

Andrzej BRATEK
Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów PIAP
W a r s z a w a

WIZUALIZACJA PROCESÓW PRODUKCYJNYCH NA PRZYKŁADZIE KOMPUTEROWEGO SYSTEMU MONITOROWANIA PRACY CIEPŁOWNI

W artykule przedstawiono komputerowy, przestrzennie rozłożony system zbierania i rejestracji pomiarów, wspomagający pracę dyspozytora procesu, wdrożony w Ciepłowni Zasanie w Przemysłu. System zbudowany został przy użyciu nowoczesnych środków automatyzacji procesów i produkcji, z wykorzystaniem różnorodnych urządzeń interfejsu przemysłowego. Omówiono strukturę systemu, jego podstawowe funkcje, szczególny nacisk kładąc na warstwę wizualizacji i formułując ogólne zasady jej tworzenia.

1. WPROWADZENIE

W 1994 r. w Ciepłowni Zasanie w Przemysłu wdrożony został komputerowy system monitorowania pracy ciepłowni. Włączono doń zarówno urządzenia cyfrowe, które uprzednio wykorzystywane już były na terenie zakładu, jak i urządzenia nowe, przeznaczone do obsługi pomiarowych obwodów obiektowych. Powstał w ten sposób przestrzennie rozłożony system CRPD, w którego skład weszły urządzenia cyfrowe pochodzące od różnych producentów. Swym zakresem obejmuje pomiary ogólnosieciowe oraz pomiary z dwóch spośród czterech zainstalowanych w ciepłowni kotłów WR-25 (pozostałe 2 włączone zostaną po przeprowadzeniu ich modernizacji).

Gromadząc i udostępniając w jednym miejscu pełny zestaw informacji pomiarowej pochodzącej z całego obiektu, przedstawiany system jest efektywnym narzędziem do prowadzenia procesu - zmienne kontrolowanego procesu w każdej chwili są w zasięgu ręki dyspozytora.

Do podstawowych zadań systemu można zaliczyć:

- przedstawianie bieżącego stanu procesu,
- udostępnianie przebiegów trendów parametrów technologicznych,
- automatyczną agregację informacji o pracy ciepłowni i udostępnianie jej w postaci raportów oraz archiwizację.

2. STRUKTURA SYSTEMU

System monitoringu utworzony jest przez stację operatorską i usytuowane w odległości kilkudziesięciu metrów, współpracujące z nią stacje procesowe. Stacja operatorska zbudowana jest na bazie komputera IBM PC/AT, wyposażonego w monitor SVGA do wizualizacji procesu oraz drukarkę przeznaczoną do wyprowadzania raportów. Zadaniem stacji procesowych jest odczytywanie wartości sygnałów pomiarowych, ich wstępne przetwarzanie oraz przekazywanie do stacji operatorskiej.

W systemie występują trzy typy stacji procesowych:

- sterowniki przemysłowe OPTO-22, do których doprowadzono większość sygnałów pomiarowych,
- regulator RWP91, przez który kontrolowany jest zasadniczy parametr pracy ciepłowni, tj. temperatura wody na zasilaniu,
- urządzenia MREC, naliczające parametry energetyczne pracy kotłów.

W ramach każdego z powyższych typów realizowany jest inny protokół transmisji przy wymianie danych z urządzeniem nadrzędnym.

Do sprzężenia stacji operatorskiej ze stacjami procesowymi wykorzystano trzy łącza szeregowo w standardzie RS485, oddzielne dla każdego typu współpracujących urządzeń, zestawiając połączenia w trybie wielopunktu.

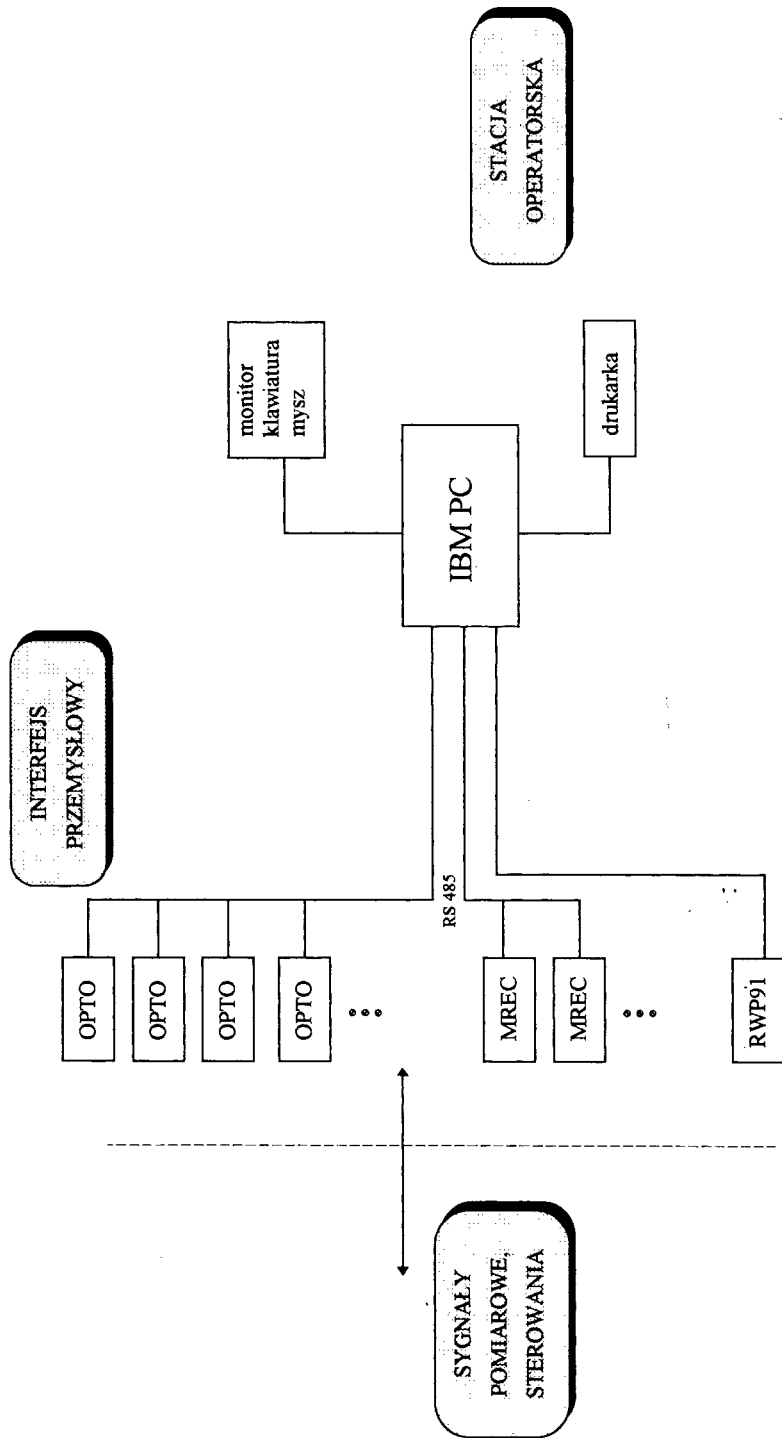
Oprogramowanie użytkowe stacji operatorskiej wykonano bazując na narzędziowym pakiecie Iconics Genesis, stanowiącym nakładkę na DOS, przeznaczonym do automatyzacji procesów. Dzięki temu zapewniono pracę systemu w czasie rzeczywistym.

3. FUNKCJE SYSTEMU

3.1. Cykliczna obsługa zmiennych procesu

Sygnały obiektowe obsługiwane przez system mają swe systemowe odpowiedniki w postaci zmiennych procesu (w skrócie ZP). Analogowe zmienne procesu dotyczą obiektowych sygnałów analogowych oraz stanów liczników obiektowych. Dwustanowe ZP dotyczą obwodów dwustanowych sygnalizacji. Zmienne procesu poddane są ciągłej, cyklicznej obsłudze ze stałym, indywidualnym okresem. W ramach każdego cyklu obsługi ZP prowadzone są następujące działania:

- odczyt pomiarów z przetworników obiektowych,
- uśrednienie pomiarów,



Rys. 1. Struktura sprzętowa systemu monitoringu

- wyznaczenie wartości ZP na podstawie zdefiniowanych dla ZP zależności przetwarzania na jednostki fizyczne, pokrywające zakresy mierzonych sygnałów,
- wyznaczenie wartości wyliczeniowych ZP (na podstawie analogowych/dwustanowych ZP),
- kontrola ograniczeń technologicznych przez porównanie wartości ZP ze zdefiniowanymi ograniczeniami ZP i generowanie alarmów stosownie do ich przekroczenia.

3.2. Kontrola ograniczeń technologicznych

Istotne parametry technologiczne mają określone progi dopuszczalnej wartości górnej i dolnej, zaś istotne sygnały dwustanowe alarmowe położenia styków. Ograniczenia technologiczne w większości przypadków mają charakter stały (tzn. nie są wyliczane przez system), aczkolwiek mogą podlegać bieżącym korektom inżyniera procesu. Niektóre ZP mają ograniczenia dynamiczne, wyznaczane automatycznie, tj. bez operatorskiej ingerencji, w oparciu o stan procesu. Mechanizm ten wykorzystano w odniesieniu do parametrów technologicznych temperatury wody na zasilaniu i powrocie, wiążąc, zgodnie z tabelą temperaturową wprowadzoną do systemu, wartości ich ograniczeń z temperaturą zadaną na zasilaniu.

Osiągnięcie lub przekroczenie ograniczeń powoduje:

- zgłoszenie sytuacji alarmowej operatorowi na monitorze, ze wskazaniem jej przyczyny oraz wyróżnieniem stanów potwierdzenia/braku potwierdzenia alarmu przez operatora,
- rejestrację alarmu w „śladzie alarmów/zdarzeń”.

Od operatora wymagane jest potwierdzenie alarmu, co można dokonać globalnie (wszystkie zgłoszone alarmy na raz) lub oddzielnie, w odniesieniu do każdego alarmu.

3.3. Rejestracja pomiarów

W systemie zapamiętuje się wartości bieżące ZP dla podstawowych parametrów technologicznych procesu. Wartości te, wyrażone w jednostkach fizycznych i odnoszące się do okresów jednonminutowych, umożliwiają wizualizację na ekranie monitora trendów powyższych parametrów w postaci wykresów czasowych.

Produktem rejestracji są zapisywane na dysku twardym zbiory historyczne, obejmujące horyzont czasowy pojedynczej zmiany. Zbiory te, zapisane w formacie Lotus-a, przeznaczone są do wglądu zarówno w systemie monitorowania, jak i poza tym systemem. W systemie przechowywane są przez dwa miesiące. Nazwy

zbiorów powiązane są z datą przedstawianej doby, co zapewnia prostą ich identyfikację.

3.4. Rejestracja zdarzeń i alarmów

System prowadzi rejestrację stanów alarmowych monitorowanego procesu oraz zdarzeń operatorskich i umożliwia wgląd w zarejestrowany „ślad alarmów/zdarzeń” na ekranie monitora, jak również wyprowadzenie go na drukarkę.

Przez stany alarmowe rozumiemy tutaj stany przekroczenia ograniczeń technologicznych. Do zdarzeń operatorskich natomiast należą:

- przejście przez operatora nadzoru nad systemem,
- dokonanie zmiany parametrów systemu (np. wartości ograniczeń),
- potwierdzenie alarmu przez operatora.

Zarejestrowana informacja o alarmie/zdarzeniu obejmuje następujące dane:

- czas wystąpienia,
- rodzaj alarmu/zdarzenia,
- nazwę i wartość ZP,
- opis słowny alarmu/zdarzenia.

Alarmy/zdarzenia rejestrowane są w chronologicznej kolejności ich wystąpienia. Na tej podstawie tworzone są zbiory znakowe odnoszące się do pojedynczej zmiany, przeznaczone do generowania bieżących raportów zdarzeń, jak i analizy wydarzeń mających miejsce w przeszłości. Archiwizowane są podobnie jak zbiory historyczne pomiarów.

3.5. Wizualizacja procesu i komunikacja operatorska

Wizualizacji procesu dokonuje się przez przedstawienie, w postaci graficznej, makiet schematu technologicznego procesu o różnym poziomie szczegółowości obrazu, na ekranie kolorowego monitora. Na tle schematów, w zaznaczonych miejscach odczytu pomiarów, prezentowane są: bieżące wartości parametrów technologicznych, stany obwodów sygnalizacji i liczników, przekroczenia stanów alarmowych i bieżące wartości wyliczeniowych ZP.

Ponadto dostępne są makiety obrazujące wykresy trendów podstawowych parametrów technologicznych, zarejestrowanych w zbiorach historycznych (rys. 6).

W zakresie oddziaływania operatora na system monitoringu zapewniono:

- dostęp do systemu za pomocą hasła,
- odczyt wartości i parametrów obsługi każdej ZP,
- wybieranie funkcji systemu w intuicyjny sposób w trybie menu przy użyciu myszy lub przycisków klawiatury,

- dostęp do zmiany ograniczeń technologicznych analogowych ZP (dla inżyniera procesu),
- wprowadzanie ręczne wartości bieżących do analogowych i dwustanowych ZP,
- wgląd w raporty na ekranie i wyprowadzanie ich na drukarkę,
- możliwość korekty wartości ZP zliczających impulsy generowane przez liczniki obiektowe (dla inżyniera procesu).

3.6. Raportowanie

W systemie prowadzone są trzy rodzaje raportów: technologiczne, zdarzeń i czasu pracy urządzeń.

Raporty technologiczne dotyczą wybranych obiektów i przedstawiają średnie godzinowe wybranych parametrów technologicznych, ich sumy za okres zmiany oraz wartości niektórych parametrów technologicznych, odczytane na koniec zmiany.

Raport zdarzeń jest tworzony na podstawie zbioru zdarzeń zarejestrowanych oddzielnie dla każdej zmiany. Przez zdarzenia rozumiane są zarówno wszelkie operatorskie ingerencje w działanie systemu, jak i zmiany stanów alarmowych parametrów technologicznych i obwodów sygnalizacji. Komunikaty raportu zdarzeń zawierają pola czasu/daty, typu definiującego rodzaj zdarzenia oraz opisu ZP związanej ze zdarzeniem. Pole typu zdarzenia jest podstawą do filtrowania do raportu wskazanej przez operatora klasy zdarzeń spośród wszystkich zaistniałych w systemie. Wykorzystywanie mechanizmu filtrowania zasadniczo zmniejsza objętość raportu do wyłącznie istotnych komunikatów, co upraszcza ich analizę.

Raporty czasów pracy obejmują stany systemowych liczników czasów pracy wybranych urządzeń. Przedstawiają zsumowany czas włączenia tych urządzeń (określany przez programowe sumowanie czasu przebywania w stanie "1" dwustanowych sygnalizacji "praca urządzenia") od chwili wyzerowania liczników i przeznaczone są do prowadzenia właściwej gospodarki remontowej.

Każdy raport zawiera informację o dacie i czasie jego utworzenia oraz rodzaju i obiekcie raportu. Raporty wyświetlane są na ekranie monitora lub drukowane na drukarce na żądanie operatora.

Wyboru raportu dokonuje się przez wybór opcji operatorskiego menu spośród następujących:

- obiekt raportu (wybór obiektu technologicznego),
- rodzaj raportu (technologiczny, zdarzeń, czasu pracy),
- czas raportu (wg daty utworzenia),
- przeznaczenie raportu (monitor/drukarka),
- filtr zdarzeń.

4. ZASADY WIZUALIZACJI PROCESU

Oprogramowanie narzędziowe, wykorzystane do budowy stacji operatorskiej dostarcza szerokiego wachlarza wygodnych środków do konstrukcji graficznego interfejsu użytkowego. Wchodzący w jego skład edytor graficzny pozwala tworzyć obrazy o wysokim stopniu szczegółowości i dwukierunkowo łączyć jego elementy z wygenerowaną, systemową bazą danych (mającą odniesienie w obwodach pomiarowych) aktualizacji na ekranie wartości ZP. Pozwala posługiwać się kolorem w sposób statyczny, jak i dynamiczny, animować obiekty graficzne przebiegiem procesu oraz przypisywać im określone funkcje działania systemu. Z jednej strony umożliwia znaczne upakowanie informacji pomiarowej na ekranie, z drugiej nietrudno tutaj o wprowadzenie nadmiaru detali nieistotnych w rzeczywistości dla prowadzenia procesu, rozpraszać operatora, a nawet odciągających jego uwagę od ważnych wydarzeń na dozorowanym obiekcie.

Aby uzyskać efekt wysokiej przejrzystości wyświetlanych obrazów i szybkiej orientacji w przekazywanych przez system danych, stosowano z umiarem dostępny aparat graficzny, przestrzegając następujących reguł tworzenia oprogramowania wizualizacji:

- prezentacja wartości pomiarów na tle schematów technologicznych z ograniczeniem do 30-40 punktów pomiarowych/obraz,
- ograniczenie do minimum opisów punktów pomiarowych i jednolity sposób prezentacji mierzonych pomiarów,
- posługiwanie się jednym kolorem w odniesieniu do aparatów tego samego ciągu technologicznego,
- oszczędne stosowanie animacji,
- przyciągająca uwagę prezentacja stanów anormalnych, w przeciwieństwie do sytuacji typowych,
- posługiwanie się kolorem czerwonym wyłącznie przy przedstawianiu sytuacji alarmowych.

Wizualizacja procesu prowadzona jest na monitorze ekranowym przy użyciu graficznych plansz zawierających schemat prezentowanego obiektu, którym jest ciepłownia lub pojedynczy kocioł. Na tle schematu naniesiono wartości odczytanych i przetworzonych sygnałów pomiarowych za pośrednictwem interfejsu przemysłowego. Na oddzielnych planszach przedstawiono:

- wartości parametrów technologicznych,
- wartości sygnałów dwustanowych,
- stan bieżący liczników obiektowych,
- stan bieżący liczników czasu pracy urządzeń,
- usytuowanie na obiekcie i opis punktów pomiarowych.

Dla potrzeb komunikacji operatorskiej zdefiniowano pola operatorskie, do których przypisano określone funkcje działania systemu. Pola te, uwidaczniane w momencie wybrania kursorem (przy użyciu myszy lub klawiatury) przez wyświetlenie obramowującej je ramki, tworzą operatorskie menu lub, występując samodzielnie, stanowią mechanizm wprowadzania informacji do systemu (potwierdzanie alarmów, korekcja stanu liczników) .

Plansze wizualizacji są utworzone przez trzy elementy:

- operatorskie menu,
- wizualizowany obiekt,
- okno pomocnicze.

Dolny fragment ekranu przeznaczono na okno pomocnicze, do prezentacji informacji systemowych (wprowadzenie hasła, informacje o zmiennych procesu, statystyka systemu itp.), i nie jest wykorzystywany do operatywnego prowadzenia procesu. Górną część ekranu stanowi operatorskie menu, utworzone przez zestaw operatorskich pól wyboru funkcji systemu. Pola te są opisane nazwą obiektu, skrótem realizowanej funkcji lub aktywnej opcji. Plansza wyświetlana bieżąco na ekranie jest oznaczona wyróżnionym zestawem kolorów opisującego ją pola operatorskiego (przyjęto żółty opis na niebieskim tle) dla odróżnienia od pozostałych, dostępnych w menu pól wyboru (przedstawianych w tonacji szarej, za wyjątkiem pól korekcji liczników, których tło jest fioletowe).

Operator ma do wyboru następujące obiekty:

KOCIOŁ 3 - pomiary z kotła nr 3,

KOCIOŁ 4 - pomiary z kotła nr 4,

SIEC - pomiary ogólnosięciowe,

oraz następujące, podstawowe funkcje:

SYSTEM - przejście do raportów i przebiegów parametrów technologicznych zakończonych zmian,

HISTOR - odtworzenie przebiegów parametrów technologicznych bieżącej zmiany,

ALARMY - wyświetlenie chronologicznego zapisu zgłoszonych alarmów,

SYGNAL - przejście do planszy wizualizacji stanu obwodów sygnalizacji i liczników,

POMIAR - przejście do planszy wizualizacji parametrów technologicznych,

OPIS - przejście do planszy opisu punktów pomiarowych.

Przedstawione powyżej elementy menu stanowią zasadniczy trzon realizowanych przez system funkcji operatorskich.

Główną część ekranu zajmuje schemat technologiczny wybranego fragmentu monitorowanego obiektu z aktualnymi wartościami ZP. Na planszy ciepłowni są zaznaczone poszczególne kotły i schematycznie ujęty obieg wody, oraz naniesione są

wartości sieciowych parametrów technologicznych (rys. 2). Na tle kotła sygnalizowany jest stan jego pracy oraz występowanie stanu alarmowego w obrębie pomiarów dotyczących tego kotła. Plansze wizualizacji kotła są pokazywane oddzielnie dla parametrów technologicznych (rys. 3), stanów obwodów sygnalizacji (rys. 4) i liczników (rys. 5), z uwagi na znaczną liczbę występujących na nich pomiarów. Na schemacie kotła odróżniono kolorami obieg wody (zielony), obieg powietrza (niebieski) i obieg spalin (żółty). Wartości parametrów technologicznych prezentowane są w postaci cyfrowej w kolorze białym, o ile nie przekraczają zdefiniowanych ograniczeń lub w kolorze czerwonym - jeśli znajdują się w stanie alarmowym. Poprzedzane są oznacznikiem literowym w kolorze medium, którego dotyczą, z zachowaniem następującej reguły:

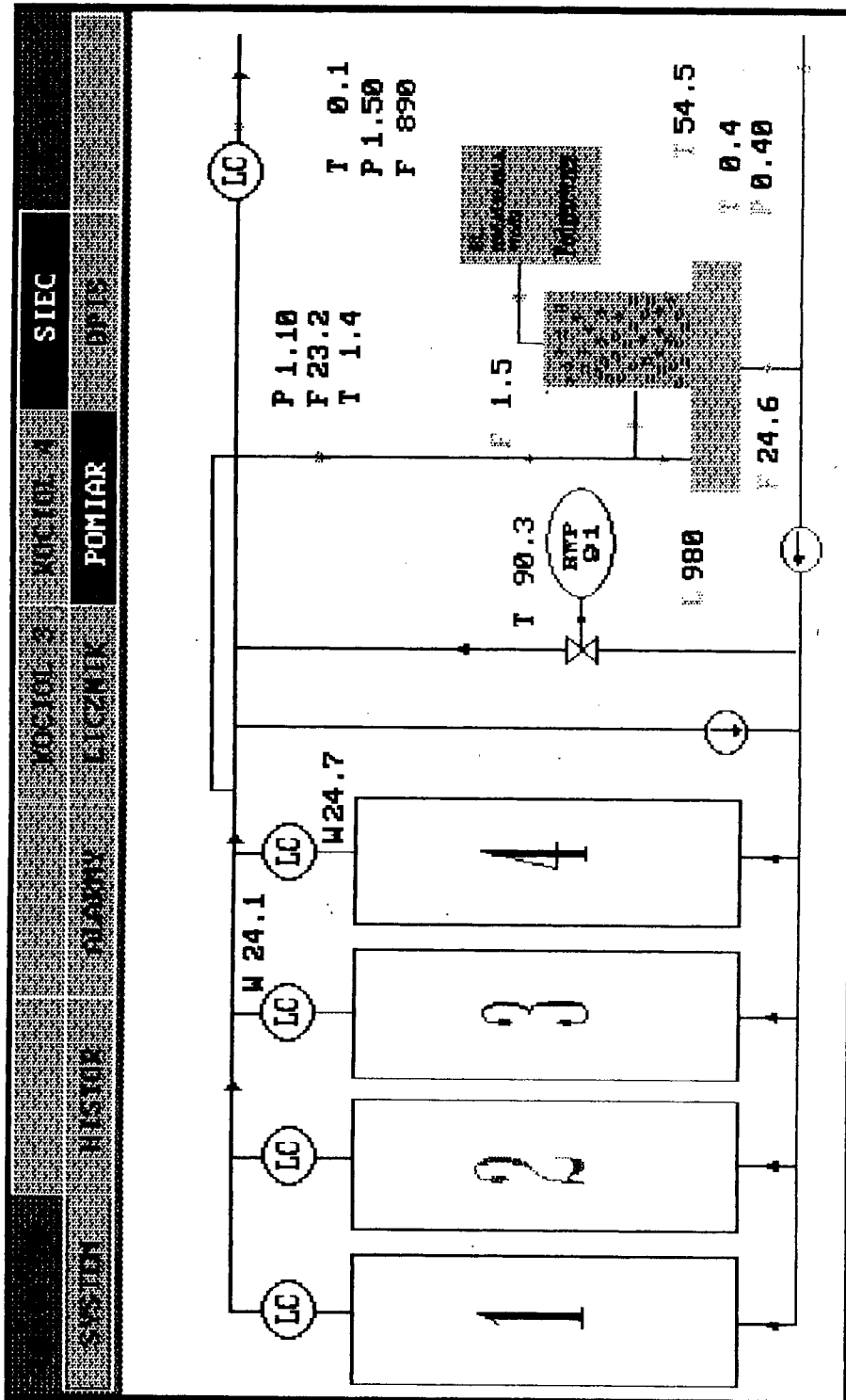
- F - przepływ,
- T - temperatura,
- P - ciśnienie,
- W - moc chwilowa,
- A - zawartość tlenu w spalinach.

Oznaczniki literowe wykorzystano jako elementy sygnalizacji stanu alarmowego opisywanego pomiaru (zmiana koloru na czerwony) i sygnalizacji konieczności potwierdzenia alarmu (pulsowanie koloru), oraz jednocześnie jako pola operatorskie do potwierdzenia tego alarmu. Zrezygnowano natomiast z przedstawiania mian jednostek fizycznych, które i tak dla operatora są oczywiste, mając na uwadze przejrzystość planszy. Wartości poszczególnych pomiarów prezentowane są w najbliższej okolicy właściwego punktu pomiarowego, oznaczonego kropką na schemacie technologicznym.

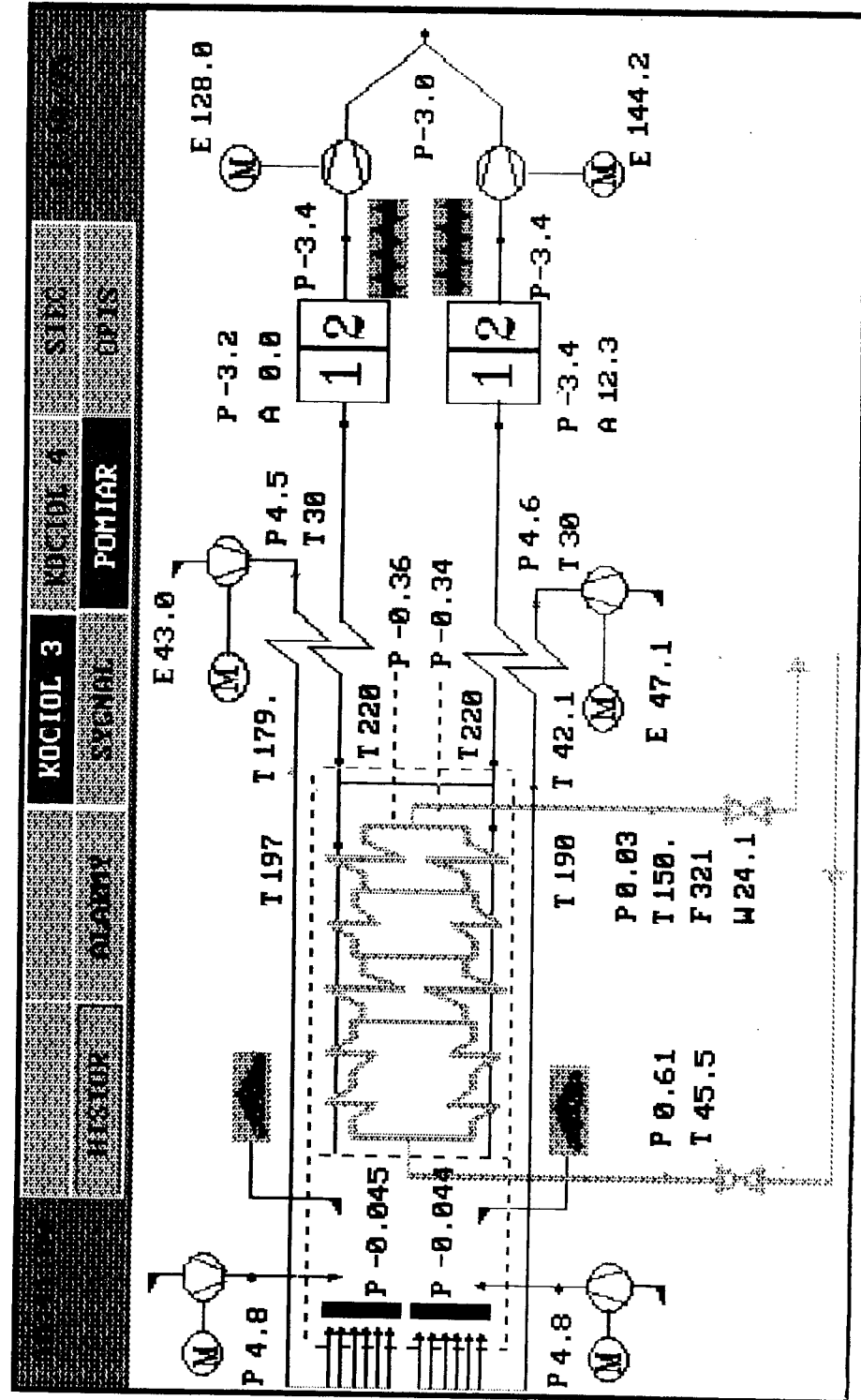
Stany obwodów sygnalizacji kotła są przedstawiane w postaci graficznej, jako elementy składowe całego schematu, wg poniższego opisu:

- praca urządzeń: siłownik w kolorze obiegu medium, ruszt, odzuzłacz, napęd ślimaka w kolorze ciemnoszarym,
- wyłączenie urządzeń: przez migotanie elementu sygnalizującego pracę urządzenia w kolorze białym,
- przeciążenie siłownika, wyłączenie blokad, włączenie blokady technologicznej przez wyświetlenie komunikatu alarmowego w strefie przedmiotowego obwodu sygnalizacji (stan normalny sygnału nie jest prezentowany),
- skrajne położenia zasuw przez wyświetlenie opisu stanu anormalnego.

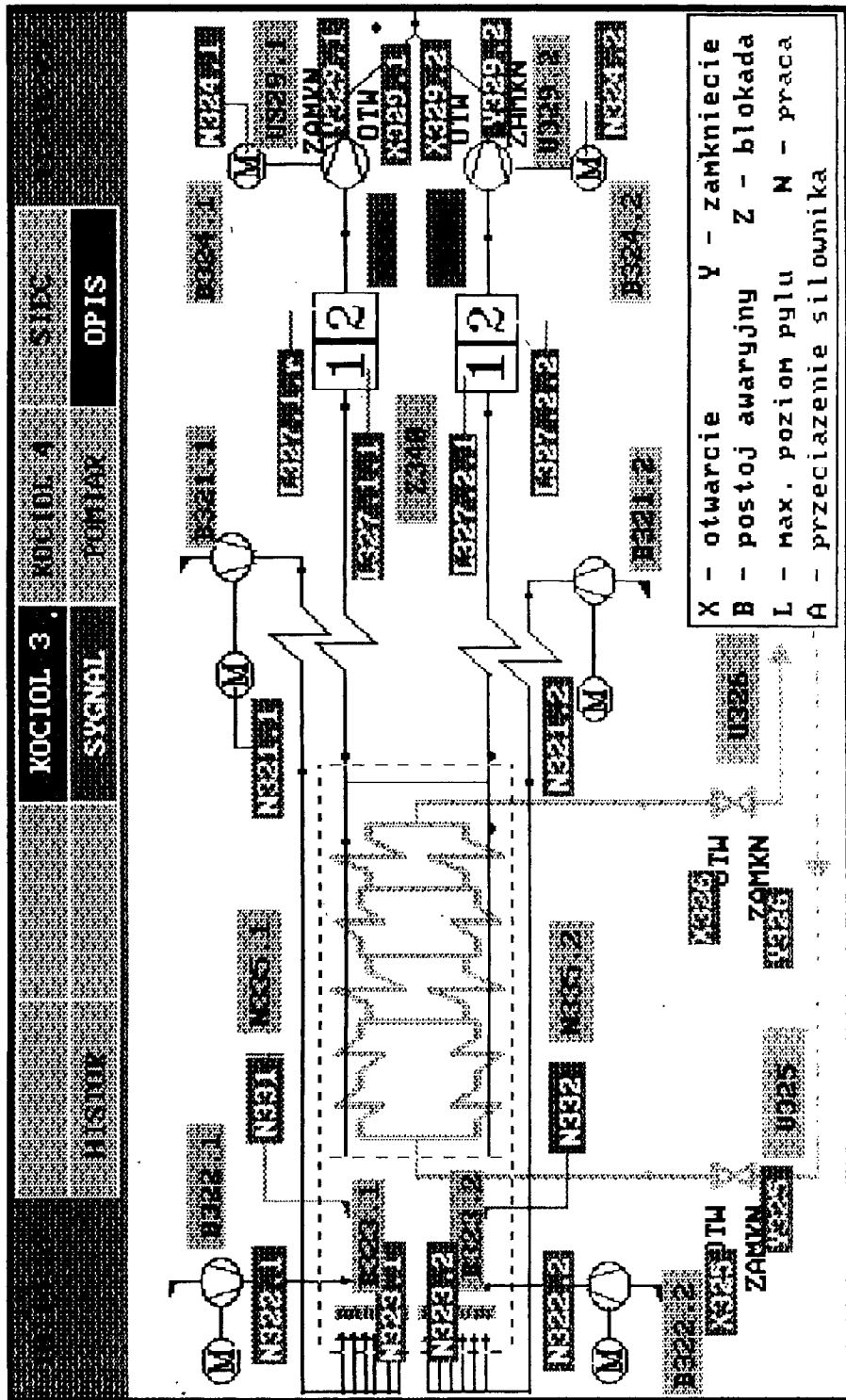
Komunikaty alarmowe są utworzone przez opisy w kolorze czerwonym na białym tle i wyświetlane do czasu aż sygnał, który je wywołał, nie powróci do normy. Innym środkiem przedstawiania sytuacji awaryjnej jest zmiana na schemacie koloru urządzenia na czerwony. Sygnalizację pojawienia się alarmu i sposób potwierdzania rozwiązano podobnie, jak dla sygnałów analogowych, tj. przez wskaźnik alarmu pulsujący w kolorze czerwonym.



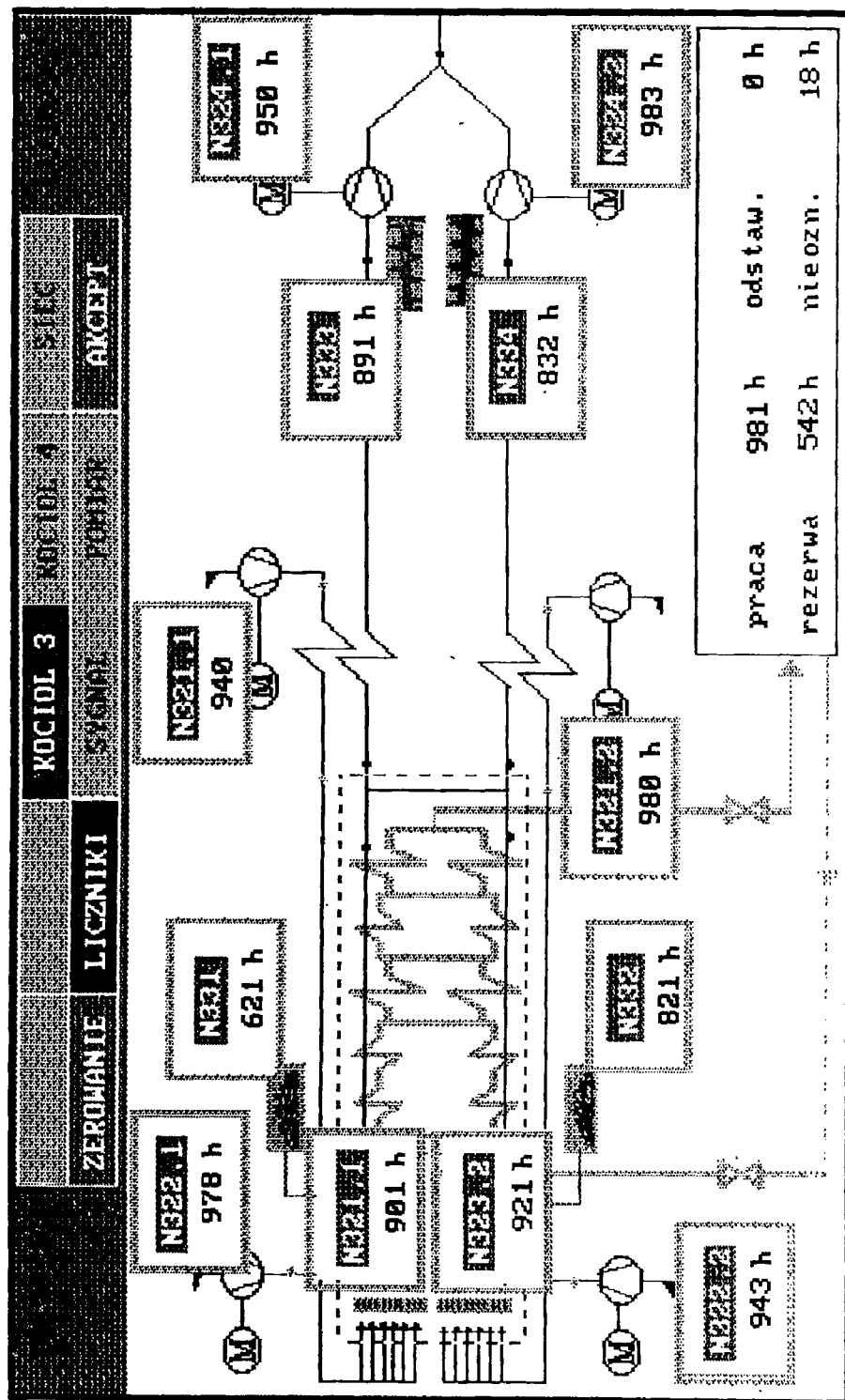
Rys. 2. Schemat ogólny ciepłowni



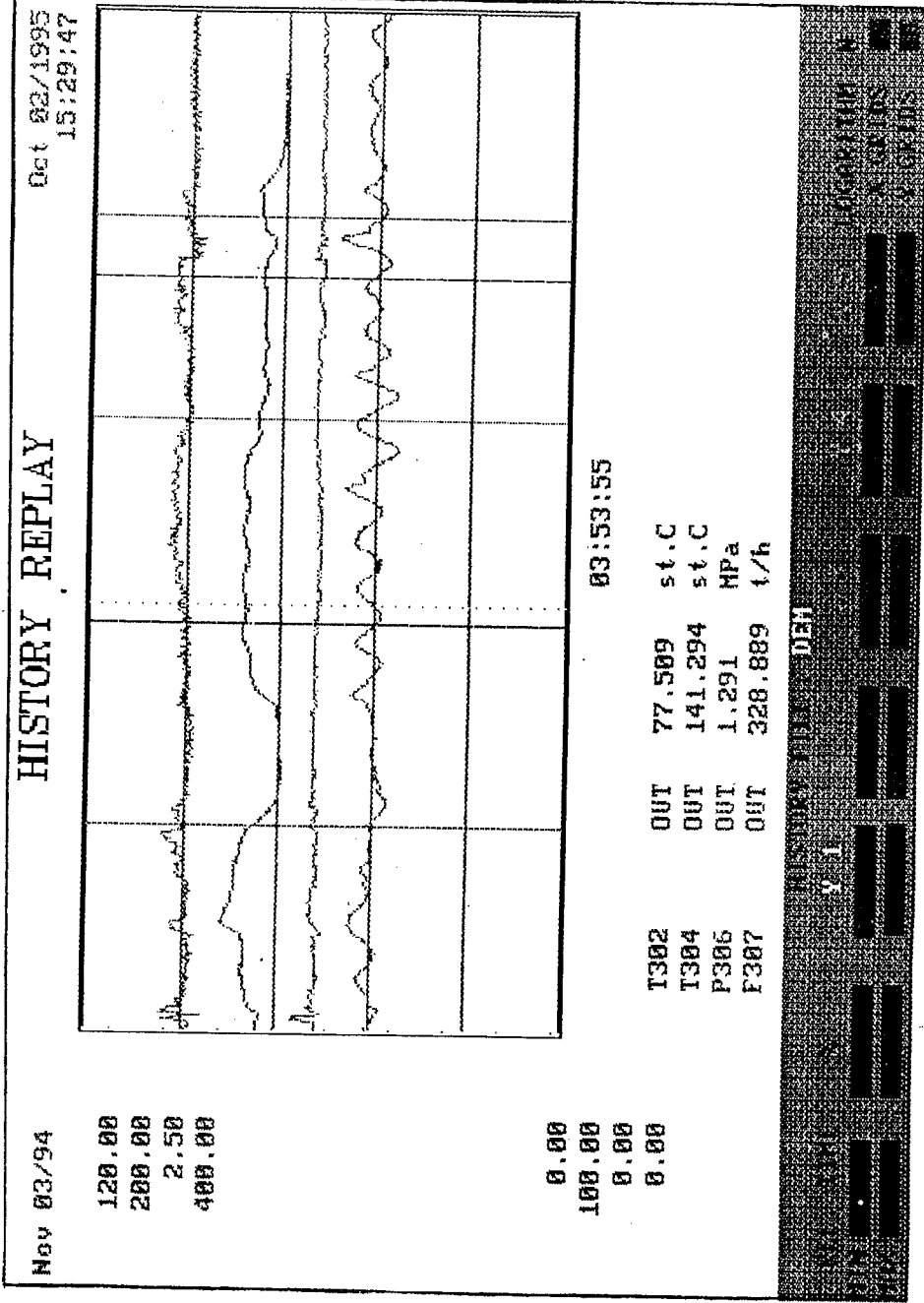
Rys. 3.. Plansza parametrów technologicznych kotła nr 3



Rys. 4. Opis obwodów sygnalizacji kotła nr 3



Rys. 5. Liczniki czasu pracy urządzeń kotła nr 3



Rys. 6. Plansza przebiegów parametrów technologicznych

Zgłaszane przez system sytuacje alarmowe, w postaci migających w kolorze czerwonym elementów wizualizowanego obiektu, wymagają potwierdzenia przez operatora procesu (migotanie to zostaje wstrzymane w chwili potwierdzenia alarmu). Zdarza się, że w momencie pojawienia się sytuacji alarmowej w jakimś obwodzie pomiarowym nie jest wyświetlana plansza dotycząca tego pomiaru. Dlatego też nie potwierdzone alarmy sygnalizowane są dodatkowo w linii operatorskiego menu, przez migotanie w kolorze czerwonym tych pól wyboru obiektu, przez które dochodzi się do właściwej planszy z pomiarem sygnalizującym stan alarmowy.