałów pomiarowych - zróżnicowanych trybach pracy [3],

d) *operacji prewencyjno-restytucyjnych*. Podstawowym zadaniem systemu funkcjonalnego *systemu zarządzania* realizującego ten kompleks operacji jest:

- szybka analiza alarmów i sygnałów ostrzegawczych napływających z układów regulacji i sterowania wchodzących w skład urządzeń obiektu,
- analiza i realizacja zadań przesyłanych z systemów zarządzania przynależnych do innych grup obiektów (systemów przesyłowo-odbiorczych), a związanych z ogólnosystemową regulacją mocy czynnej i biernej, stabilnością napięciową itp., zarówno w stanach pracy normalnej, jak i zakłóceniowej SEE,
- przetwarzanie informacji uzyskiwanych z **C**yfrowych **Z**espołów **A**utomatyki **Z**abezpieczeniowej **CZAZ** o pobudzeniach lub zadziałaniach funkcji zabezpieczeniowych dla celów predykcji miejsca wystąpienia zakłócenia oraz określenia jego charakteru.

Na podstawie przeprowadzonych analiz, w powiązaniu z wiedzą o aktualnym stanie pracy obiektu wytwórczego, zostają wypracowane decyzje o podjęciu działań mających na celu utrzymanie w pracy obiektu lub jego fragmentów zagrożonych możliwością wystąpienia awarii - *kryterium prewencyjne* - lub działań minimalizujących skutki wystąpienia zakłóceń w strukturze wewnętrznej, jak i zewnętrznej (w SEE) - realizacja *kryterium restytucyjnego*.

Wymienione operacje realizowane przez system generują trzy podstawowe problemy:

1. Wybór struktury systemy zarządzania kompleksem operacji.
2. Selekcja i redukcja wejściowych sygnałów pomiarowych.
3. Czasowo-optymalny rozdział zadań związanych z realizacją kompleksu operacji na obiekcie.

3. STRUKTURA SYSTEMU ZARZĄDZANIA

Wybór struktury systemu zarządzania związany jest z realizacją kompleksu operacji przestrzennie rozłożonych. Dokonuje się zatem dekompozycji zadań obliczeniowo-decyzyjnych na zestaw lub zestawy zadań lokalnych i globalnych, przy założeniu, że podejmowanie decyzji na poziomie globalnym oparte jest głównie na informacjach (danych) wygenerowanych na poziomie (poziomach) lokalnych. Struktura taka zostaje przypisana do systemów realizujących wymienione wyżej operacje. Poszczególne systemy nie pracują autonomicznie, istnieją powiązania pomiędzy systemami zarówno na poziomach lokalnych, jak i globalnym. Ma to przede wszystkim na celu minimalizację oraz unikanie powtarzalności danych wejściowych oraz wykorzystywanie decyzji podejmowanych na danym poziomie systemu przez systemy pozostałe. Podstawowe źródła danych wejściowych dla systemów realizujących poszczególne operacje zlokalizowane są w pobliżu poszczególnych urządzeń lub układów podstawowych wchodzących w skład układu wytwórczego (bloku), są zatem przestrzenie rozłożone.

W strukturze każdego systemu funkcjonalnego można wyróżnić węzły lokalne wypracowujące decyzje odnoszące się do członów składowych układu wytwórczego oraz węzła

globalnego, który generuje decyzje odnoszące się do całego bloku energetycznego lub - przy małej złożoności strukturalnej węzła - całego węzła wytwórczego.

Każdy węzeł lokalny składa się z źródła pozyskiwania danych wejściowych ***D*** (bezpośrednio z zarządzanego obiektu), bazy wiedzy ***B*** - zawierającej wypracowane prze węzeł decyzje lokalne oraz dane nieprzetworzone wykorzystywane przez węzły globalne, procesora/procesorów ***P*** realizujących przypisane do węzła operacje oraz komunikującego się z poziomem globalnym lub sąsiednimi węzłami lokalnymi oraz z układu odpowiedzialnego za wypracowywanie decyzji lokalnych lub globalnych - wyników realizacji zadań obliczeniowo-decyzyjnych - ***W***. Poziom globalny odpowiedzialny jest za podejmowanie decyzji końcowej (globalnej) odnoszącej się do całego układu/węzła wytwórczego oraz za komunikację w celu wymiany informacji i danych: z sąsiednimi węzłami globalnymi - sąsiednich bloków wytwórczych, systemami zarządzania zewnętrznymi, systemami realizującymi pozostałe kompleksy operacji.

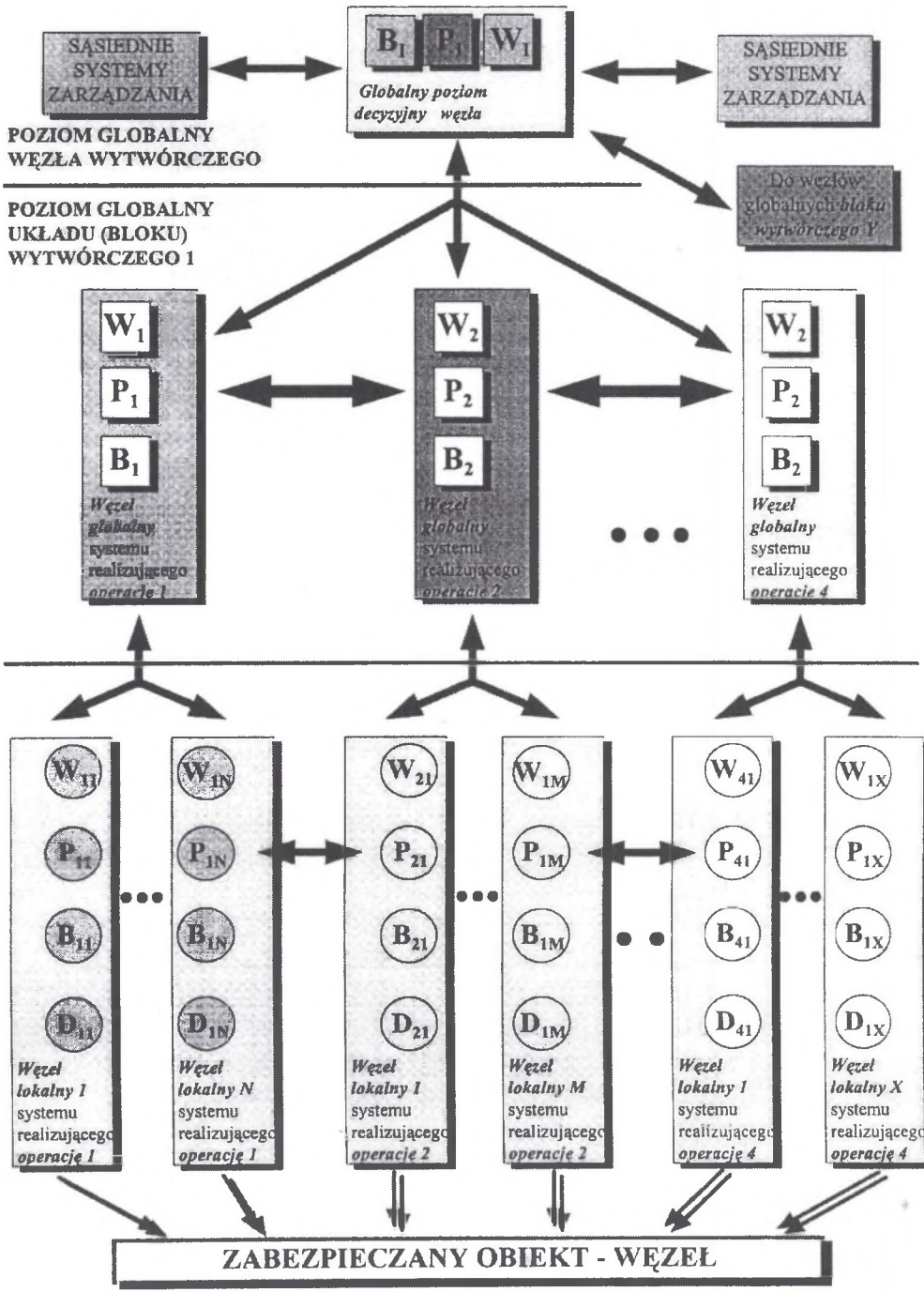
Schemat blokowy systemów odpowiedzialnych za realizacje poszczególnych operacji dla danego układu wytwórczego (bloku energetycznego) przedstawiono na rys. 1. Przyjęto strukturę zdecentralizowaną, odnoszącą się do czterech systemów odpowiedzialnych za realizację kompleksu operacji systemu zarządzania.

Na etapie formułowania bazy wiedzy niezbędnej do prawidłowej realizacji przez system zarządzania wymienionych wyżej zadań (operacji) dokonano selekcji cech poprzez wybór ze zbioru wszystkich możliwych do pozyskania z obiektu chronionego informacji (cech): wielkości analogowych w postaci przebiegów czasowych prądów i napięć oraz sygnałów binarnych, odwzorowujących stany położenia łączników czy układów automatyki regulacyjnej. Zastosowanie struktury rozproszonej na poziomie węzłów lokalnych umożliwia redukcję wektorów cech mierzonych o dużych wymiarach (liczbie składników) do wektorów o mniejszych wymiarach, redukując w ten sposób wydatnie czas realizacji zadań obliczeniowo-decyzyjnych.

Rozdział realizacji kompleksu operacji na cztery podstawowe systemy przy założeniu, że są to operacje zależne, pozwala przyjąć czas ich realizacji równy „sumie przedziałów czasowych wyznaczonych w odpowiedni sposób momentami poszczególnych zdarzeń. Jest to pewnego rodzaju dekompozycja czasowa, która przy odpowiedniej koordynacji pozwala na rozpatrywanie zestawu części operacji realizowanych w jednym przedziale, jak również kompleksu operacji równoległych" [1].

4. ROZPOZNANIE WIELOPOZIOMOWE

Rozpoznanie (identyfikacja) wielopoziomowa jest pewnym przypadkiem dekompozycji złożonego zadania identyfikacji zdeterminowanej cząstkowymi zadaniami rozpoznania na niższym poziomie (lokalnym) oraz rozpoznaniem głównym, do realizacji którego wykorzy-



Rys. 1. Schemat blokowy zdecentralizowanej struktury systemu zarządzania węzłem wytwórczym
Fig. 1. Decentralized structure of the power generating set management system

stywane są wyniki (decyzje) uzyskane na poziomie lokalnym. Miejsca identyfikacji lokalnych i identyfikacji globalnej najczęściej są przestrzennie rozproszone, w zależności od położenia rozpoznawanych obiektów - źródeł mierzonych cech (sygnałów pomiarowych).

W systemach realizujących operację rozpoznawania (identyfikacji) aktualnego trybu pracy chronionego obiektu stosuje się strukturę dwupoziomową z - poprzez analogię do systemów sterowania i automatyki - rozpoznawaniem na obu poziomach. W tym przypadku do rozpoznania na poziomie globalnym - trybu pracy bloku wytwórczego - wykorzystuje się oprócz wektora cech mierzonych bezpośrednio z obiektu, wyniki rozpoznań (identyfikacji) lokalnych realizowanych na poziomie niższym, gdzie dokonuje się przyporządkowania obiektów lokalnych do określonych numerów klas (rys. 2).

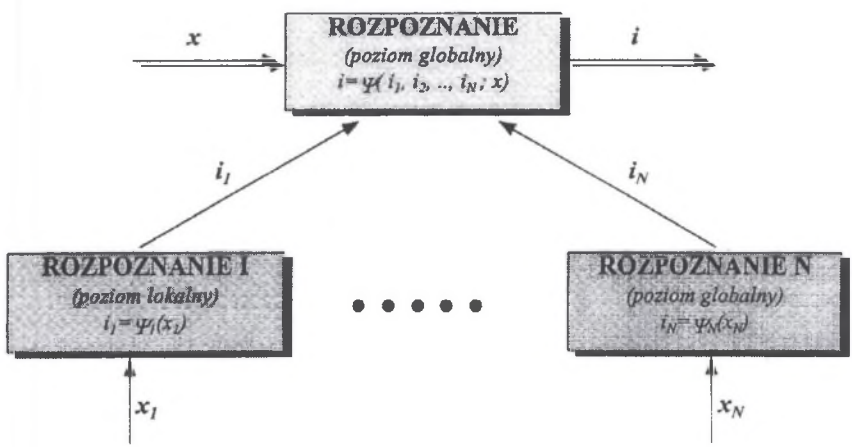
$$i_j = \Psi_j\left(x_j\right) \qquad j = 1, 2, \ldots, N,$$

gdzie :

x_j - wektor cech,

Ψ_j - algorytm rozpoznawania,

$i_j \in \{1, 2, ..., M_j\}$ - wynik rozpoznawania j-tego obiektu lokalnego.



Rys. 2. Schemat blokowy operacji dwupoziomowego rozpoznawania (identyfikacji) trybu pracy układu wytwórczego

Fig. 2. Two-level recognition of the current operating mode of the power generating set

Zatem cechy $i_1, i_2, .., i_k$ wykorzystywane przez układy poziomu globalnego mają charakter dyskretny. Efektem rozpoznania na poziomie globalnym jest wyznaczenie wartości i:

$$i = \Psi\left(i_1, i_2, \ldots, i_N; x\right),$$

czyli przyporządkowania trybu pracy całego identyfikowanego (rozpoznawanego) obiektu do danej klasy.

Generalnie rozpoznanie wielopoziomowe polega na określeniu rezultatu i na podstawie mierzonych cech $x_1, x_2, .., x_N; x$.

$$i = \Psi[\Psi_1(x_1), \Psi_2(x_2), \Psi_3(x_3),..., \Psi_N(x_N); x] \equiv \Phi\,(x_1, x_2, .., x_N; x).$$

W przypadku wykorzystania struktur sztucznych sieci neuronowych (ANN) do realizacji systemu odpowiedzialnego za rozpoznawanie (identyfikację) trybu pracy zabezpieczanego obiektu, algorytmy Ψ_i są określone nie wprost. Przetwarzanie wejściowych cech pomiarowych elementów podstawowych układu wytwórczego jest dokonywane na podstawie struktury sieci neuronowej, wartości wag i biasów poszczególnych neuronów oraz rodzaju funkcji aktywacji. Na etapie procesu uczenia, a następnie testowania sieci dokonuje się określenia tych wartości zapewniających prawidłowe rozpoznawanie przez sieć trybów pracy obiektu chronionego. Na tym etapie mamy zatem do czynienia również z procesem identyfikacji parametrów sieci neuronowych na podstawie zbiorów danych wejściowych - wektorów cech pomiarowych - oraz oczekiwanych wyników rozpoznania - przyporządkowania obiektu do danej klasy (rys. 3).

Rys. 3. Identyfikacja parametrów N-tej sieci neuronowej systemu rozpoznawania trybu pracy węzła wytwórczego

Fig. 3. Identification of the Nth Neural Network parameters for the power generating set current operating mode recognition

5. PRZYKŁAD PRAKTYCZNEJ REALIZACJI OPERACJI *ROZPOZNAWANIA* PRZY WYKORZYSTANIU ANN

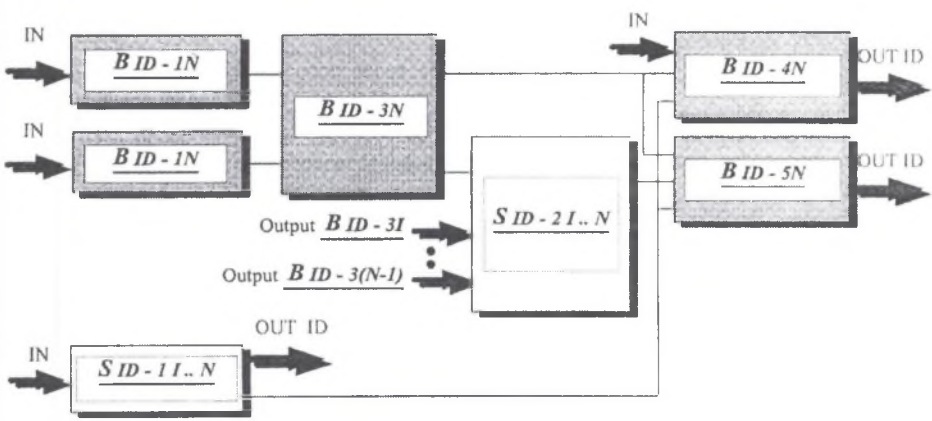
Ze względu na złożoność całego węzła wytwórczego, jak i wyznaczonych w nim fragmentów mogących pracować niezależnie - układy (bloki) wytwórcze - bloki funkcjonalne realizujące operację rozpoznawania mają strukturę rozproszoną. Składają się one z tzw. modułów podstawowych znajdujących się na najniższym poziomie systemu zarządzania. W przypadku złożonej konfiguracji wydzielonych fragmentów obiektu - determinującej długi czas identyfikacji trybu pracy - dokonuje się wewnętrznego przyporządkowania pojedynczego mo-

dułu lub grupy modułów podstawowych do rozpoznawania (identyfikacji) aktualnego trybu pracy jednostek elementarnych obiektu (np. generatora z układem rozruchu częstotliwościowego, transformatora blokowego itp.)

Dokonując takiego podziału uzyskuje się zmniejszenie czasu wypracowania decyzji (przetwarzanie wieloprocesorowe), możliwy jest również umowny podział na warstwy oraz pewna „specjalizacja" poszczególnych modułów podstawowych - dotyczy to szczególnie jednostek elementarnych obiektu, w skład których wchodzi jedno lub grupa urządzeń (np. generator, układ rozruchu częstotliwościowego, układ wzbudzenia).

Na rys. 4 przedstawiono strukturę rozproszoną bloku realizującego *operację rozpoznawania* złożonej jednostki elementarnej obiektu, jaką jest generator z turbiną parową. W pierwszej warstwie każdy moduł wstępnie rozpoznaje poprzez logiczną lub logiczno-pomiarową (wyniki prac algorytmów pomiarowych) informację o stanach położenia łączników aktualną konfigurację najbliższego mu urządzenia. W następnej warstwie, tzw. „głównej" (*B ID - 3N* na rys. 4) dokonuje się - w miarę potrzeb - wymiany informacji wygenerowanych w modułach warstwy poprzedniej (*B ID - 1N*, *B ID - 2N*), zaś warstwa wypracowująca decyzję końcową (*B ID - 4N*, *B ID - 5N*) wykorzystuje informacje przetworzone w modułach własnych warstw poprzednich, jak i informacje wypracowane w blokach sąsiednich (*S ID - 1 I .. N*, *S ID 2 I .. N*). Zwiększa się przez to w sposób znaczący pewność otrzymanej na wyjściu końcowej decyzji identyfikacyjnej - przypisania stanu pracy obiektu do danej klasy - dokonuje się pewnego rodzaju weryfikacji danych otrzymanych z poprzednich warstw własnych z danymi otrzymanymi z bloków sąsiednich.

Wszystkie moduły podstawowe przedstawione na rys. 4 są oparte na ANN.



Rys. 4. Schemat blokowy realizacji operacji rozpoznawania dla jednostki elementarnej obiektu: „*N*-ty generator z turbiną gazową"

Fig. 4. Recognition of the current operation mode for the basic element of the object: „N^{th} generator with gas turbine"

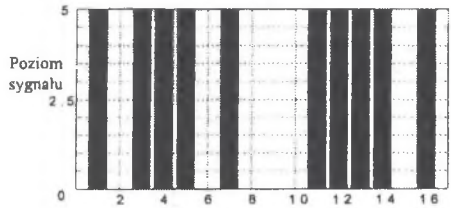
Analogiczną koncepcję przyjęto przy formułowaniu bloków funkcjonalnych, odpowiedzialnych za predykcję miejsca i rodzaju zagrożenia lub zakłócenia - stanowiących pierwszy etap realizacji *operacji prewencyjno-restytucyjnych.*

W celu dokonania szeregu badań symulacyjnych mających zweryfikować opisaną wyżej koncepcję systemu zarządzania złożonych węzłów wytwórczych został zaimplementowany m.in. układu realizujący rozpoznawania, którego integralną część stanowi blok przedstawiony na rys. 4. Każdy moduł zrealizowany został na trójwarstwowej strukturze ANN typu ***MLP***, neurony warstwy wejściowej i ukrytej mają nieliniowe funkcje aktywacji, zaś warstwy wyjściowej liniową funkcję aktywacji.

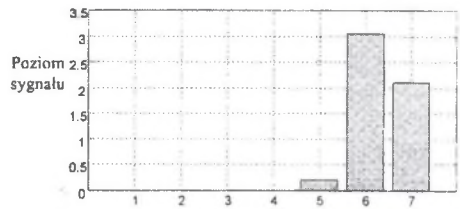
Na rysunku 5 zaprezentowano przykładowy wynik testów sieci neuronowej realizującej moduł podstawowy ***B_ID_1N*** układu identyfikacji dla przypadku pracy generatorowej obiektu. Na wejścia sieci podawane są sygnały binarne odwzorowujące stan położenia wybranych łączników w obrębie obiektu chronionego oraz kodowane binarnie informacje o poziomie niektórych wielkości analogowych (napięcie, częstotliwość). Rysunek 5 przedstawia przypadek podania na wejścia sygnałów zawierających niekomplementarną informację o położeniu wyłącznika układu wzbudzenia (wejście 9 sieci powinno być w stanie wysokim). Mimo błędnej informacji identyfikacja aktualnego trybu pracy generatora jest prawidłowa (najsilniejsze sygnały: wyjście 6 – praca generatorowa, wyjście 7 – błąd identyfikacji). Maksymalna wartość sygnału wyjściowego przy prawidłowych sygnałach wejściowych wynosi 5, a przyjęty próg identyfikacji jest równy połowie tej wartości.

Przeprowadzone badania symulacyjne układu identyfikacji trybów pracy złożonych obiektów wytwórczych wykorzystujących struktury ANN potwierdziły, że zastosowanie ANN pozwala na:

- uproszczenie struktury układu identyfikacji wykorzystującego ANN, w porównaniu z układami tradycyjnymi, opartymi na logice binarnej lub wspomaganych doradczymi systemami ekspertowymi. Dla układów identyfikacji jednostek elementarnych obiektu o najbardziej złożonej strukturze wystarczają po dwa moduły podstawowe ANN w warstwach wejściowej i wyjściowej oraz jeden moduł ANN w tzw. warstwie głównej (rys. 4),
- uzyskanie krótkiego czasu wypracowania decyzji identyfikacyjnej oraz dużego stopnia jej pewności,
- eliminację błędów rozpoznawania w sytuacjach takich, jak: niekomplementarność sygnałów binarnych czy brak sygnałów wejściowych (tzw. sygnały brakujące), które w układach bazujących głównie na logice dwuwartościowej - mimo wsparcia doradczego systemu ekspertowego - stanowiły podstawowe źródło niemożności podjęcia przez układ prawidłowej decyzji identyfikacyjnej.



Wejścia



Wyjścia

Rys. 5. Przykładowe poziomy wejść i wyjść ANN realizującej moduł podstawowy ***B ID 1N***
Fig. 5. Exemplary inputs and outputs levels of the ANN structure realizing basic module ***B ID 1N***

6. PODSUMOWANIE

Na obecnym etapie badań zostały opracowane struktury oraz sieć wzajemnych powiązań poszczególnych układów (systemów) funkcjonalnych - podstawowych, jak i złożonych - realizujących kompleksy operacji: rozpoznawania i adaptacji oraz dokonujących predykcji miejsca i rodzaju zagrożenia lub zakłócenia. Dla wszystkich wymienionych modułów systemów funkcjonalnych zostały przyjęte struktury oparte na sztucznych sieciach neuronowych (ANN). Kolejnym etapem było opracowanie baz wiedzy - *uczących i testujących* - pozwalających na przeprowadzenie badań symulacyjnych, których efektem końcowym było wypracowanie optymalnej struktury oraz wyznaczenie wartości wag i biasów dla poszczególnych ANN stanowiących poszczególne układy funkcjonalne - wyznaczenie identyfikatorów sieci. Zostały również opracowane adaptacyjne algorytmy zabezpieczeniowe pozwalające na prawidłową estymację wielkości kryterialnych w przypadku zmiany częstotliwości wejściowych sygnałów pomiarowych w szerokim zakresie - warunkujących poprawną realizację operacji zabezpieczeniowych i pomiarowych. Następnym etapem będzie wyznaczenie i przetestowanie reguł postępowania (reguł decyzyjnych) pozwalających na realizację - dla danego obiektu - zadań prewencyjno-restytucyjnych. Etapem końcowym będzie sprecyzowanie wymagań dotyczących wewnętrznej sieci informatycznej. Istniejąca w obrębie obiektów wytwórczych sieć teleinformatyczna zarówno w zakresie swej struktury, zarządzania danymi, szybkości transmisji jak i przepustowości nie jest przystosowana - bez modyfikacji - na realizację wszystkich funkcji oferowanych przez inteligentne systemy sterowania. Należy zatem sprawdzić i zweryfikować możliwości istniejących sieci oraz określić rodzaj i zakres koniecznych modyfikacji. Wstępnie, na etapie formułowania koncepcji systemów zarządzania złożonymi węzłami wytwórczymi przyjęto zasadę tworzenia *dedykowanych torów transmisji* wykorzystywanych do przesyłu danych i informacji potrzebnych do realizacji poszczególnych kryteriów.

LITERATURA

1. Problemy automatyki i informatyki, książka jubileuszowa z okazji.... Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1998.
2. Halinka, A., Szewczyk M., Winkler, W., : New Approach to Adaptive Protective Systems Problem in the Complex Power Generating Units. Proceedings of the American Power Conference, vol. 61 - II, 61st Annual Meeting 1999, Chicago, p. 542-547.
3. P. Sowa, A. Halinka, M. Szewczyk : Insensitive Algorithm of Correct Frequency Estimation for Power System Protection. Proceedings of the IASTED International Conference Signal and Image Processing (SIP'99) and Internet and Multimedia Systems and Applications (IMSA'99), October 18-21, 1999, Nassau - Bahamas, p. 71-75.
4. Buck, D., : Das elektrische System von ABB - Kombikraftwerken. ABB Technik 2/1995, s. 15-23.

Recenzent: Dr hab. inż. Janusz Szafran, prof. Politechniki Wrocławskiej

Wpłynęło do Redakcji dnia 2 maja 2000 r.

Abstract

Contemporary large electric power systems require both high technical and operational means which should ensure flexibility, reliability and dependability in all possible operating modes of their individual generating plants and substations. A significant role among these means play the applied operational control and management systems or methods based on data and information exchange.

Operational flexibility belongs to the most fundamental requirements. It can be achieved, among others, if combined generating plants based on steam and gas turbine sets or hydro generating plants with reversal generator/motor sets are available. The proper operation of those sets requires dedicated operational management systems (OMS's) as well as determination of communication standards for their co-operation with OMS's of the neighbouring power system elements or whole generating plants and their main substations.

Till now many good solutions have been developed and introduced into service in the domain of OMS's of substations. These OMS's integrate various fundamental functions, i.e. protection, control, measurement, data acquisition and transmission etc. However, not much progress has been achieved in OMS's of combined generating plants, mainly in the co-operation with OMS's of other electric power objects, e.g. adjacent substations. This paper presents the general concept of such a solution based on a communication system linking various OMS's of neighbouring objects.

The objective OMS has been developed in virtue of the following two main assumptions:

- The supervised object has a complex structure involving a definite number of power units within one power plant or a part of the electric power system consisting of a group of substations.

- The following tasks should be realized: identification of current operating modes of the given object, measurement, protective and control functions with adaptive features for normal, abnormal, disturbance and post-disturbance conditions.

The OMS has a distributed structure divided into functional modules responsible for the realization of the particular tasks. Figure 1 shows the simplified structure of such a system, where two main information streams can be distinguished, i.e.:

- Stream 1 - containing data and information obtained from the primary circuits of all elements belonging to the supervised object as well as from OMS's of neighbouring objects (e.g. substations). These information are mainly based on the position of switches and estimator values of selected measurement quantities determined in digital protective relays and systems.
- Stream 2 - enclosing mainly information processed in functional elements that perform measurement and protective algorithms. These information occur immediately after fault initiation or the excess of admissible operating parameters of the supervised object and its individual elements.