

Andrzej Matczewski
Instytut Elektroenergetyki
i Sterowania Układów

PROBLEM DOBORU SYMULATORA DO SZKOLENIA OBSŁUGI DUŻYCH BŁOKÓW ENERGETYCZNYCH

Streszczenie. Na tle wymogów eksploatacyjnych, przede wszystkim w zakresie niezawodności pracy elektrowni z dużymi blokami energetycznymi, wskazuje się rolę personelu ruchowego i konieczność jego szkolenia przy zastosowaniu elektronicznego symulatora bloku. Podejmuje się próbę określenia wymogów, jakie winien spełniać nowoczesny symulator bloku przeznaczony wyłącznie do szkolenia obsługi. Przedstawiono również ogólną koncepcję budowy symulatora uważaną za najbardziej predestynowaną do realizacji w warunkach polskich.

1. Wstęp

Wprowadzenie do systemów elektroenergetycznych elektrowni z blokami o mocach 200 MW i większych pogłębiło i zaostrzyło istniejące problemy eksploatacyjne, a także wyłoniło szereg nowych. Powiększone i bardziej złożone stały się tym samym w nowych elektrowniach blokowych obowiązki personelu eksploatacyjnego, w pierwszej zaś kolejności operatorów w nastawniach blokowych. Podkreślić przy tym jednakże należy, iż przyczyną tego stanu jest nie tylko złożoność techniczna bloku, lecz również jakościowo nowe wymagania, co do sposobu prowadzenia ruchu elektrowni, wynikające z dążności do poprawy niezawodności i ekonomii pracy systemu elektroenergetycznego.

Jednocześnie praktyka wykazała, że mimo wprowadzenia w dużych blokach energetycznych rozbudowanych i coraz to doskonalszych układów automatycznej regulacji i sterowania wspomaganymi często (szczególnie w St.Zj.Am. Płn.) układami centralnej rejestracji i przetwarzania danych przy użyciu środków ETO, w tym specjalizowanych komputerów, liczba czynności wykonywanych przez operatorów nie uległa zasadniczemu zmniejszeniu. Dotyczy to w głównej mierze pracy w stanach nieustalonych programowanych (np. rozruchy i odstawienia planowe) oraz awaryjnych.

Również nadal zbyt duża jest ilość niezbędnych obserwacji wskazań mierników w nastawniach dokonywanych przez operatorów, których liczba wskutek obwarowań gwarancyjnych urządzeń podstawowych, a także pomocniczych - mi-

no usilnych wysiłków - bynajmniej nie zmniejsza się (!). W tej sytuacji prace nad udoskonaleniem pulpitych nastawni nie dają zasadniczej poprawy wymogów ergonomicznych.

Jeżeli więc uwzględnia się ponadto fakt znacznej awaryjności dużych bloków energetycznych, w tym i poszczególnych układów automatyki skutkiem wad projektowych, konstrukcyjnych i montażowych, twierdzenie o wzrastającej roli personelu ruchowego, stopnia jego zawodowego przygotowania, staje się w pełni uzasadnione.

Wobec powyższego, w szeregu wysokoprzemysłowych krajów (USA, WB, Francja, Japonia i NRP) w procesie przygotowania personelu ruchowego elektrowni w coraz szerszym zakresie wykorzystuje się nowoczesne pomoce dydaktyczne, w tym i symulatory elektroniczne bloków. Stosowanie tych ostatnich staje się już w ostatnich kilku latach zasadą w przypadku wprowadzania do eksploatacji nowych, dużych elektrowni jądrowych.

W niniejszym referacie, w pierwszej jego części, podejmuje się próbę określenia wymogów, jakie winien spełniać nowoczesny symulator bloku energetycznego klasycznego dużej mocy, pracującego podstawowo w systemie elektroenergetycznym, przeznaczony wyłącznie do szkolenia obsługi ruchowej. W drugiej - przedstawiona zostanie ogólna koncepcja budowy symulatora, uważana za najbardziej predestynowaną do realizacji w warunkach polskich.

W artykule oparto się w poważnym stopniu na wynikach prac podjętych w byłym Instytucie Energetyki Politechniki Śląskiej pod kierownictwem prof. L. Nehrebeckiego, i dalej rozwijanych w Instytucie Elektroenergetyki i Sterowania Układów Politechniki Śląskiej.

2. Podstawowe kryteria doboru symulatora do celów szkolenia obsługi ruchowej

Przedstawione dalej kryteria doboru symulatora odnosić się będą wyłącznie do symulatorów elektronicznych bloków energetycznych parowych, klasycznych. Podkreślenie to jednakże nie eliminuje elektrowni jądrowych, a więc tych elektrowni, w których symulatory elektroniczne zostały zainstalowane w pierwszej kolejności i z pracy których posiada się najwięcej dowiadomości.

Istniejące bowiem różnice w procesach technologicznych nie oznaczają jednocześnie, iż nie występują w ogóle wspólne cechy i wymogi dla symulatorów obu typów elektrowni. Poparciem dla takiego ujęcia problemu mogą być wnioski zawarte w opracowaniu [3]; stąd też niejednokrotnie będą przytaczane w niniejszym artykule.

Do podstawowych kryteriów doboru symulatora elektronicznego bloku energetycznego zaliczyć można:

- dokładność symulacji,
- koszt budowy symulatora,
- niezawodność pracy symulatora,

- koszty eksploatacji symulatora,
- zdolność do modernizacji.

2.1. Dokładność symulacji

Przy ocenie wymaganego stopnia dokładności odwzorowywania zjawisk ruchowych w procesie szkolenia obsługi eksploatacyjnej rozważa się w pierwszej kolejności dwie podstawowe możliwości:

- wierne i kompletne przedstawienie stanów i zjawisk ruchowych, możliwe do uzyskania w elektrowni eksploatowanej lub w symulatorze o skomplikowanej konstrukcji,
- uproszczone przedstawienie wybranych, podstawowych stanów pracy bloku, realizowane przy pomocy mniej złożonych symulatorów.

W dotychczasowej praktyce szkolenie personelu odbywa się przede wszystkim w elektrowniach eksploatowanych. W tym przypadku możliwości opanowania przez szkolony personel ruchowy pełnego zestawu zjawisk eksploatacyjnych określają (i ograniczają) względy ekonomii pracy elektrowni, bezpieczeństwa oraz niewystępowanie w warunkach normalnej pracy szeregu możliwych stanów awaryjnych, przy czym szkolenie takie jest długotrwałe. Ponadto, jak słusznie zwrócono uwagę w [3], stosowane w elektrowniach, w warunkach ruchowych metody szkolenia zawierają w większości elementy o charakterze biernym (amerykański termin "hands-off"), ponieważ w praktyce operator nie dopuszcza w zasadzie stażysty do operacji o istotniejszym dla ruchu bloku znaczeniu. Również pogląd o możliwości uproszczenia symulatora spotyka się w pracach specjalistów z opinią ujemną. Odtwarzanie tylko niektórych procesów z całego zbioru zjawisk ruchu może bowiem prowadzić do niebezpiecznych zniekształceń odpowiedzi symulatora na wprowadzane typowe zakłócenia. Na 12 głosów zebranych w ankiecie przeprowadzonej wśród amerykańskich eksploatatorów systemów energetycznych [3] - w odniesieniu do elektrowni jądrowych - 11 wypowiedzi potwierdza potrzebę stosowania symulatora, a w tym 9 wiąże to potwierdzenie z postawieniem warunku że symulator musi być kompletnym odbiciem urządzenia rzeczywistego.

Wobec powyższego uważa się, iż symulator bloku energetycznego przeznaczony do szkolenia personelu ruchowego musi wierne odwzorowywać tylko miejsce pracy, tj. nastawnię oraz przebiegi sygnałów na obserwowanych przez szkolących się wskaźnikach.

Przyjęcie powyższego założenia pozwala na odstępianie od konwencjonalnego sposobu budowy symulatora, czyli oparcia się na kompletnym modelu matematycznym zjawisk dynamicznych bloku energetycznego, a prowadzi do budowy urządzenia, które będzie sterowało wskazaniem przyrządów nastawni w wybranych sytuacjach ruchowych. W takim też przypadku, dokładność symulatora do celów szkolenia personelu nie musi być duża ze względu na to że, "wyjściem" symulatora są w większości mało dokładne przyrządy tablicowe obserwowane przez operatora. Przyrządy te, to mierniki analogowe (miliam-

peromierze) o wskazaniach w postaci kąta wychylenia miernika oraz mierniki dyskretne dwustanowe w postaci lampek sygnalizacyjnych. Nadawanie sygnałów wejściowych bloku odbywa się za pośrednictwem pokręteł stabilnych i niestabilnych oraz przycisków stabilizowanych i niestabilizowanych.

Zmiany wskazań mierników mają charakter od najprostszego, który można aproksymować krzywą wykładniczą, do bardziej złożonych - zazwyczaj w postaci krzywych oscylacyjnych. F. Wagner udowodnił w pracach [2], [4], że praktycznie wszystkie te przebiegi można zrealizować przy pomocy odpowiednio dobranych zestawów przebiegów wykładniczych. Wobec powyższego można wysunąć następną tezę, iż wymagana dokładność pracy symulatora określona może być dokładnością wskazań w stanie ustalonym, zainstalowanych w nastawni mierników oraz wartości stałych czasowych aproksymujących krzywych wykładniczych.

2.2. Koszt budowy symulatora

Przy stosowanej dotychczas ocenie wysokości nakładów na budowę symulatora bloku energetycznego i określaniu uzasadnionej ekonomicznie ich wysokości, za podstawę rachunku przyjmuje się na ogół wysokość strat, jakie ponosi energetyka skutkiem awarii bloków, w umownie przyjętym okresie, wynikających z winy personelu ruchowego. Szacunek ten jest bardzo nieprecyzyjny i w większości nieprzekonywujący, przede wszystkim ze względu na niemożność ścisłego wyodrębnienia w danych statystycznych awarii bloku powstałych z winy obsługi. Odnotowuje się na ogół tylko awarie duże, wynikające z niedbalstwa lub błędów manewrowych oczywistych. Duża zaś część awarii drobnych (np. pęknięcie rur przegrzewaczy itp.), których przyczyn szuka się w niewłaściwej technologii wytwarzania czy niedbałym montażu, a także innych czynnikach prowadzących do skrócenia cykli międzyremontowych, jest właśnie wynikiem braku umiejętności i wiedzy personelu, co jest szczególnie widoczne w stanach nieustalonych pracy bloku (np. rozruchy i odstawienia).

Wobec powyższego proponuje się by ocenę ekonomiczną celowości instalowania symulatora bloku prowadzić przy założeniu konieczności wydatkowania odpowiednio określonego procentu nakładu na budowę symulatora w całkowitych nakładach inwestycyjnych rozważanej elektrowni. Jako wartość możliwą do przyjęcia proponuje się 0,5%. Wówczas przy założeniu, że w warunkach polskich koszt budowy symulatora może się zamknąć w granicach 50 mln zł, ekonomicznie celowe byłoby wyposażenie w symulator elektrowni o mocy zainstalowanej 200 MW.

2.3. Niezawodność pracy i koszty eksploatacji symulatora

W wyborze konstrukcji symulatora elektronicznego bloku niezawodność jego działania i koszty eksploatacji (będą zresztą w dużym stopniu uzależnione od jego niezawodności) odgrywają istotną rolę. Jak wykazała dotych-

czasowa praktyka, symulatory pracują po około 10-12 h dziennie przez cały rok, nierzadko również w dni wolne od pracy. Prowadzi to do czasu wykorzystania urządzenia rzędu 3000÷3500 h/a. W tej sytuacji symulator powinien odznaczać się możliwie najwyższą do uzyskania wartością wskaźnika niezawodności pracy.

Niezależnie od rozwiązania symulator elektroniczny składa się z trzech podstawowych grup urządzeń: maszyn matematycznych (komputery i maszyny analogowe), przetworników i urządzeń wejściowych i wyjściowych oraz urządzeń nastawni blokowej. Z wymienionych największą niezawodnością odznaczają się jednostki centralne komputerów (do 99%), pozostałe - od kilku do kilkunastu punktów procentowych mniejszą, szczególnie elementy mechaniczne i elektromechaniczne (np. w maszynach analogowych - potencjometry, panele łączeniowe, czy też urządzenia rejestrujące itp.). Jednocześnie te urządzenia i elementy wymagają w zasadzie ciągłego nadzoru i częstych przeglądów oraz prac konserwacyjnych, co zdecydowanie wpływa na podniesienie wysokości kosztów eksploatacyjnych.

Wobec powyższego uważa się, że symulator przeznaczony do celów szkolenia personelu elektrowni, eksploatowany z dużym rocznym czasem wykorzystania powinien w możliwie najszerszym stopniu opierać się o zunifikowane elementy elektroniczne (np. przetworniki, interface itp.), co przemawia zdecydowanie za rozwiązaniem cyfrowym (symulator cyfrowy, w którym komputer pracuje na bieżąco, lub w układzie programowowybiorczym; rozwiązania omówione zostaną w dalszej części).

2.4. Zdolność do modernizacji

W przypadku zainstalowania symulatora w elektrowni z przeznaczeniem do szkolenia własnego personelu możliwości jego przystosowania do zmian wprowadzanych w podstawowych urządzeniach bloku nie muszą być duże. Wykonywane zabiegi modernizacyjne prowadzą z reguły do niewielkich zmian w charakterystykach dynamicznych bloku oraz w czynnościach manewrowych operatorów. W tym przypadku wystarczy więc, że w symulatorze możliwe będzie dokonanie prostych zmian, jak na przykład zmian wartości współczynników w związkach funkcyjnych opisujących dynamikę bloku, drogą bądź zmiany nastawień potencjometrów, bądź też wymiany odpowiednich podprogramów dla komputera.

Odmienne przedstawia się sprawa w przypadku budowy symulatora w ośrodkach szkoleniowych oderwanych od konkretnej elektrowni. Względy ekonomiczne narzucają wówczas konieczność budowy symulatora dla bloku energetycznego danego typu w formie "uogólnionej". Jednocześnie pożądana jest możliwość zapewnienia modernizacji symulatora dla bloków innej serii. Przy takim założeniu koncepcji symulatora, największe trudności w adaptacji symulatora występują, gdy urządzenie to opiera się na technice analogowej (zmiana schematu maszynowego, nastawni itp.). W części dotyczy to również systemów hybrydowych. Najkorzystniej przedstawia się problem adaptacji symulatora opartego o komputery, w szczególności o systemy programowo-

-wybiorcze; wymienia się wówczas podprogramy oraz typowe elementy interfejsu (kasety).

3. Zalety i wady podstawowych konstrukcji symulatorów

Przedstawioną niżej analizę zalet i wad poszczególnych podstawowych rozwiązań konstrukcyjnych symulatorów do celów szkolenia personelu eksploatacyjnego elektrowni opracowano w oparciu o pracę studialną IESU Politechniki Śląskiej [2].

Wyodrębnia się cztery podstawowe konstrukcje symulatorów elektronicznych, a mianowicie:

- symulator analogowy,
- symulator cyfrowy,
- symulator hybrydowy,
- symulator cyfrowy programowo-wybiorczy.

Nazwy wzięto od technik, przy pomocy których poszczególne konstrukcje są realizowane.

3.1. Symulator analogowy

Do zalet konstrukcji symulatora analogowego zaliczyć można:

- a) łatwość przekazania decyzji szkolącego się (realizowanych w nastawni blokowej) z pulpitu sterowniczego do maszyny analogowej; odpowiednie pokrętło w pulpicie jest zarazem potencjometrem zmieniającym napięcie wejściowe maszyny analogowej;
- b) możliwości stosowania prostych przetworników (wzmacniacze mocy) łączących pulpit nastawni z maszyną analogową;
- c) maszyna analogowa może realizować model układu w czasie rzeczywistym, a także łatwo opóźniać lub przyspieszać modelowany proces.

Wady:

- a) konieczność znajomości modelu matematycznego bloku energetycznego w postaci analitycznej, przy czym praktycznie przydatne mogą być jedynie modele stacjonarne, liniowe. Jeżeli model matematyczny jest w postaci macierzy transmitancji niewymiernej lub wymiernej niewłaściwej (co ma niestety miejsce w przypadku dokładnego modelowania np. przegrzewacza pary) - napotyka się na duże trudności związane z realizacją analogową, gdyż aproksymacja tych transmitancji stwarza konieczność dużego rozbudowania modelu analogowego;
- b) duże trudności związane ze skalowaniem modelu analogowego;
- c) mała dokładność generowanych przez model analogowy przebiegów wielkości wyjściowych (związana z właściwościami pracy maszyny analogowej);

- d) niestacjonarność modelowego procesu w przypadku długich czasów liczenia przez maszynę analogową (związana z tzw. pełzaniem zera wzmacniaczy operacyjnych);
- e) konieczność ciągłej, pracochłonnej konserwacji układu analogowego.

3.2. Symulator cyfrowy

Do zalet symulatora cyfrowego, w którym komputer rozwiązuje na bieżąco (real time), układy równań opisujących dynamikę bloku oraz steruje generatorami wielkości logicznych - w porównaniu z systemem analogowym - zaliczyć należy:

- a) prostotę konstrukcji, możliwości rozbudowy i wprowadzania zmian do programu wraz ze wzrastającymi wymaganiami odnośnie dokładności symulatora;
- b) łatwą konserwację układu.

Wady:

- a) konieczność znajomości modelu matematycznego bloku energetycznego w postaci analitycznej;
- b) dysponować należy odpowiednio pojemnym i szybkim komputerem, posiadającym stosownie rozbudowane urządzenia wejścia i wyjścia (tzw. przemysłowe);
- c) trudności w oprogramowaniu komputera.

3.3. Symulator hybrydowy

Do zalet rozwiązania symulatora opartego o system hybrydowy zaliczyć można:

- a) możliwość bardzo wiernego odtworzenia dynamiki bloku we wszystkich stanach jego pracy;
- b) możliwość dokonywania zmian i modyfikacji modelu maszynowego; w tym celu wystarcza zmieniać częściowo oprogramowanie komputera pracującego w systemie hybrydowym;
- c) podobnie jak w symulatorze analogowym: łatwość wprowadzania interwencji operatora z pulpitu sterowniczego nastawni;
- d) zbędne są dodatkowe układy, np. układy logiczne.

Wady:

- a) wszystkie wady wnoszone przez maszynę analogową, jak: mała dokładność, pełzanie zera, itp.;

- b) trudność oprogramowania systemu hybrydowego, szczególnie w warunkach krajowych, wobec praktycznie całkowitego braku doświadczeń w tym zakresie;
- c) wysoki koszt budowy i eksploatacji systemu hybrydowego.

3.4. Symulator cyfrowy programowo-wybiór

Koncepcja symulatora cyfrowego programowo-wybiórczego opisana w pkt. 4 charakteryzuje się następującymi zaletami:

- a) unika się problemów czasowych (główna trudność w symulatorze cyfrowym) oraz eksploatacyjnych (trudność w symulatorze analogowym);
- b) możliwości zastosowania komputera o małej pamięci operacyjnej (np. minikomputera), lecz dość szybkiego;
- c) daleko idąca standaryzacja elementów i urządzeń zewnętrznych oraz oprogramowania, co umożliwia praktycznie dowolną rozbudowę pierwotnej struktury urządzenia;
- d) porównywalnie z pozostałymi rozwiązaniami niskie nakłady na budowę i niskie koszty eksploatacyjne.

Wady: złożone, pracochłonne zebranie danych z bloku i ewentualnie z modelu matematycznego bloku oraz samo oprogramowanie.

Szczegółowa analiza wskazanych zalet i wad poszczególnych rozwiązań symulatora bloku energetycznego do celów szkolenia personelu ruchowego, przeprowadzona w IESU [2], przemawia za uznaniem za najbardziej celowe z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia i ekonomicznie uzasadnione w warunkach krajowych rozwiązanie symulatora cyfrowego programowo-wybiórczego. Urządzenie to może być w większości wykonane z elementów elektronicznych i komputera produkcji krajowej.

4. Ogólna koncepcja realizacyjna symulatora cyfrowego programowo-wybiór - czego

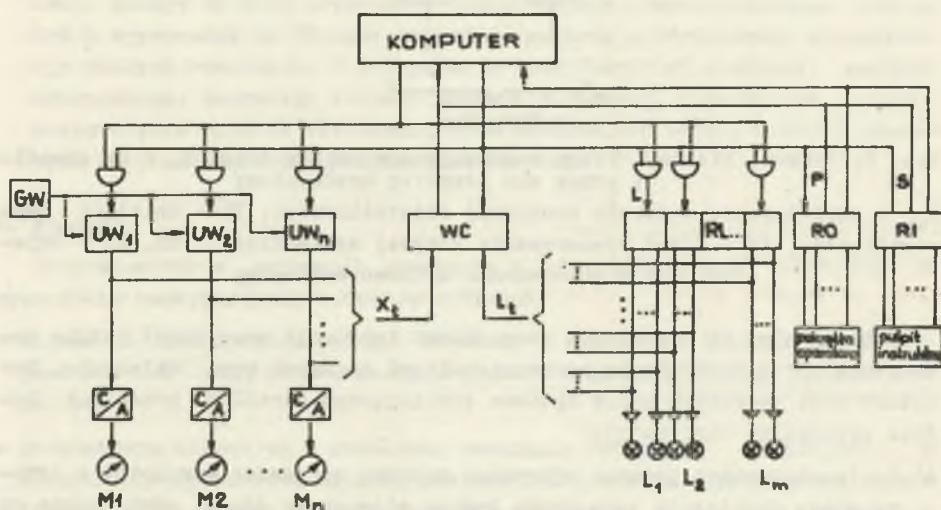
Koncepcja symulatora programowo-wybiórczego opracowana została w pierwszej połowie 1972 r. w IESU Politechniki Śląskiej [2], pod kierownictwem F. Wagnera.

Zasadę działania symulatora tego typu obrazuje schemat blokowy, przedstawiony na rys. 1. Urządzenie składa się z komputera oraz układu pośredniczącego (interface), umożliwiającego sterowanie wskazaniami przyrządów i lampek sygnalizacyjnych na pulpicie nastawni blokowej.

Komputer posiada linie ADRESOWE, przy pomocy których wybierany jest adres A urządzenia zewnętrznego (miernik, lampka, pokrętło, pulpit instruktora), dla którego podana jest informacja T, X lub L w kanale WYJŚCIOWYM, względnie którego stan X_t , L_t , P lub S powinien zostać przedstawio-

ny w kanale WEJŚCIOWYM. Przy tym, wobec założenia, że zmiany wychylenia mierników realizowane będą przebiegami wykładniczymi: X - wartość wskazywana przez miernik w stanie ustalonym, T - stała czasowa krzywej wykładniczej.

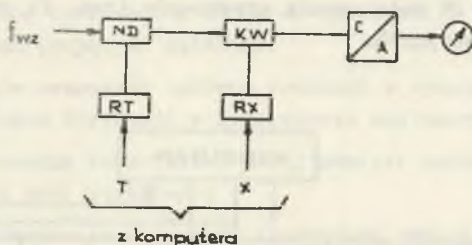
W przypadku przesyłania informacji do urządzenia zewnętrznego dokodowanie adresu pozwala na skierowanie tej informacji do wybranego urządzenia. W modelu symulatora urządzeniami zewnętrznymi dla komputera są rejestry RT i RX układów KW modelowania przebiegów (rys. 2) oraz rejestr RL stanów lampek sygnalizacyjnych.



Rys. 1. Schemat blokowy symulatora cyfrowego programowo-wyborczego
 $M_{1,2..n}$ - mierniki, $L_{1,2..m}$ - lampki sygnalizacyjne, RL - rejestr stanów lampek sygnalizacyjnych, RO - rejestr stanów podawanych przez operatora, RI - rejestr stanów podawanych przez instruktora, C/A - przetwornik cyfrowo-analogowy, X_t - sygnał analogowy, L_t - sygnał logiczny, $UW_{1,2..n}$ - urządzenie w kanale WYJŚCIOWYM, WC - kanał WEJŚCIOWY, GW - generator impulsów, P - stany zadane przez operatora i instruktora

W przypadku przesyłania informacji z urządzenia zewnętrznego do komputera dokodowanie adresu pozwala dzięki układom WC, RO i RI na wybórżądanego urządzenia. Ten rodzaj porozumiewania się pomiędzy komputerem a urządzeniami umożliwia programowi w pierwszym rzędzie ocenę stanu urządzeń zewnętrznych, a więc ocenę stanu symulacji bloku. Drugą grupą urządzeń, przesyłających informacje do komputera, są rejestry RO operatora. Przedstawiają one stan pokręteł, którymi operator może wpływać na pracę bloku. W chwili zmiany położenia dowolnego pokrętła do komputera zostaje jedną z

linii I PRZERYWAN (ang. INTERRUPT) przesłany sygnał, informujący o interwencji operatora. Następny program wprowadza w sposób analogiczny jak z układu WC ten nowy stan pokręteł do "pamięci" komputera. Możliwy jest inny wariant, polegający na stałej kontroli stanu rejestrów RO, a więc traktowaniu tego fragmentu urządzeń zewnętrznych identycznie jak urządzeń podłączonych do WC.



Rys. 2. Schemat blokowy układu realizującego zmiany liczb X, T na określony przez nie przebieg wykładniczy

f_{wz} - współczynnik podziału wzorcowej częstotliwości, ND - dzielnik częstotliwości, KW - układ odwzorowania krzywej wykładniczej, RX, RT - rejestry, C/A - przetwornik cyfrowo-analogowy

Zakłada się, że zadawanie stanu bloku (sytuacji awaryjnej) będzie dokonywane przez instruktora konwencjonalnymi kanałami typu dalekopis. Bez interwencji operatora praca systemu symulującego określone przebiegi będzie przebiegać następująco:

- instruktor przez podanie wybranego rozkazu wprowadza symulator w żądany stan. Realizacja tego kroku będzie stosunkowo długa, gdyż będzie on związany z wysterowaniem wszystkich przyrządów na pulpitych dyspozytora;
- instruktor wprowadza do komputera rozkaz żądanej sytuacji awaryjnej. Program komputera indentyfikuje tę sytuację i wprowadza odpowiednie wielkości dla biorących w tej awarii udział przyrządów, do odpowiadających im układów UW sterowania przyrządami oraz rejestrów RL lampek sygnalizacyjnych;
- program, prowadząc bieżącą kontrolę sytuacji na przyrządach stwierdza przekroczenie odpowiednich wartości krytycznych i kończy proces symulacji np. stwierdzeniem, że blok należy w tym momencie odstawić.

Uwzględnienie w procesie symulacji reakcji operatora, który może zmienić położenie pokręteł w dowolnej chwili i w dowolny sposób, jest ważnym problemem, mającym istotny wpływ na wierność symulacji, a tym samym na efektywność szkolenia. Jednocześnie przyjmuje się założenia, że:

- w danej sytuacji awaryjnej określone pokrętło wpływa na pewną wielkość lub grupę wielkości bez względu na moment zadziałania operatora,

- nowe położenie pokrętki określa zmianę wielkości, na którą oddziałuje i charakter przebiegu niezależnie od momentu zadziałania operatora. Położenie pokrętki jest określone nie wielkością ciągłą, lecz dyskretną, np. jedną z dziesięciu możliwych wartości.

Uwzględniając więc oddziaływanie operatora, przebiegi w symulatorze będą następujące:

- A) jak w punkcie a;
- B) jak w punkcie a;
- C) program, stwierdzając określone reakcje operatora, aktualizuje przebiegi na odpowiednich przyrządach, podając nowe parametry krzywych modelowanych w układach UW. W tym celu odczytuje wartości na tych przyrządach, dodaje do tego przyrosty, odpowiadające nowemu położeniu pokrętek i wyprowadza do UW nowe wartości ustalone z równoczesną aktualizacją stałych czasowych. W przypadku krzywej bardziej złożonej, aniżeli wykładnicza, charakter krzywej zostaje zachowany, a następuje jedynie przesunięcie punktów ekstremalnych i ewentualnie zmiany stałych czasowych na poszczególnych fragmentach krzywej.

5. Wnioski

Przedstawione w referacie koncepcje i ich uzasadnienia pozwalają na wysunięcie następujących wniosków ogólnych:

- dalsza poprawa dyspozycyjności czasowej elektrowni z blokami dużej mocy jest możliwa drogą modernizacji programów szkolenia obsługi ruchowej elektrowni;
- podstawowym elementem w szkoleniu personelu ruchowego elektrowni, a szczególnie operatorów bloków, powinna być praca na elektronicznym symulatorze bloku. Uważa się, że jego zainstalowanie jest w pełni uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia w ośrodkach szkolenia energetyki zawodowej, w jednej z wyższych uczelni technicznych oraz w każdej elektrowni blokowej o mocy zainstalowanej równej i większej od 2000 MW,
- w warunkach krajowych najbardziej uzasadnione z ekonomicznego i technicznego punktu widzenia byłoby wprowadzenie do szkolenia symulatorów typu cyfrowego, programowo-wybióranych.

LITERATURA

1. R. Janiczek, A. Matczewski, A. Tychowicz, K. Waloszek, Z. Wysocki: "Koncepcja doboru i szkolenia załogi elektrowni z blokami 500 MW" etap III IESU Gliwice, październik 1971 r.
2. T. Kaczmarczyk, A. Matczewski, A. Święcka, A. Tychowicz, F. Wagner, B. Wojciechowski: "Wybór koncepcji budowy symulatora bloku 200 MW dla szkolenia personelu eksploatacyjnego elektrowni" IESU Gliwice, czerwiec 1972 r.
3. T.J. Świerzawski, E. Zieliński: "Zagadnienia eksploatacji i szkolenia" Instytut Energetyki Nr Ew. 8841 w ramach tematu 10 "Przygotowania do eksploatacji elektrowni jądrowych" 1971 r.
4. F. Wagner: "Liczniki elektroniczne" WNT 1971 r.

ОБУЧЕНИЕ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА КРУПНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БЛОКОВ ПРИ ПОМОЩИ СИМУЛЯТОРА (СИМУЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА), КАК ДЕЙСТВЕННЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ТАКОГО СИМУЛЯТОРА В КРАЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Р е з ю м е

В докладе рассматривается роль обслуживающего персонала (с учётом эксплуатационных требований), в особенности для обеспечения бесперебойной работы электростанции, оборудованной крупными электроблоками и необходимость инструктирования его при помощи электронного симулятора.

Предприняты попытки определить требования, которым должен удовлетворять современный симулятор блока, предназначенный исключительно для обучения обслуживающего блок персонала.

Представлена также общая концепция изготовления симулятора, учитываемая, как наиболее подходящая для применения её в местных (польских) условиях.

THE CHOICE OF THE SIMULATOR FOR TRAINING OF THE OPERATING PERSONNEL OF THE LARGE POWER GENERATING SETS

S u m m a r y

The part and necessity of training of the operating personnel with the help of the electronic set simulator is pointed out against a background of operating requirements and particular reliability of the power-station work. The author attempts to define the requirements the up-to-date simulator, destinated exclusively for training of the stuff, is to meet. The general idea of the simulator construction, considered as the most suitable for realisation in Polish circumstances, is also presented.