ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992

Seria: ELEKTRYKA z. 127 Nr kol. 1169

Piotr DIRYCZ

Tadeusz KACZMARCZYK

KOMPUTEROWY SYSTEM WSPOMAGANIA DYSPOZYTORÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono podstawowe założenia sprzętowe i funkcjonalne komputerowego systemu wspomagania dyspozytorów gospodarki elektroenergetycznej w zakładach przemysłowych i elektrowniach. Przedstawiono podstawowe cechy systemu, zakres typowego oprogramowania użytkowego systemu oraz doświadczenia z wdrożeń systemu do eksploatacji.

COMPUTER SYSTEM FOR DISPATCHER AID OF ELECTRIC POWER ENGINEERING

Summary. Functional and hardware basic assumptions for computer system for dispatchers aid of electric power engineering in the industrial and the power plants are described. This paper presents basic characteristics of the system, typical range of application software and inferences from practical exploitation.

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДИСПЕТЧЕРОВ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Резюме. В статье показана основная концепция компьютерного и функционального оснащения системы поддержки диспетчеров энергохозяйства в промышленных предприятиях и электростанциях. Приведены основные свойства системы, объем типичного программного обеспечения системы и опыт получен во время внедрения.

1. WSTĘP

Urealnienie cen energii (w tym energii elektrycznej) wymusza w zakładach przemysłowych oszczędne gospodarowanie nośnikami energii oraz racjonalizację eksploatacji układów energetycznych będących w gestii głównego energetyka. Podstawowym warunkiem racjonalizacji gospodarki energetycznej jest posiadanie odpowiedniego, wielofunkcyjnego narzędzia spełniającego wszystkie podstawowe funkcje wspomagania służb głównego energetyka, "zmuszającego" te służby do

właściwej eksploatacji układu energetycznego oraz do prowadzenia bieżąco aktualizowanej ewidencji stanu układu.

Jednym z takich narzędzi jest prezentowany w niniejszym artykule komputerowy system wspomagania służb głównego energetyka w zakresie gospodarki elektroenergetycznej. System ten, po niewielkich modyfikacjach, może byćwykorzystany dla dyspozytorów innych gospodarek energetycznych. Instytut nasz zajmuje się od kilku lat tymi zagadnieniami, czego wyrazem jest m.in. uruchomienie systemu wspomagania dyspozytorskiego dla RDR Rybnik, RDR Lublin Miasto [1] oraz w roku 1990 dla Huty Katowice [2]. Obecnie prowadzone są prace nad podobnymi systemami dla Elektrowni Miechowice, Elektrowni Jaworzno II [3] oraz Elektrociepłowni Łęg.

Podstawowym założeniem, obok wielofunkcyjności systemu, jest jego elastyczność (m.in. dzięki strukturze modułowej) zarówno po stronie urządzeniowej, jak programowej. Pozwala to każdorazowo na ścisłe dopasowanie struktury systemu do potrzeb i wymagań użytkownika oraz łatwą modyfikację systemu w wyniku zmian układu elektroenergetycznego i rozwoju wymagań.

Omawiany system ze względu na szeroki zakres zagadnień wykonywany jest we współpracy kilku instytucji (m.in. z TECHNICON Gliwice, Q-bit Gliwice, Energoprojekt Katowice) w ścisłej współpracy z przyszłym użytkownikiem. W artykule z konieczności skoncentrowano się na opisie funkcji użytkowychsystemu. w obecnej wersji, funkcje te są sukcesywnie modyfikowane i rozwijane, szczególnie w zakresie identyfikacji i doradztwa w zakresie likwidacji sytuacji awaryjnych.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU

W pełnej konfiguracji system składa się z:

- systemu akwizycji danych (SAD) w wersji rozproszonej lub skupionej (w zależności od zakresu i sposobu opomiarowania obiektu),

- systemu dyspozytorskiego (SD) stanowiącego sieć lokalną NOVELL komputerów standardu IBM PC z monitorami kolorowymi SVGA w wykonaniu standardowym lub przemysłowym (w zależności od warunków pracy sprzętu komputerowego),
- oprogramowania użytkowego podzielonego na moduły,
- oprogramowania przygotowawczego, komunikacyjnego, sieciowego i systemowego.

Komunikacja pomiędzy systemami SAD i SD odbywa się przez łącza szeregowe (V24, IRPS, łącze światłowodowe) z wykorzystaniem protokołu komunikacyjnego zgodnego ze standardem ISO.

Struktura systemu zarówno pod względem sprzętowym, jak i programowym jest bardzo elastyczna, co umożliwia tworzenie różnych struktur dopasowanych do konkretnych aplikacji, a także rozwój i modyfikację systemu (sprzętowo i programowo) w trakcie jego eksploatacji.

3. PODSYSTEM AKWIZYCJI DANYCH (SAD)

System akwizycji danych służy do zbierania, wstępnego przetwarzania i transmisji danych (analogowych, dwustanowych i licznikowych) do systemu dyspozytorskiego.

Możliwe są następujące rodzaje SAD:

- system rozproszony, składający się z koncentratorów obiektowych zlokalizowanych w miejscach koncentracji danych (np. w stacjach elektroenergetycznych) i koncentratora komunikacyjnego (centralnego) w dyspozytorni,
- system skupiony (w przypadku, gdy sygnały pomiarowe są obecnie przesyłane do dyspozytorni),
- system mieszany.

System SAD typu QKD-01 wykonywany jest w postaci modułów w standardzie EUKOCARD 6U w kasetach 19" na podstawie sterownika mikroprocesorowego MPQ-01 przez firmę Q-bit w Gliwicach..Liczba koncentratorów - do 20, max liczba wejść jednego koncentratora:

- dwustanowych (w tym licznikowych) 2048,
- analogowych 512.

Możliwe są inne wykonania systemu SAD, np. DETEC, UTJ, Inteldigit PI, CEGELEC, SIEMENS, B&R, FESTO, OMRON i in., przy czym ceny systemów zachodnich są ponad dwukrotnie wyższe. System SAD może wykonywać dodatkowo funkcje lokalne np. lokalna wizualizacja danych, funkcje sterowania, regulacji itp.

4. PODSYSTEM DYSPOZYTORSKI

Sprzętowo system dyspozytorski stanowi sieć dedykowaną (dla niewielkich systemów może być sieć niededykowana) NOVELL komputerów standardu IBM PC (w wykonaniu standardowym lub przemysłowym) z monitorami kolorowymi o wysokiej rozdzielczości (SVGA) i drukarką (drukarkami). Komunikacja z systemem SAD odbywa się poprzez porty szeregowe. Moduły użytkowe (dostępne z dowolnego terminala dyspozytorskiego) wchodzące w skład tego podsystemu zostaną opisane w kolejnych podpunktach.

Należy zaznaczyć, że zakres oprogramowania użytkowego jest wynikiem realizacji potrzeb użytkowników systemu; należy go traktować jako zakres standardowy, mogący podlegać rozszerzeniu w przypadku wystąpienia odpowiedniego zapotrzebowania.

4.1. Moduł bieżącej rejestracji zdarzeń

Rejestracja zdarzeń odbywa się na monitorze i drukarce z pełnym tekstem opisującym zdarzenie, rozdzielczość czasowa zdarzeń - poniżej 0.01 s.

4.2. Moduł zliczania cykli wyłączników i czasu pracy urządzeń

Moduł (dostępny z dowolnego terminala sieciowego) umożliwia:

- zliczanie cykli zadziałania dowolnych elementów 2-stanowych (np. wyłączników),
- zliczanie czasu pracy wybranych urządzeń (na podstawie analizy stanu łączników),
- przegląd liczby cykli łączników wg:
  - stacji i pól,
  - liczby cykli (od największej do najmniejszej),
  - podanej procentowej odchyłki od wartości granicznej,
- przegląd czasu pracy urzadzeń wg:
  - stacji i pól,
  - czasu pracy (od największego do najmniejszego),
  - żądanego przedziału czasu.

Dla terminala wiodącego dla tej funkcji przewidziano dodatkowo:

- zakładanie (likwidacja) elementów podlegających zliczaniu,
- wprowadzanie wartości granicznych,
- zerowanie liczby cykli lub czasu pracy (np po wymianie elementu),
- kontrolę poprawności wprowadzonych danych.

Wprowadzanie powyższych zmian odbywa się przez obsługę systemu w czasie jego pracy (w trybie on-line).

4.3. Moduł przeglądu zdarzeń

Umożliwia przegląd ostatnich 1000 zdarzeń wg następujących kryteriów:

- przedział czasu wystąpienia zdarzenia
- lokalizacja zdarzenia (wg stacji, pól),
- rodzaj zdarzenia (wg treści komunikatów).

Ponadto podsystem zapewnia:

- archiwizację wybranych zbiorów dotyczących rozwoju określonej

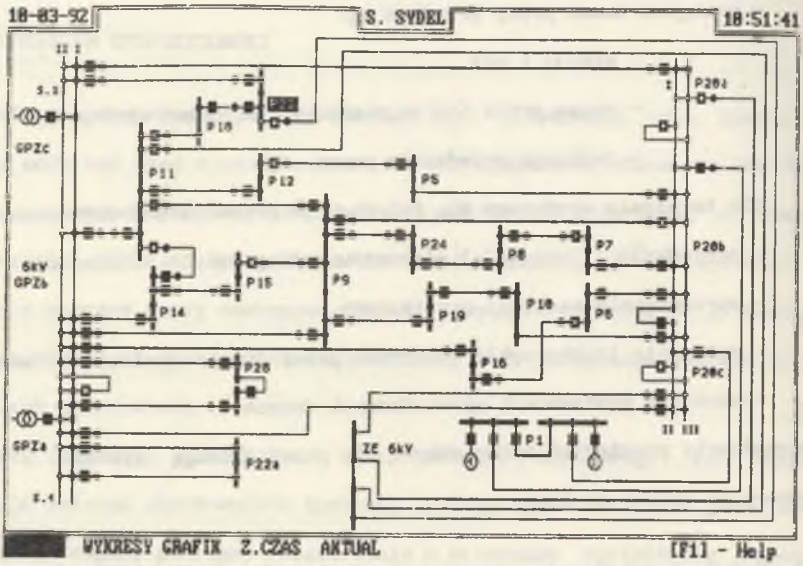
sytuacji ruchowej (na dysku twardym lub dyskietkach),

- przegląd zbiorów archiwalnych (z opcjami jw.),
- wydruki wybranych zbiorów zdarzeń,
- sygnalizację wystąpienia i przegląd nowych zdarzeń.

4.4. Moduł prowadzenia ruchu (monitorowanie)

Moduł ten zastępuje m.in. tablicę synoptyczną, rejestratory i inne urządzenia tradycyjnej wizualizacji. Realizuje następujące główne funkcje:

- emisja schematu głównego układu el.en. w aktualnej konfiguracji (położenia łączników, wyróżnienie elementów pod napięciem) - rys.1,



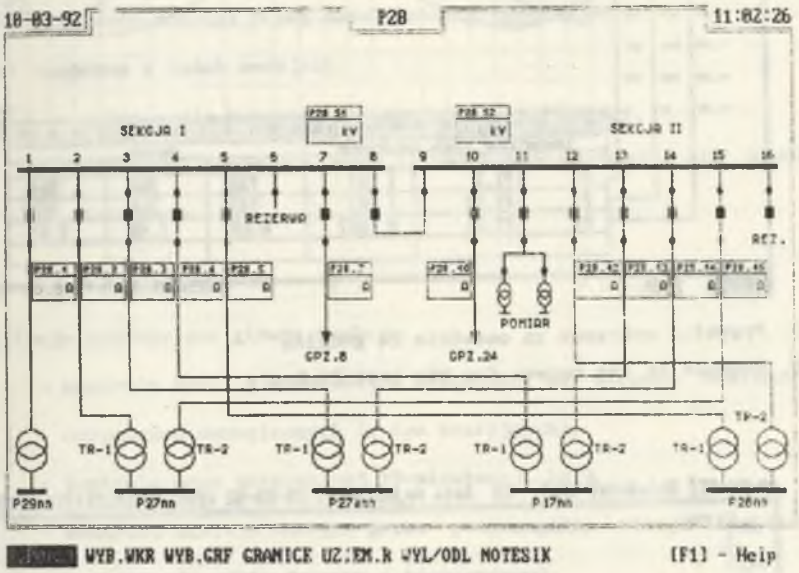
Rys.1. Przykład schematu głównego

Fig.1. Example of the main scheme

- alarmowanie (i kwitowanie alarmów) w przypadkach:
  - zmiany konfiguracji układu el.en.,
  - wystąpienia zakłócenia,
  - przekroczenia granicy (dolnej lub górnej) przez dowolną

wielkość anlogową (P, Q, U, I, f),

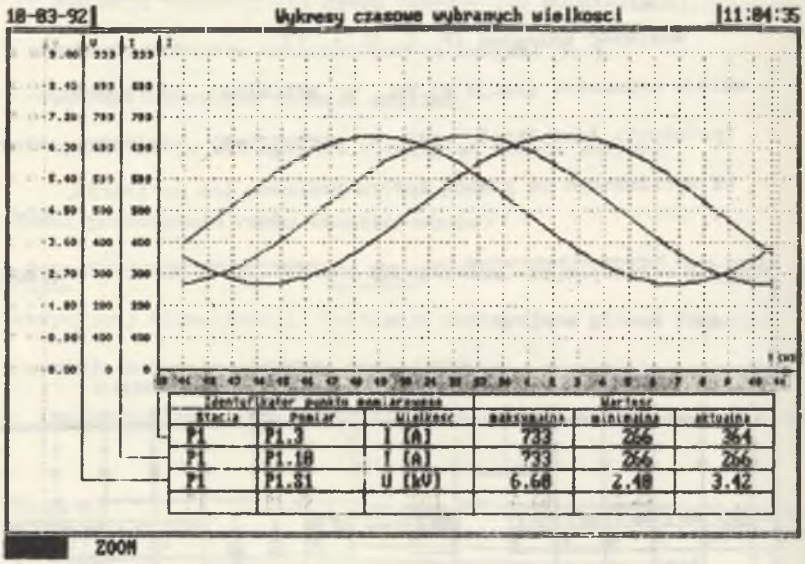
- emisja schematów stacji el.en. w aktualnej konfiguracji - rys.2, (położenia łączników) wraz z wartościami wielkosci mierzonych (z wyróżnionym za pomocą koloru poziomem ich wartości),



Rys.2. Przykład schematu stacji elektroenergetycznej

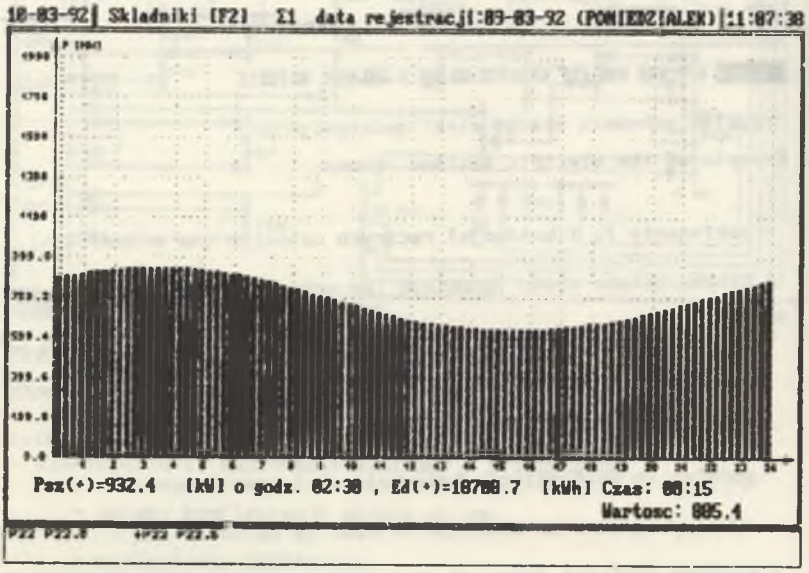
Fig.2. Example of the electric station scheme

- zakładanie (i likwidacja) ręcznych uziemień (na schematach),
- ręczna zmiana stanu łączników (na schematach) - dotyczy tylko elementów nie wprowadzonych do systemu akwizycji danych (telemechaniki),
- wykresy czasowe dowolnych zestawów 4. wielkości za ostatnie 24 godziny (z wartościami ekstremalnymi i granicznymi) - rys.3,
- wykresy czasowe za ostatnie 60 min. (w układzie jw.),
- wykresy obciążeń dobowych oraz ich sum i różnic za ostatnie 7 dni (wraz z wartościmi energii i ekstremów) - rys.4,



Rys. 3. Przykład wykresów za ostatnie 24 godziny

Fig. 3. Example of the curves for the last 24 hours



Rys. 4. Przykład wykresu obciążenia dobowego

Fig. 4. Example of the day working load

- wybór wielkości do prezentacji graficznej (ze schematów za pomocą specjalnych kursorów graficznych),
- zmiana granic alarmowania,
- notatnik jednostronicowy (dla każdej stacji).
- wydruki dowolnych wydawnictw podsystemu.

Istnieje możliwość obsługi przez moduł tablicy synoptycznej.

Moduł wykonano w dwóch wersjach:

- pełna - dla komputera (dyspozytora) wiodącego,
- skrócona (bez alarmowania i kwitowania alarmów) - dla dowolnego terminala.

4.5. Moduł ekonomiczny

Realizuje następujące główne funkcje:

- kontrola mocy 15-minutowej w zależności od stopnia zasilania i ograniczeń wewnętrznych (w tym awaryjnych),
- kontrola mocy maksymalnej 15-minutowej, tg ϕ,
- kontrola zużycia energii przez poszczególne stacje elektroenergetyczne (w cyklu dobowym i miesięcznym),
- bilanse kontrolne (wraz z uzgadnianiem bilansów),
- rozdzielnik energii na poszczególne konta (składniki kosztów) wraz z wprowadzaniem ryczałtów i odczytów z liczników nie objętych systemem SAD,
- zakładanie kont, zmiana formuły konta (z kontrolą poprawności),
- inne funkcje związane z rozliczeniami mocy i energii.

Podsystem wykonano w dwóch wersjach:

- pełna - dla komputera (dyspozytora) wiodącego.
- skrócona (bez możliwości zmian wielkości wejściowych) - dla dowolnego terminala.

4.6. Moduł dyspozytorskiej bazy danych

Zapewnia gromadzenie i udostępnianie, wg żądanych kryteriów, danych dotyczących wyposażenia systemu elektroenergetycznego w zakresie:

- wyposażenie stacji:
  - urządzenia pierwotne (szyny zbiorcze, odłączniki szynowe itp.),
  - urządzenia wtórne (np. zabezpiecznia szyn zbiorczych),
  - urządzenia pomocnicze (np. układ sprężonego powietrza).
- wyposażenie pól w poszczególnych stacjach:
  - urządzenia pierwotne (wyłączniki, dławiki itp.),
  - urządzenia wtórne (zabezpieczenia, pomiary itp.).

Każde urządzenie zapisane w DBD posiada;

- dane znamionowe (tabliczka znamionowa) wg odpowiedniego katalogu,
- dane indywidualne (np. nastawy zabezpieczeń),
- notatkę (dowolny tekst).

Użytkownik tworzy katalogi urządzeń w ww. grupach. Dopisywanie nowego urządzenia polega na wybraniu danego urządzenia z odpowiedniego katalogu lub jeżeli dany rodzaj lub typ urządzenia nie został skatalogowany, na uzupełnieniu odpowiedniego katalogu.

Oprogramowanie zapewnia przegląd danych według:

- stacji (nazwy stacji automatycznie uporządkowane alfabetycznie),
- pól (uporządkowanie wg rosnących numerów pól z podziałem na sekcje),
- rodzaju aparatury (pierwotna, wtórna, pomocnicza),
- rodzaju urządzeń (np dla aparatury pierwotnej: wyłącznik, odłącznik, dławik itp.),
- typu urządzeń (np. typ wyłącznika wg nazwy katalogowej),
- terminów przeglądów (każde pole posiada terminy przeglądów ostatniego i następnego)

oraz przeszukiwanie danych (ewidencję) we wszyskich stacjach lub w stacji wybranej według:

- rodzaju urządzeń,
- typu urządzenia,
- terminów przeglądów ostatniego lub następnego w dowolnym przedziale czasu od wprowadzonej daty bazowej.

Program zapewnia ochronę przed przypadkową ingerencją w zasoby danych. Liczba stacji, sekcji, pól, katalogów i danych jest praktycznie *nieograniczona* (zależy tylko od pojemności pamięci *RAM* komputera oraz pojemności dysku twardego).

DBD wykomano również w 2 wersjach (dla komputera - użytkownika wiodącego i dowolnego - tylko przegląd zawartości bazy danych).

4.7. Moduł obliczeń inżynierskich

Obecnie moduł ten składa się z programu obliczeń zwarciowych (opis poniżej) oraz arkusza kalkulacyjnego. Przewiduje się dalszy rozwój tego modułu.

4.7.1. Program obliczeń zwarciowych

Program zwarciowy wykonuje obliczenia zwarciowe w sposób symulacyjny, tzn. określona sieć elektroenergetyczna może być modyfikowana w zakresie konfiguracji poprzez symulację zmian stanu wyłączników. Program oblicza zwarcia 3-fazowe symetryczne we wszystkich węzłach układu. W wyniku obliczeń otrzymuje się wartości: prądu początkowego, mocy zwarciowej, impedancji zwarcia dla zwarć we wszystkich węzłach układu elektroenergetycznego. Ponadto program zapewnia sortowanie wyników obliczeń według:

- kolejnych numerów węzłów,
- malejących wartości prądów zwarciowych,

oraz wydruk wyników obliczeń (z dodatkową notatką zawierającą nazwę pliku danych i nazwę układu elektroenergetycznego).

Obecnie, w ramach rozszerzenia modułu obliczeń inżynierskich, prowadzone są prace nad poniższymi programami.

4.7.2. Optymalizacja prowadzenia ruchu (w przygotowaniu)

Zadaniem programu jest optymalizacja układu elektroenergetycznego na zasadzie symulowania przez dyspozytora nowej konfiguracji układu elektroenergetycznego, zmian obciążeń itp.

Symulacja polega na wprowadzaniu planowanych zmian do aktualnego układu elektroenergetycznego (identyfikowanego przez system) przy wykorzystaniu schematów generowanych przez moduł monitorowania.

Mechanizm wprowadzania modyfikacji jest podobny do opisanego w p.4.4.

Przewiduje się następujące kryteria optymalizacji:

- ekonomiczny rozdział obciążeń,
- kompensacja mocy biernej,
- niezawodność zasilania,
- obciążalność elementów układu elektroenergetycznego,
- wytrzymałość zwarciowa elementów łączeniowych.

4.7.3. Program doradczy (w przygotowaniu)

Zadaniem programu jest doradztwo w zakresie likwidacji sytuacji awaryjnych. Program ma charakter systemu ekspertowego "samouczącego się", poprzez możliwość uzupełniania przez dyspozytora "bazy wiedzy" dotyczącejnowo powstałych sytuacji ruchowych i awaryjnych.

Identyfikacja sytuacji ruchowej następuje przez porównanie aktualnego stanu obiektu z 2-stopniowym wzorcem zawierającym:

- stan wybranych łączników,
- stan wybranych zabezpieczeń i innych sygnałów 2-stanowych,
- poziom wybranych wielkości mierzonych (np. niski, normalny),

zgodnie z wprowadzonymi w podsystemie monitorowania wartościami granicznymi.

Wzorzec składa się z części podstawowej i dodatkowej uściślającej warunki wystąpienia danej sytuacji. Doradztwo polega na wyświetleniu, na żądanie (np. po wystąpieniu sytuacji awryjnej) odpowiedniej instrukcji postępowania w ce-

lu likwidacji tej sytuacji. Instrukcje są wcześniej przygotowane przez ekspertów dla danej sytuacji (przy wykorzystaniu, m. in., programów obliczeń inżynierskich). Identyfikacja sytuacji ruchowej polega na porównania aktualnego stanu obiektu z przygotowanymi wcześniej "wzorcami". Dyspozytor ma ponadto możliwość zapoznania się z instrukcjami dla sytuacji "podobnych", zgodnych z częścią podstawową wzorca oraz, na żądanie z całą zawartością "bazy wiedzy".

W przypadku braku wzorca danej sytuacji dyspozytor może taki wzorzec stworzyć wykorzystując odpowiednie procedury podsystemu i korzystając ze stosu 1000 ostatnich zdarzeń (podsystem przeglądu zdarzeń).

4.8. Pakiet programów przygotowawczych

Programy służą do bieżącego dokonywania zmian i uzupełnień w zakresie sygnałów wejściowych: 2-stanowych, analogowych i licznikowych. Zmiany te, mające na celu uwzględnienie nieuniknionych zmian w obiekcie i rozwój systemu mogą być wprowdzane z dowolnego terminala dyspozytorskiego.

5. KOSZTY I EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA SYSTEMU

Koszt systemu w oczywisty sposób zależy od następujących czynników:

- zakres systemu (ilość danych, ich rozmieszczenie),
- stan wyposażenia zakładu w środki pomiarowe,
- liczba terminali i ich rozmieszczenie,
- rodzaj zastosowanego sprzętu komputerowego.

Przeciętny koszt systemu przy zastosowaniu krajowych koncentratorów (2000 danych 2-stanowych i licznikowych, 200 danych analogowych) oraz komputerów poziomu dyspozytorskiego w wykonaniu półprzemysłowym (dla sprzętu podstawowego) i standardowym (dla terminali) wynosi ok. 1 mld zł. Wykonanie półprzemysłowe komputerów zapewnia średni czas pracy bezawaryjnej (MTBF) 30 000

godz. oraz dla sieciowego dysku twardego 150 000 godz. Koszt powyższy nie zawiera kosztów przystosowania obiektu (doposażenia w środki pomiarowe).

Efektywność systemu była szacowana dla kilku przedsiębiorstw (m.in. Bumar Łabędy [4], FSM Tychy [5]) oraz na podstawie danych literaturowych. Efektywność ta (zależna głównie od jakości wcześniej prowadzonej gospodarki, mocy zainstalowanej oraz specyfiki zakładu) wynosi od 2 do 8% kosztów energii i mocy ponoszonych przez zakład, co daje dla przeciętnego zakładu czas zwrotu nakładów inwestycyjnych w ciągu kilku miesięcy.

6. WNIOSKI

Dotychczasowe doświadczenia wykazały przydatność systemu, wystarczającą niezawodność (istotne jest zapewnienie właściwego serwisu) oraz duże walory użytkowe. Czas "oswajania" się obsługi z systemem jest bardzo krótki (rzędu kilku tygodni). Wynika to m.in. z przeszkolenia obsługi oraz ciągłej współpracy z użytkownikiem w czasie wykonywania systemu (każdorazowo uwzględniane są sugestie użytkownika w zakresie funkcji użytkowych systemu i jego użytkowania). Modułowa struktura systemu umożliwia szybkie wdrażania kolejnych systemów (w ciągu kilku miesięcy) na części danych obiektowych i samodzielne uzupełnianie ich (w czasie pracy systemu) aż do osiągnięcia założonego zakresu.

LITERATURA

1. Popczyk J., Kaczmarczyk T.: Mikrokomputerowy system wspomagania dla potrzeb rejonowych dyspozycji ruchu, Konferencja: Informacja, informatyka, ekonomika, Centrum Informatyki Energetyki, Warszawa 1986.
2. Dokumentacja powykonawcza systemu wspomagania ZDM Huty Katowice, IEiSU 1989, praca niepublikowana.
3. Założenia systemu ENEL dla Elektrowni Jaworzno II, Energoprojekt, Katowice

1990, praca niepublikowana.

4. Komputerowy system wspomagania dyspozycji ruchu elektrycznego ENEL dla Bumar Łabędy, IEiSU 1989, praca niepublikowana.

5. Założenia funkcjonalne i sprzętowe systemu wspomagania służb głównego energetyka dla FSM Zakład nr 2 w Tychach, 1988, praca niepublikowana.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Tadeusz Bełdowski

Wpłynęło do redakcji dnia 3 stycznia 1992 r.

COMPUTER SYSTEM FOR DISPATCHER AID OF ELECTRIC POWER ENGINEERING

A b s t r a c t

Functional and hardware basic assumptions for computer system for dispatchers aid of electric power engineering in the industrial and the power plant are described.

HARDWARE ASSUMPTIONS

This system contains three hardware levels:

- object level - measurement converters, auxiliary contacts, pulse attachments to the electric energy meters,
- acquire data level - radiate structure of data concentrators or programmers in the different executions,
- dispatcher level - industrial or standard (with high reliability) computers IBM PC, working in a "Novell" network.

MODULES OF THE APPLICATION SOFTWARE

- Current data logging,
- review of the last thousand event, according to the different criteria,
- counting of working cycle and worktime of the double-throw switches,
- graphic process visualization with alarms and graphic displays of the

operating data

- energy balances, limits and control of the restrictions of electric power,
- dispatchers data base,
- engineering calculations.

FUNCTIONAL ASSUMPTIONS

The system includes maximal flexibility of operations in the hardware configurations and software applications, possibility correcting and loading new data "on-line" (in worktime of the system).

REFERENCES

Steel Mill "KATOWICE", Power Plant "MIECHOWICE", Power Plant "JAWORZNO II", Thermal-Electric Power Station "LĘG".