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

Adrian HALINKA
Michał SZEWCZYK

PRZESYŁ I WYMIANA INFORMACJI W SYSTEMACH ZARZĄDZANIA ZŁOŻONYMI OBIEKTAMI WYTWÓRCZYMI

Streszczenie. W artykule przedstawione zostaną zasady przesyłu i wymiany informacji w systemie zarządzania złożonymi obiektami wytwórczymi. Zaproponowane zostaną również kryteria, których realizacja zapewni prawidłową pracę takich obiektów. Wymagania stawiane inteligentnym systemom zarządzania wymuszają stosowanie odpowiedniej struktury systemu wymiany informacji. W artykule przedstawiono koncepcję struktury takiego systemu dedykowanego węzłowi wytwórczemu pracującemu w układzie kombinowanym (elektrownia składająca się z generatorów z turbinami gazowymi o rozruchu częstotliwościowym oraz generatorów z klasycznymi turbinami parowymi.

TRANSMISSION AND EXCHANGE OF INFORMATION IN THE COMPLEX POWER GENERATING SETS MANAGEMENT SYSTEMS

Summary. This paper will present principles of transmission and data exchange in the complex power generating sets management systems. Four criteria which realization guarantee proper operation of such objects will be proposed. Requirements of the intelligent management systems force the appropriate structure of the transmission and data exchange system. Exemplary concept of the internal and external communication system dedicated to the combined power plant (equipped with gas turbine driven generators with frequency start up system and traditional steam turbine driven generators) will be presented.

1. WSTĘP

Stale dokonująca się rozbudowa i modernizacja systemów elektroenergetycznych (SEE) podyktowana jest przede wszystkim rosnącymi wymaganiami w zakresie pewności i niezawodności zasilania oraz zapewnienia odpowiedniej jakości (odpowiednich parametrów technicznych) dostarczanej do odbiorców energii elektrycznej. Wymagania te determinują nie tylko

konieczność strukturalnej rozbudowy istniejących systemów, ale i nowego podejścia do zagadnień ogólnie pojętego zarządzania pracą SEE. W strukturze SEE można wyróżnić dwie zasadnicze grupy obiektów, tj. obiekty wytwórcze oraz przesyłowo-odbiorcze. Duże zróżnicowanie funkcjonalne, strukturalne czy nawet terytorialne obiektów przynależnych do różnych grup jak i należących do tej samej grupy, skłania do indywidualnego podejścia do zagadnień zarządzania tymi obiektami. Przy formułowaniu koncepcji *systemów zarządzania* takimi obiektami należy przewidzieć potrzebę, czy wręcz konieczność wymiany informacji pomiędzy systemami zarządzającymi obiektami różnych grup czy też należących do tej samej grupy. Prężnie rozwijająca się technika cyfrowa, silnie akcentująca swoją obecność w elektroenergetyce, stwarza potencjalne możliwości nowego podejścia do problemów sterowania, identyfikacji aktualnego trybu pracy obiektu, pomiarów, elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej, automatyki prewencyjnej i restytucyjnej.

Przy formułowaniu *systemu zarządzania* danym obiektem przyjmuje się dwa podstawowe założenia:

- jako obiekt traktowana jest złożona struktura wytwórcza - składająca się z określonej liczby bloków energetycznych wraz z układami towarzyszącymi (np. potrzeb własnych, wzbudzenia, rozruchowymi) stanowiących całościowo elektrownię, lub struktura przesyłowo-odbiorcza, wyznaczająca fragment SEE w obrębie jednej (o dużym znaczeniu) lub grupy stacji elektroenergetycznych. Obecnie jako *obiekt* postrzegane jest najczęściej jedno podstawowe urządzenie (element) struktury SEE, np. generator, transformator, linia przesyłowa. Zasadnicza zmiana dotyczy zatem przyjętego określenia *obiektu* zarówno w sensie jego złożoności strukturalnej - obiekt może składać się z wielu urządzeń elementarnych - jak i konieczności formułowania wewnętrznych złożonych systemów automatyki elektroenergetycznej, dających jednak znacznie szersze możliwości w zakresie sterowań i adaptacji tak sformułowanego obiektu do zmieniających się warunków pracy wewnątrz własnej struktury, jak i warunków pracy w całym SEE;
- *system zarządzania* powinien w sposób kompleksowy realizować funkcje: identyfikacji aktualnego stanu pracy *obiektu* i jego elementów składowych, pomiarów, elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej, adaptacyjne odniesione zarówno do automatyki zabezpieczeniowej, jak i sterowania, sterowania w stanach pracy normalnej *obiektu*, sterowania prewencyjnego lub restytucyjnego w stanach przed- lub poawaryjnych, komunikowania się w obrębie własnej struktury, jak i z *systemami zarządzania* innymi obiektami w celu przesyłu lub wymiany informacji. Prawidłowa realizacja w krótkim czasie wymienionych funkcji stanowi podstawowy warunek zapewnienia dużej elastyczności, niezawodności i optymalnych warunków pracy SEE, a co za tym idzie, zapewnienia odpowiedniej jakości dostarczanej energii.

Wysokie wymagania techniczne stawiane współczesnym systemom elektroenergetycznym powodują, że coraz większego znaczenia w całej strategii zarządzania i sterowania SEE nabierają - szczególnie w zakresie obiektów wytwórczych - układy charakteryzujące się

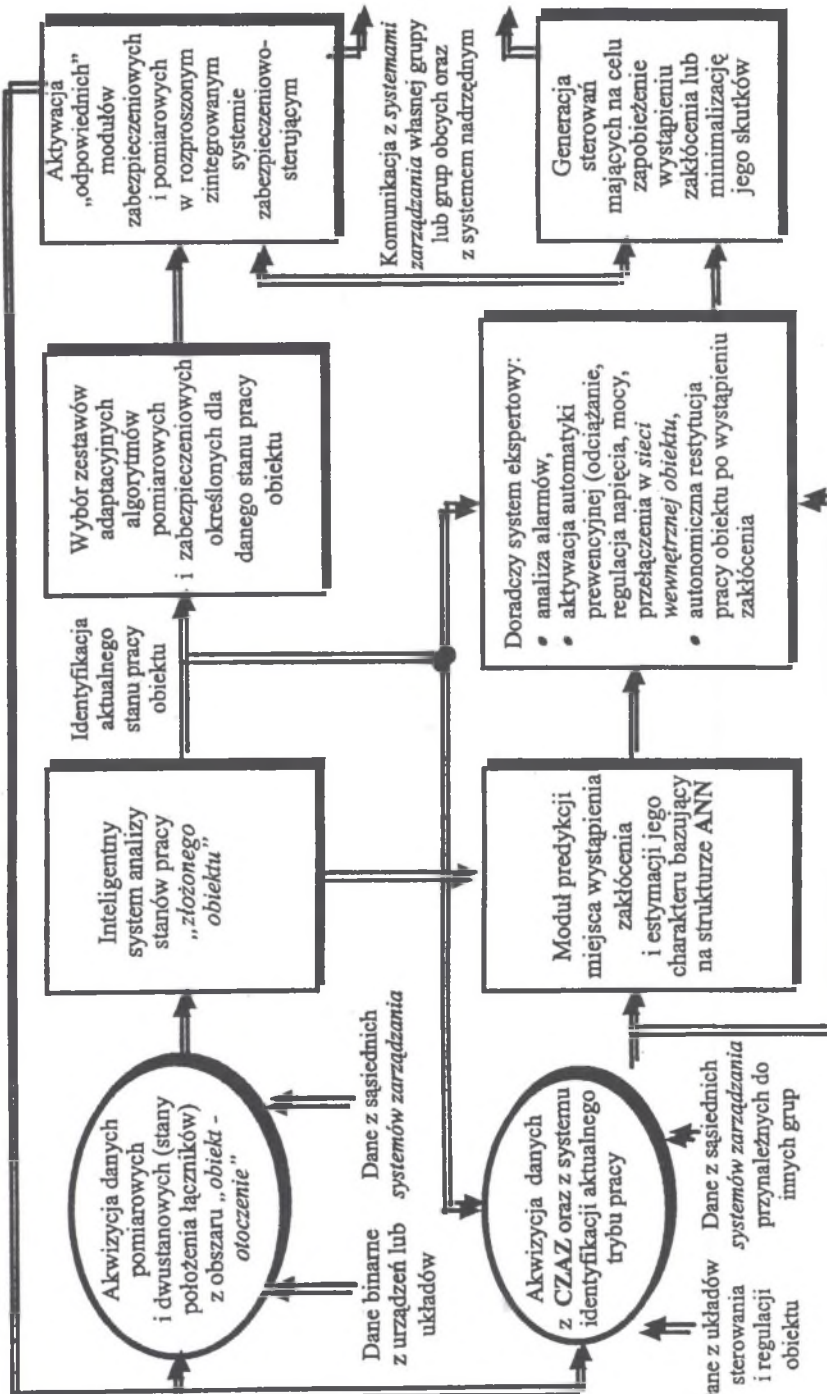
dużą dynamiką i szerokim zakresem sterowań, krótkim czasem gotowości do pracy w SEE (czas rozruchu nie przekraczający kilkuset sekund), elastycznością i różnorodnością funkcjonalną (np. praca w charakterze generatora, silnika czy kompensatora synchronicznego), niższymi kosztami eksploatacji oraz mniejszą uciążliwością dla środowiska naturalnego. Do takich obiektów zaliczyć należy przede wszystkim węzły wytwórcze złożone z hydrozespołów odwracalnych czy tzw. elektrownie kombinowane wyposażone w turbiny gazowe i parowe. Cenne zalety, jakimi odznaczają się te obiekty, uzyskuje się jednak kosztem znacznie większego stopnia złożoności strukturalnej takich układów w porównaniu z układami tradycyjnymi. Pociąga to za sobą konieczność formułowania i realizacji złożonych systemów zabezpieczeniowo-sterujących (systemów zarządzania) w celu zapewnienia prawidłowej pracy takich obiektów przy jednocześnie pełnym wykorzystaniu oferowanych przez nie możliwości.

Obecnie pojawia się wiele opracowań dotyczących kompleksowych systemów zarządzania stacjami elektroenergetycznymi w zakresie akwizycji i przetwarzania danych, automatyki zabezpieczeniowej i sterującej, realizacji funkcji pomiarowych, monitorowania pracy stacji, komunikacji pomiędzy elementami systemu zarządzania stacją na różnych poziomach hierarchicznych czy wreszcie komunikacja z systemami sąsiednimi oraz z systemem nadrzędnym [5]. Odczuwa się jednak brak formułowania koncepcji systemów zarządzania dedykowanych obiektom wytwórczym, ze szczególnym uwzględnieniem niekonwencjonalnych węzłów wytwórczych, o których wspomniano wyżej. W artykule zostanie przedstawiona ogólna koncepcja *rozproszonego systemu zarządzania węzłami wytwórczymi o złożonej topologii* ze szczególnym uwzględnieniem realizowanych przez system funkcji oraz omówieniem struktury komunikacyjnej *wewnętrznej* - akwizycja, przetwarzanie i wymiana informacji pomiędzy modułami funkcjonalnymi sytemu zarządzania - i *zewnętrznej* służącej do przesyłu i wymiany danych z innymi *systemami zarządzania* tej samej grupy lub systemami innych grup.

2. OGÓLNA STRUKTURA INTELIGENTNEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA ZŁOŻONYM OBIEKTEM WYTWÓRCZYM

System zarządzania ma strukturę rozproszoną, podzieloną na układy funkcjonalne odpowiedzialne za realizację poszczególnych funkcji systemu [2]. Uproszczoną strukturę takiego systemu zarządzania przedstawiono na rysunku 1. Ze względu na zróżnicowanie wykorzystywanych przez poszczególne układy funkcjonalne danych zakłada się dwa główne tory pozyskiwania informacji:

- pierwszy tor stanowią przede wszystkim dane i informacje uzyskiwane z obwodów pierwotnych elementów wchodzących w skład obiektu oraz informacje z sąsiednich systemów zarządzania - głównie informacje przetworzone z systemów zarządzania przynależnych do innych grup (np. stacje elektroenergetyczne znajdujące się w sąsiedztwie węzła wytwórczego). Informacje te są głównie w postaci danych dwustanowych, odwzorowujących ak–



Rys. 1. Struktura powiązań i wymiany informacji pomiędzy głównymi układami funkcjonalnymi systemu zarządzania dedykowanego złożonym węzłom wytwórczym

Fig. 1. Interconnections and data exchange between the main functional units of the complex power generating set management system

tualny stan łączników obiektu, oraz w postaci wartości estymat wybranych wielkości pomiarowych, wyznaczanych w cyfrowych zespołach zabezpieczeniowych.

♦ drugi tor danych stanowią głównie informacje przetworzone w układach funkcjonalnych realizujących algorytmy pomiarowe i elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej. Są to przede wszystkim informacje o uszkodzeniu lub przekroczeniu dopuszczalnych parametrów pracy urządzeń i układów wchodzących w skład zabezpieczanego obiektu, a także informacje o wystąpieniu zakłóceń, w następstwie których nastąpiło wyłączenie urządzenia lub układu z pracy.

Poszczególne układy funkcjonalne prezentowanego *systemu zarządzania* realizują następujące kryteria (operacje), gwarantujące prawidłową i niezawodną pracę złożonych układów wytwórczych:

- *kryterium struktury* - realizujące rozpoznawanie aktualnego trybu pracy całego obiektu.[4] W przypadku dużej złożoności obiektu zostaje on podzielony na fragmenty mogące pracować autonomicznie (indywidualnie), np. blok energetyczny.
- *kryterium adaptacyjne*, dokonujące na podstawie uzyskiwanych informacji - głównie z układu realizującego *kryterium struktury* - analizy możliwości prawidłowej pracy aktualnie aktywnych algorytmów pomiarowych i zabezpieczeniowych i w razie konieczności generujące decyzje o zmianie parametrów ich pracy.
- *kryterium zabezpieczeniowe*, gwarantujące 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 [1], [3].
- *kryterium prewencyjno-restytucyjne*, dokonujące analizy alarmów, sygnałów ostrzegawczych lub informacji o wystąpieniu zakłócenia w celu predykcji miejsca wystąpienia zakłócenia i określenia jego charakteru, co umożliwia szybszą i skuteczniejszą reakcję algorytmów sterujących mających za zadanie minimalizację skutków powstałych zakłóceń.

3. KONCEPCJA STRUKTURY SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH, REALIZUJĄCYCH KOMUNIKACJĘ *WEWNĘTRZNĄ* I *ZEWNĘTRZNĄ*

Jednym z podstawowych warunków zapewnienia dużej pewności i niezawodności pracy *systemów zarządzania* złożonymi obiektami wytwórczymi, tj. realizacji czterech omówionych wyżej operacji (kryteriów) jest stworzenie odpowiedniej sieci informatycznej zapewniającej możliwość szybkiego dostępu i przesyłu dużych zbiorów danych przy jednoczesnym zachowaniu dużej odporności układów transmisji na zakłócenia zewnętrzne. Generalnie zakłada się obecność dwóch podstawowych sieci przesyłu i wymiany danych:

- *sieci wewnętrznej* obejmującej transmisję danych pomiędzy poszczególnymi modułami podstawowymi ***B*..**, układami funkcjonalnymi ***S*..** oraz układami ***GUAPZZ..*** i ***GUAAPR..*** systemu zarządzania rozpatrywanego obiektu - rysunek 2,
- *sieci zewnętrznej* obejmującej przesył i wymianę informacji pomiędzy poszczególnymi ***GUAPZZ..*** i ***GUAAPR..*** a sąsiednimi systemami zarządzania - przynależnymi do grupy obiektów przesyłowych (przyelektrowniane stacje elektroenergetyczne) - oraz nadrzędnym systemem zarządzania SEE lub jego wydzielonym fragmentem.

O stopniu złożoności sieci wewnętrznej decydują przede wszystkim stopień złożoności strukturalnej i pomiarowej rozpatrywanego obiektu. Czynniki te determinują liczbę koniecznych informacji pozyskiwanych z obiektu, jego układów regulacji i sterowania, z cyfrowych zespołów pomiarowo-zabezpieczeniowych oraz ewentualną konieczność stosowania adaptacyjnych algorytmów pomiarowych i zabezpieczeniowych ze względu na zmienną (w szerokim przedziale) częstotliwość wejściowych sygnałów pomiarowych, np. podczas rozruchu częstotliwościowego generatora.

Generalnie wewnętrzna sieć informatyczna charakteryzuje się wielopoziomową strukturą rozproszoną. Na najniższym poziomie znajdują się układy funkcjonalne odpowiedzialne za realizację kryterium struktury i zabezpieczeniowego. Układy te mogą być zrealizowane w postaci terminali składających się m.in. z cyfrowych zespołów automatyki zabezpieczeniowej oraz dodatkowo z modułów lokalnej identyfikacji i adaptacji. Na poziomie tym znajdują się również moduły wypracowujące informacje o miejscu i rodzaju wystąpienia zagrożenia lub zakłócenia, wykorzystywane następnie przede wszystkim przez układ realizujący kryterium prewencyjno-restytucyjne. Na wyższym poziomie (warstwa pośrednia) znajdują się układy funkcjonalne - przypisane określonemu fragmentowi obiektu - dokonujące lokalnej realizacji kryterium adaptacyjnego i prewencyjno-restytucyjnego. Poziom następny najczęściej jest poziomem głównym wewnętrznej sieci informatycznej systemu zarządzania obiektem i stanowi węzeł łączący sieć wewnętrzną z siecią zewnętrzną. Na tym poziomie dokonuje się globalnej - w odniesieniu do całego obiektu - realizacji kryterium adaptacyjnego i prewencyjo-restytucyjnego na podstawie dodatkowych kryteriów decyzyjnych, przy wykorzystaniu doradczego systemu ekspertowego oraz przy uwzględnieniu aktualnych wymagań i potrzeb całego SEE lub jego części. Kryteria te są realizowane dzięki możliwości bezpośredniej akwizycji i wymiany danych z sąsiednimi systemami zarządzania obiektami należącymi do tej samej lub innej grupy oraz z nadrzędnym systemem zarządzania SEE. Każdy blok funkcjonalny na dowolnym poziomie fizycznie stanowi odrębny układ/układy wyposażony we własny procesor/procesory.

W przypadku obiektów mniej złożonych strukturalnie można zrezygnować - przy zapewnieniu krótkich czasów odpowiedzi - z warstwy zawierającej moduły podstawowe. W tym przypadku realizacja kryterium struktury i zabezpieczeniowego dokonywana jest przez odrębne układy funkcjonalne na poziomie wyższym.

Komunikacja pomiędzy modułami poziomu najniższego oraz modułami podstawowymi i układami funkcjonalnymi warstwy pośredniej - przynależnych do danego fragmentu obiektu - odbywa się za pomocą lokalnych magistrali informatycznych; wymiana informacji pomiędzy modułami podstawowymi i układami funkcjonalnymi przyporządkowanymi do różnych fragmentów obiektu odbywa się poprzez specjalne łącza światłowodowe. Transmisja informacji pomiędzy układami warstwy pośredniej a głównymi układami systemu zarządzania obiektem oraz zewnętrznymi systemami zarządzania i systemem nadrzędnym realizowana jest w oparciu o główną magistralę systemową.

W pewnych przypadkach realizacja złożonych kryteriów identyfikacyjnych czy zabezpieczeniowych wymaga dostępu do danych z zewnętrznych systemów zarządzania. Przesył tych danych z sieci zewnętrznej na poziom najniższy sieci wewnętrznej odbywa się przez warstwę pośrednią.

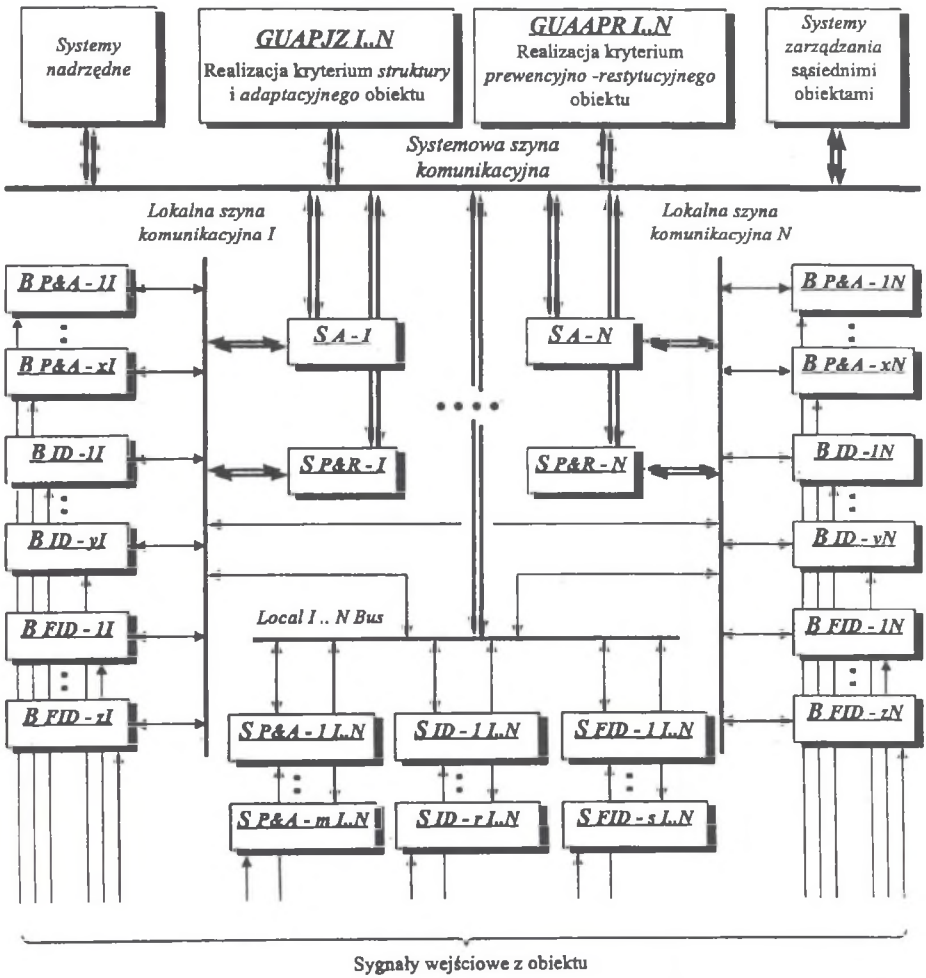
Na rysunku 2 została przedstawiona struktura wewnętrznej sieci informatycznej dedykowana węzłowi wytwórczemu pracującemu w tzw. układzie kombinowanym [6]. Elektrownia składa się z N bloków energetycznych wyposażonych w generatory z turbinami gazowymi o rozruchu częstotliwościowym oraz w generatory z klasycznymi turbinami parowymi.

Duża złożoność strukturalna takiego obiektu jak i różnorodność możliwych trybów i układów pracy zmusza do podziału całego obiektu na fragmenty: mogące pracować indywidualnie (bloki wytwórcze) oraz pracujące na potrzeby ogólne (układ potrzeb własnych ogólnych elektrowni). Dla takich fragmentów obiektu zostają sformułowane autonomiczne systemy zarządzania realizujące wszystkie wymienione kryteria.

Ze względu na dużą ilość i różnorodność - potrzebnych do realizacji kryteriów struktury i zabezpieczeń oraz predykcji miejsca i rodzaju zakłócenia - informacji wejściowych, układy funkcjonalne systemu zarządzania odpowiedzialne za ich realizację zostały dodatkowo zdecentralizowane na moduły podstawowe. Moduły podstawowe $B\,ID\;N$, $B\,P\&A\;N$ i $B\,FID\;N$ przyporządkowane są jednostkom elementarnym obiektu, np. generatorowi, układowi rozruchu częstotliwościowego, transformatorowi N - tego bloku wytwórczego, a ich liczba uzależniona jest od potrzeb, np. konieczność redundancji funkcji zabezpieczeniowych. Korzystają one z danych uzyskiwanych bezpośrednio z obiektu (informacje binarne o położeniu łączników), z wymiany informacji pomiędzy modułami podstawowymi lub układami funkcjonalnymi własnego autonomicznego systemu zarządzania lub systemów sąsiednich - przetworzone dane pomiarowe z obiektu, z układów regulacji, informacje o pobudzeniu lub zadziałaniu funkcji zabezpieczeniowych - czy wreszcie z danych uzyskanych z zewnętrznych systemów zarządzania innej grupy obiektów (np. informacje ze stacji systemowej). Analogiczną strukturę przyjęto dla fragmentu obiektu pracującego na potrzeby ogólne.

Ponieważ decyzje wypracowywane w modułach podstawowych stanowią podstawową bazę wiedzy dla poszczególnych układów funkcjonalnych jak i całego systemu zarządzania, wymagana jest w stosunku do nich:

- możliwość szybkiego przetwarzania dużych zbiorów danych,
- łatwość adaptacji do zmieniających się warunków i trybu pracy obiektu,
- niewrażliwość lub mała podatność na informacje błędne lub brakujące,
- mała wrażliwość na uszkodzenia,
- możliwość szybkiej komunikacji w obrębie sieci wewnętrznej, jak i zewnętrznej w celu przesyłu i odbioru danych.



Rys. 2. Struktura wewnętrznego i zewnętrznego przesyłu i wymiany informacji w systemie zarządzania złożonym obiektem wytwórczym

Fig. 2. Internal and external communication structure in the complex power generating set management system

Objaśnienia elementów składowych struktury:

B P&A xN - *x*-ty moduł podstawowy *N*-tego fragmentu obiektu (np. *N*-tego bloku energetycznego) realizujący *kryterium zabezpieczeniowe* i wyposażony w moduł adaptujący,

B ID yN - *y*-ty moduł podstawowy *N*-tego fragmentu obiektu realizujący *kryterium struktury*,

B FID zN - *z*-ty moduł podstawowy *N*-tego fragmentu obiektu dokonujący predykcji miejsca i rodzaju zagrożenia lub zakłócenia wewnętrznego,

S P&A m I .. N - *m*-ty moduł realizujący *kryterium zabezpieczeniowe* i wyposażony w moduł adaptujący układu obiektu współpracującego z fragmentami *I .. N* obiektu (np. układ potrzeb własnych ogólnych węzła wytwórczego),

S ID r I .. N - *r*-ty moduł realizujący *kryterium struktury* układu obiektu współpracującego z fragmentami *I .. N* obiektu (np. układ potrzeb własnych ogólnych węzła wytwórczego),

S FID s I .. N - *s*-ty moduł dokonujący predykcji miejsca i rodzaju zagrożenia lub zakłócenia wewnętrznego układu obiektu współpracującego z fragmentami *I .. N* obiektu,

S A N - moduł adaptacyjnej parametryzacji jednostek zabezpieczeniowo-pomiarowych *N*-tego fragmentu obiektu realizujący *kryterium adaptacyjne*,

S P&R N - moduł autonomicznej automatyki prewencyjno - restytucyjnej *N* - tego fragmentu obiektu realizujący *kryterium prewencyjno - restytucyjne*,

Lokalna szyna komunikacyjna N, *Lokalna szyna komunikacyjna I .. N* - magistrale informatyczne wykorzystane przede wszystkim do przesyłu i wymiany danych pomiędzy modułami podstawowymi oraz układami funkcjonalnymi poszczególnych fragmentów obiektu,

Systemowa szyna komunikacyjna - główna magistrala informatyczna do komunikacji pomiędzy układami głównymi *systemu zarządzania obiektem*, sąsiednimi *systemami zarządzania* oraz *systemem nadrzędnym*,

GUAPZZ N, *GUAAPR N* - główny układ adaptacyjnej parametryzacji zespołów zabezpieczeniowych i autonomicznej automatyki prewencyjno-restytucyjnej *N*-tego bloku wytwórczego w rozproszonym systemie zarządzania obiektem (węzłem) wytwórczym.

Z tych względów zaleca się zastosowanie do realizacji modułów *B ID*... i *B FID*... struktur sztucznych sieci neuronowych typu *MLP* o trzech warstwach i nieliniowych funkcjach aktywacji. Jako metodę uczenia proponuje się algorytm *wstecznej propagacji błędu z momentum*. Komunikacja na dowolnym poziomie hierarchii pomiędzy wszystkimi elementami systemu zarządzania jest dwukierunkowa i odbywa się za pomocą łączy światłowodowych.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiona koncepcja systemu zarządzania złożonych węzłów wytwórczych zapewnia globalną realizację funkcji pomiarowych, zabezpieczeniowych, adaptacyjnych i identyfikujących aktualny tryb pracy obiektu poprzez sieć wzajemnych powiązań pomiędzy modułami i układami funkcjonalnymi, które dedykowane są poszczególnym fragmentom chronionego obiektu mogących pracować indywidualnie. Sformułowanie dla takich systemów czterech

podstawowych kryteriów, tj.: struktury, zabezpieczeniowego, adaptacyjnego i prewencyjno-restytucyjnego znacznie rozszerza zakres i możliwości ich zastosowania. Systemy te, bazując na inteligentnych układach identyfikacji, wykorzystujących struktury sztucznych sieci neuronowych, są w stanie automatycznie dostosować swoje funkcje pomiarowe i zabezpieczeniowe do zmieniających się warunków pracy chronionego obiektu - rozumianych zarówno w sensie zmiany powiązań poszczególnych jednostek elementarnych obiektu jak i w sensie zmian parametrów charakteryzujących wejściowe wielkości pomiarowe (częstotliwość). Na uwagę zasługuje również możliwość znacznego rozszerzenia i wzbogacenia baz danych stanowiących źródła wiedzy przy realizacji funkcji systemu. Dzięki temu można definiować wielokryterialne algorytmy decyzyjne szczególnie jeżeli chodzi o realizację kryterium zabezpieczeniowego, jak i prewencyjno-restytucyjnego. Bezpośrednia łączność z zewnętrznymi systemami zarządzania pozwala na szersze spojrzenie na zagadnienia sterowania i regulacji węzłem wytwórczym nie tylko w odniesieniu do węzła jako układu autonomicznego wewnętrznie, ale również przy uwzględnieniu warunków stabilności napięciowej czy równowagi mocy w całym SEE. Formułując systemy zarządzania dla węzłów wytwórczych w postaci elektrowni kombinowanych czy hydrozespołów odwracalnych, a więc obiektów stanowiących szybie źródła regulacji mocy o krótkim czasie rozruchu, można zdefiniować nowe szybkie algorytmy sterujące i regulacyjne uruchamiane w krytycznych sytuacjach całego SEE. Należy do nich zaliczyć przede wszystkim działania prewencyjne w przypadku wystąpienia dużego zakłócenia systemowego mające zapobiec groźbie rozpadu systemu lub działania regulacyjne w trakcie odbudowy struktury SEE po jego rozpadzie wskutek likwidacji w nim poważnej awarii.

LITERATURA

1. Fromm W., Halinka A., Winkler W.: Accurate measurement of wide-range power system frequency changes for generator protection. Proceedings of the 6th Intern. Conf. on Developments in Power System Protection, Nottingham / UK, 25-27 March, 1997, pp. 53-57.
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, pp. 542-547.
3. Sowa P., Halinka A., Szewczyk M.: 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, pp. 71-75.
4. Halinka A., Szewczyk M., Winkler W., Witek B.: Identification of complex power system plants operating states for adaptive protection purposes. Proc. of the 11-th Int. Conference on Power System Protection, Bled, Slowenia, 30.09-2.10 1998, pp. 133-139.

5. Kezunovic M.: Future requirements for digital substation control and protection systems. Workshop proceedings „Substation Automation Feedback and Trends", 21 March 1997, Paris.
6. Buck D.: Das elektrische System von ABB - Kombikraftwerken. ABB Technik 2/1995, ss. 15-23.

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

Wpłynęło do Redakcji dnia 2 maja 2000 r.

Abstract

Generating nodes - from point of view of the power system automation - have not only complex structure of electrical interconnections between individual elements or units consisting protected object but first of all they have the large number of possible operating modes depending on external power system requirements. The base structure of the power plant including: generator, excitation unit, step-up transformer, high voltage auxiliary services system, general auxiliary services system (low and high voltage part) and additional units depending on the character of the generating set (e.g. frequency start up unit for the gas turbine driven generators) can be defined as a generating node.

Generating node will be divided into individual „generating blocks" and general auxiliary services system. In each of „generating block" elementary units (generator, transformers, excitation unit, etc.) will be distinguished.

Operating modes can be determined through:

- actual interconnections between „generating blocks" and basic units belonging to this blocks (number of working blocks, blocks in stand - by mode, blocks to repair, etc.),
- actual load of the generating node - active and reactive power level,
- actual load of individual active generating blocks,
- external power system configuration in the nearest environment of the generating node - generating power level, load of power plant transmission lines, short circuit power level of the external power system,
- control units state, adjustment reserve, manual or automatic voltage control, etc.
- alarm and warning information signals about the possibility of hazards and faults occurrence.

Moreover, in the large power generating nodes some of the characteristic operating modes can be distinguished, especially operating modes in which changing of parameters of control, measurement and protection automation must be done (ensuring the proper and optimal generating node operation):

- generator operating mode in which measurement signals frequency, mainly currents and voltages, can oscillate near nominal frequency 50 Hz,
- „frequency start up mode" in which the start up procedure of the generator can be done trough the frequency change of the supply of frequency converters from zero to nominal value,
- „asynchronic start up mode" in which the wide range signals frequency change occurs.

Presented characteristic of the complex power generating nodes determine the necessity of the intelligent management system development which must realize four fundamental criteria:

- criterion 1: recognition of the actual operating mode of the whole generating node,

- criterion 2: adaptation - basing on the information from system realizing criterion 1 - of the measurement and protection functions to the actual object configuration,
- criterion 3: protection functions realization which guarantee proper protection in all object configurations and during the wide range frequency changes,
- criterion 4: prevention and restitution - basing on alarms and warning signals from control and protection units, information from system realizing criterion 1, information from external management systems and superior control system of the Electrical Power System gives the possibility of taking control decisions to keep protected object in the operation.