

platformą kompleksowej automatyzacji przedsiębiorstwa

Artykuł jest drugą częścią opracowania przybliżającego najciekawsze wdrożenia, opartych na pakiecie asix³, rozwiązań integrujących obiektowe systemy automatyki w jedną strukturę, tzw. sieć techniczną przedsiębiorstwa, celem udostępnienia do wielowymiarowej, przekrojowej analizy wszelkich danych procesowych gromadzonych w warstwie bezpośredniej obsługi procesu technologicznego. Pierwsza część opracowania poświęcona systemom funkcjonującym w Elektrowni „Rybnik” SA oraz w Janikowskich Zakładach Sodowych „Janikosoda” SA została zamieszczona w PAR 3/2003.

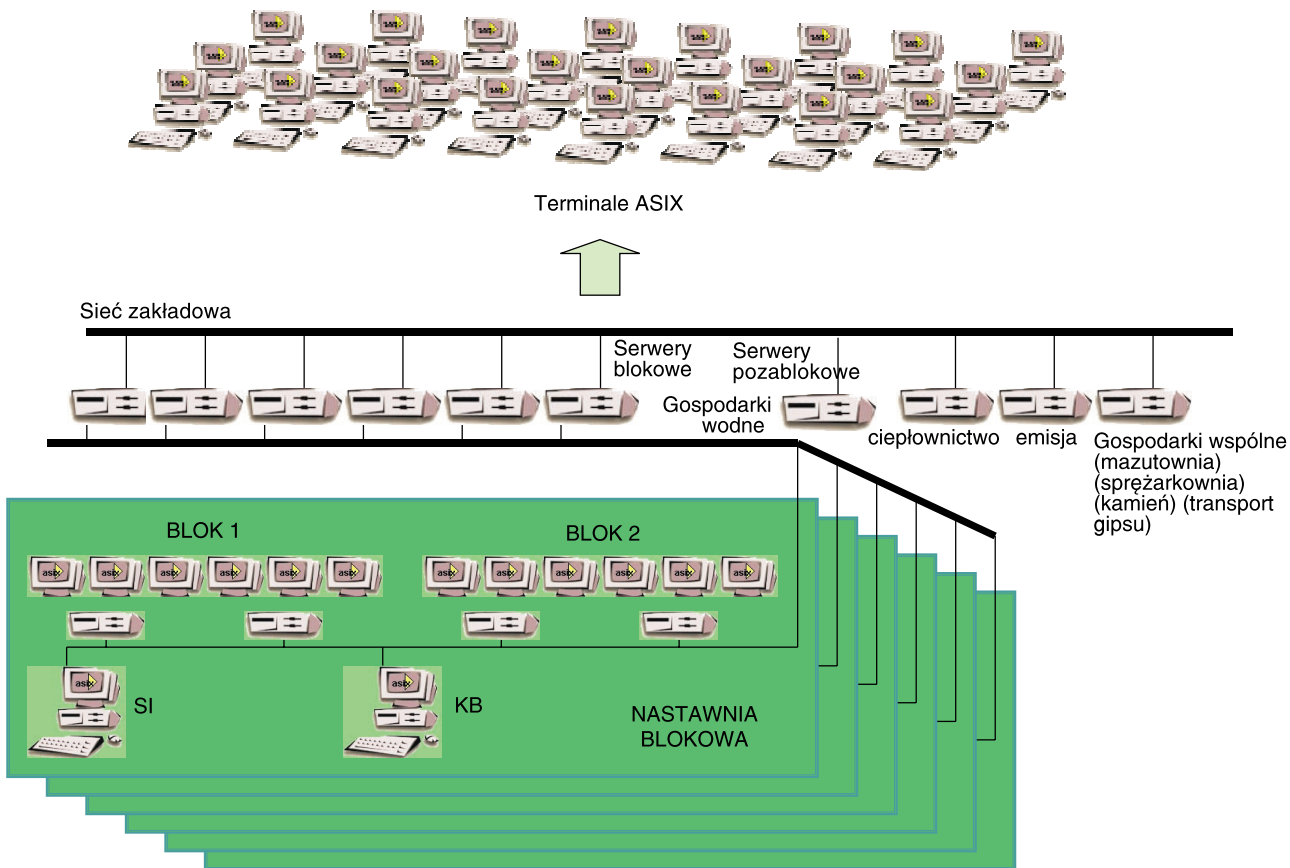
Niniejszy artykuł jest poświęcony systemowi wdrożonemu w Elektrowni „Bełchatów” w 2000 roku, z dużą pomocą i przy bezpośrednim zaangażowaniu służb Elektrowni, i od tego czasu konsekwentnie wspólnie rozwijanemu pod kątem dostarczania nowych usług i nowych aplikacji użytkownikom sieci technicznej elektrowni. System wdrożony w Elektrowni „Bełchatów” jest interesujący m.in. ze względu na różnorodność źródeł pozyskiwania danych oraz na wyjątkowo szeroki wachlarz specjalistycznych aplikacji powstałych na bazie danych udostępnianych przez systemy obiektowe.

Struktura sieci technicznej

W aktualnej fazie rozwoju sieć techniczna wdrożona w Elektrowni „BEŁCHATÓW” SA ma konfigurację zilustrowaną na rys. 1. Na pierwszy rzut oka widać wyraźnie cechy podkreślane w opisach systemów prezentowanych w 1. części artykułu:

- oparcie filozofii systemu na idei stosowania serwerów danych obiektowych, z których każdy „reprezen-

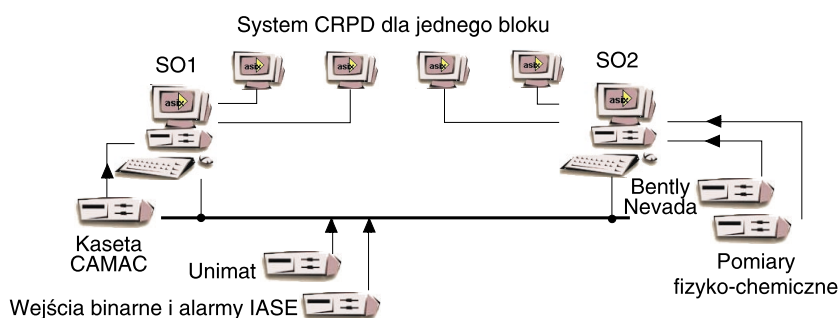
tuje” określony wycinek danych będących przedmiotem działania systemów automatyki obiektowej. Alokacja zasobów reprezentowanych przez konkretny serwer jest kwestią decyzji projektanta bądź administratora sieci technicznej i może być w każdej chwili zmieniona bez żadnych reperkusji po stronie aplikacji funkcjonujących na terminalach sieci zakładowej;



Rys. 1. Konfiguracja sieci technicznej Elektrowni "BEŁCHATÓW" SA

- pełna separacja wydzielonej sieci obiektowej od sieci ogólnozakładowej, co zapewnia m.in. bezpieczeństwo systemów obiektowych zarówno przed groźbą celowego ataku jak i niezamierzonych powikłań wywołanych np. przeciążeniem spowodowanym zwiększoną liczbą legalnych odwołań do danych, które ma system obiektowy, który w efekcie doświadcza degradacji funkcji podstawowych;
- dostępność danych procesowych na dowolnej liczbie stanowisk (tzw. terminali) w sieci ogólnozakładowej. Podkreśliśmy, że terminale w ramach jednej infrastruktury (koszty!) sieci ogólnozakładowej mogą bez ograniczeń korzystać z dowolnych aplikacji, zarówno tych o charakterze technologicznym jak i stricte biurowym.

Jak już wspomniano na wstępie wyróżnikiem sieci technicznej w Elektrowni Bełchatów jest duża różnorodność źródeł danych procesowych. Symptomatyczna w tym względzie jest pokazana na rys. 2 konfiguracja systemu akwizycji, archiwizacji i wizualizacji danych procesowych dla dyspozytora bloku 360 MW oraz w dalszej konsekwencji ich udostępniania w całej sieci technicznej. Osią systemu są dwie redundantne stacje operatorskie, oparte na oprogramowaniu *ASIX-server operatorski nielimitowany* zainstalowanym na platformie Windows 2000 Professional. Stacje te zapewniają wizualizację stanu bloku na 6 monitorach.



Rys. 2. Konfiguracja systemu CRPD na bloku

Pomiary analogowe z bloku są zbierane z kasy Camac poprzez łącze równoległe w oparciu o niestandardowy, dwukierunkowy protokół realizowany na drodze wysterowania linii sygnałowych portu drukarki stacji operatorskiej. Wejścia dwustanowe oraz znakowane z 50-milisekundową rozdzielczością zdarzenia występujące na bloku są natomiast przejmowane poprzez sieć Ethernet ze zrealizowanej na bazie systemu Master S3 tzw. kasy wejść dwustanowych, w oparciu o niestandardowy, firmowy protokół opracowany przez IASE na bazie usług TCP/IP. Ten sam mechanizm rozszerzony o odczyt wartości zmiennych analogowych jest też wykorzystywany do sprzęgu z układem regulatora turbiny UNIMAT. Z kolei dane z systemu Bently-Nevada są zbierane za pośrednictwem protokołu Modbus-RTU realizowanym na łączu szeregowym w sieci RS-485, gdzie stacja operatorska jest węzłem typu „master”. Protokół Modbus-RTU i sieć RS-485 są także stosowane do przejmowania pomia-

rów fizykochemicznych, ale w tym układzie stacja operatorska jest węzłem typu slave. Na bloku nr 9 dodatkowo funkcjonuje dwukierunkowe połączenie z dostarczonym przez Westinghouse systemem OVATION, który steruje pracą kotła. Sprzęg jest zrealizowany na bazie sieci Ethernet i protokołu Modbus TCP/IP.

Sieć Ethernet jest wykorzystywana także do synchronizacji czasu stacji ASIX, kasy wejść dwustanowych oraz systemu OVATION względem wzorca czasu odbieranego przez ASIX z satelitów GPS.

Jak widać na rys. 2 tylko niektóre sprzęgi, w szczególności oparte na wykorzystaniu sieci Ethernet, są jednocześnie dostępne dla obu stacji operatorskich, co umożliwia nieprzerwaną akwizycję i archiwizację danych nawet w przypadku awarii jednej ze stacji. Ograniczenia liczby interfejsów komunikacyjnych dostępnych w systemie Camac oraz w Bently-Nevada powodują, że dane z tych systemów mogą być doprowadzone tylko do jednej ze stacji operatorskich, co uzależnia ciągłość akwizycji i rejestracji danych od dyspozycyjności stacji obsługującej sprzęg.

Podobna różnorodność stosowanych metod sprzęgu funkcjonuje w warstwie serwerów danych obiektowych. Dla porządku nadmienimy, że wszystkie niżej wymienione serwery danych obiektowych są utworzone na platformie *asix³* w wersji „serwer operatorski”

z nielimitowaną liczbą zmiennych procesowych. Sześć **serwerów blokowych** (jeden serwer obsługuje dwa bloki w obrębie nastawni) pozyskuje dane ze stacji operatorskich ASIX poprzez wydzieloną sieć Ethernet w oparciu o firmowe, niestandardowe protokoły *asix³* nadbudowane na bazie usług Netbios over TCP/IP. **Serwer gospodarek wspólnych** przejmuje dane ze sprzężarkowni, mazutowni i kruszarni kamienia poprzez przypisane im bazy SQL, w których co kilka sekund

są aktualizowane rekordy wartości wszystkich pomiarów analogowych i dwustanowych, natomiast w odrębnych tablicach są przechowywane dzienniki zdarzeń. **Serwer emisji** pobiera dane poprzez łącza szeregowy z trzech komputerów emisyjnych MEVAS, stosując firmowy protokół zaimplementowany w tych urządzeniach. **Serwer ciepłownictwa** pozyskuje dane w oparciu o: firmowe protokoły *asix³* na bazie usług Netbios over TCP/IP, protokół M-BUS typowo stosowany w licznikach ciepła, firmowy protokół przeliczników ciepła MEC dostarczanych przez ITC w Łodzi oraz niestandardowy protokół DATATR (firmowy protokół stosowany w rozwiązaniach oferowanych przez ABB Centrum) dla dwukierunkowej wymiany danych z systemem wykrywania ubytków w sieci ciepłowniczej. **Serwer gospodarek wodnych** udostępniający aktualnie dane z 5 systemów sterowania i nadzoru używa jeszcze innych protokołów, a mianowicie: w zakresie dotyczącym sprzęgów z systemami opartymi na pakie-

cie WinCC, po stronie serwera uruchomiony jest Klient OPC Asix zgodny ze specyfikacją 2.0 komunikujący się ze standardowo instalowanym Serwerem OPC WinCC. W przypadku systemu sterowania i nadzoru sprężarkowni D-10, sprzęg zorganizowany jest na zasadzie wymiany danych przez plik tekstowy odświeżany przez dostawcę systemu z zadaną częstotliwością na „pomostowym” stanowisku systemu D10. W przypadku systemu uzdatniania wody bazującego na pakiecie WinVIP, po różnych próbach, ostatecznie została zastosowana technika mieszana polegająca na pobieraniu danych procesowych w oparciu o mechanizm Automation i zapisywaniu danych lokalnie do pliku tekstowego na stanowisku WinVIP, który to plik jest interpretowany tym samym drajwerem jaki opracowano dla wspomnianego już systemu sprężarkowni D-10.

Jeżeli w kontekście takiej różnorodności stosowanych w Elektrowni protokołów uświadomimy sobie, że w sieci technicznej Elektrowni funkcjonuje już ponad 100 terminali ASIX, a w planach jest sukcesywne uruchomienie kolejnych kilkuset, to zbędne jest chyba akcentowanie problemów jakie należałoby opanować, gdyby nie unifikacja będąca efektem konsekwentnego wdrażania filozofii pośredniczących serwerów danych obiektowych. Terminale wdrażane w sieci zakładowej funkcjonują w oparciu o oprogramowanie *asix*³ w wersji „terminal sieciowy” oferującej typową funkcjonalność pakietu SCADA albo w wersji AsixConnect otwierającej dowolnym aplikacjom dostęp do zasobów sieci technicznej na zasadzie serwera DDE/OLE2/OPC a ostatnio także OLEDB.

Podstawowe parametry ilościowe i wydajnościowe

W komentarzu dotyczącym parametrów technicznych skoncentrujemy uwagę na tych węzłach sieci technicznej, gdzie są wdrożone rozwiązania bazujące na platformie *asix*³, czyli: system wizualizacji na blokach, system nadzoru stacji ciepłowniczej D-6, system sterowania transportem gipsu oraz przede wszystkim serwery danych pośredniczących, stanowiące jądro sieci technicznej. W tym kontekście sieć techniczna Elektrowni Bełchatów obejmuje:

- w warstwie wizualizacji bloków: 24 stacje operatorskie na platformie *asix-serwer operatorski nielimitowany*, 6 stacji kierownika bloku oraz 6 stacji inżyniera systemu na platformie *asix-terminal sieciowy*,
- w warstwie „pozablokowych” systemów obiektowych: 4 stacje operatorskie (licencje: *asix-serwer operatorski nielimitowany*),
- 10 serwerów danych obiektowych na platformie *asix-serwer operatorski nielimitowany*, z których:
 - 6 serwerów dedykowanych jest do udostępniania danych z bloków; jeden serwer obsługuje dwa bloki,
 - serwer EMISJA udostępnia dane dotyczące emisji zanieczyszczeń,
 - serwer GOSPODARKI WSPÓLNE udostępnia da-

- ne z systemu: mazutowni, sprężarkowni D-2, kruszarni kamienia oraz transportu gipsu,
- serwer GOSPODARKI WODNE udostępnia dane z systemów: chłodnie kominowe, redukcja jonitów i oczyszczanie kondensatu, uzdatnianie wody chłodzącej, przepompownie wody: Czyżów, Warta, wody uzupełniającej, wody pitnej i ppoż., ścieków sanitarnych, sprężarkownia D-10,
- serwer CIEPŁOWNICTWO udostępnia dane ze stacji ciepłowniczej D-6 oraz sieci liczników ciepła zainstalowanych w kluczowych punktach poboru.

- ponad 100 stanowisk terminalowych *asix*³ w sieci zakładowej zainstalowanych na mocy tzw. *site-licence* dającej Inwestorowi możliwość nieograniczonej rozbudowy liczby stanowisk.

Serwery danych obiektowych udostępniają do sieci zakładowej ponad 57600 zmiennych procesowych bieżących, z czego 56700 zmiennych jest archiwizowanych i udostępnianych także jako zmienne historyczne (obie podane liczby obejmują również zmienne wyliczane wtórnie jak średnie 5-minutowe i średnie godzinowe, które stanowią około 50 % sumarycznego bilansu).

Do tego strumienia informacji dochodzą dzienniki alarmów i zdarzeń rejestrowane na blokach, w serwerach: GOSPODARKI WSPÓLNE, CIEPŁOWNICTWO i EMISJA. Jeszcze inną kategorią udostępnianych danych są tzw. raporty *post-mortem*, rejestrowane automatycznie w systemach wizualizacji bloku w reakcji na zaistnienie krytycznego zdarzenia. Raport *post-mortem* obejmuje zapis wszystkich wartości zmiennych procesowych na bloku w ciągu 20 minut poprzedzających zdarzenie krytyczne i 10 minut następujących po tym zdarzeniu.

Wszystkie dane bieżące są odświeżane przez serwery danych obiektowych z częstotliwością obowiązującą w systemie źródłowym (np. w systemie blokowym okresowość odświeżania wynosi 2 s), podobnie wtórna archiwizacja danych odbywa się z analogicznym taktem jak w systemach źródłowych. Archiwizacja jest dokonywana przy włączonym mechanizmie strefy nieczułości (*dead band*), przy czym szerokość tej strefy jest bardzo mała, żeby nie zniekształcać zarejestrowanych przebiegów (wynosi ok. 0,1 % zakresu pomiarowego). Według pierwotnych założeń system miał zapewnić dostępność poszczególnych kategorii danych w następujących przedziałach czasu:

- archiwum wartości chwilowych – za ostatnie 20 dni (minimum 10 dni),
- archiwum średnich 5-minutowych – przez 500 dni,
- archiwum średnich 1-godzinowych – przez 3 lata,
- dzienniki zdarzeń – minimum 1 mln ostatnich zdarzeń. W środowisku ASIX sens ma raczej deklarowanie czasu przechowywania informacji – w warunkach sieci technicznej Elektrowni Bełchatów można mówić, że historia zdarzeń jest dostępna za okres dłuższy niż 5 lat,
- raporty *post-mortem* – przez 3 lata.

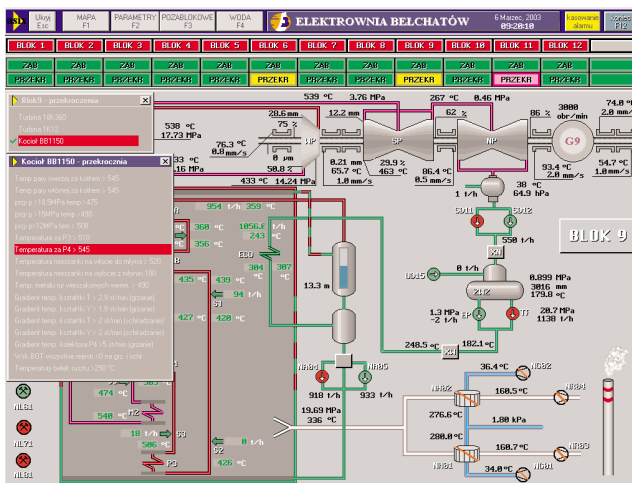
Po dwuletnim okresie eksploatacji systemu, w odpowiedzi na potrzeby użytkowników zdecydowano się wydłużyć do 40 dni czasu przechowywania archiwów wartości chwilowych na serwerach danych obiektowych. W ślad za tymi decyzjami w 2002 roku zmodernizowano sprzęt serwerów danych blokowych. Parametry sprzętowe wszystkich serwerów zebrano

w tabeli. Jak widać w przypadku serwerów blokowych przy modernizacji zdecydowano się zrezygnować z *mirroringu* dysków uznając, że zbędne jest ponoszenie kosztów na drugi dysk, jeżeli awaryjność sprzętu jest znikoma, a w razie awarii można odzyskać archiwum korzystając z „oryginałów” dostępnych na obu stacjach operatorskich bloku.

| Serwer | Procesor | RAM | Dysk | Uwagi |
|--------------------|--------------|--------|--|-----------------------|
| Blokowy | PIII 500 MHz | 256 MB | 2x9,1 GB, 10k rpm, SCSI, w układzie mirroringu | Dostawa rok 2002 |
| | b. z. | 512 MB | 1x36 GB, 10k rpm, SCSI | Modernizacja rok 2002 |
| Gospodarki wspólne | PIII 550 MHz | 128 MB | 1x18 GB SCSI | Dostawa rok 2000 |
| Ciepłownictwo | PIII 600 MHz | 128 MB | 2x9,1 GB, 10k rpm, SCSI, w układzie mirroringu | Dostawa rok 2000 |
| Emisja | PIII 600 MHz | 128 MB | 2x9,1 GB, 10k rpm, SCSI, w układzie mirroringu | Dostawa rok 2000 |
| Woda | PIV 2,26 GHz | 512 MB | 1x36 GB 10 k rpm, SCSI | Dostawa rok 2002 |

Ciekawe aplikacje

Najpowszechniej używana aplikacja o nazwie BEL-DIR, dostępna na wszystkich stanowiskach sieciowych, jest ukierunkowana na wizualizację bieżącej sytuacji w Elektrowni.



Rys. 3. Aplikacja BEL-DIR

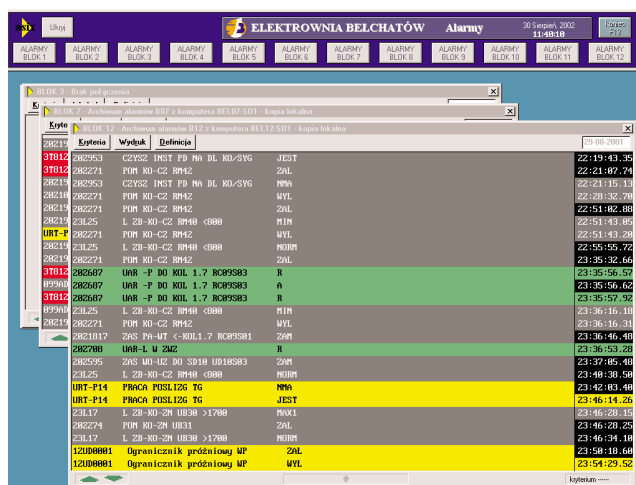
Oprócz syntetycznych schematów synoptycznych poszczególnych instalacji użytkownik otrzymuje: globalne wskaźniki np. dotyczące produkcji oraz zużycia podstawowych mediów, informację o aktywności najistotniejszych technologicznie alarmów uporządkowaną w dwupoziomowej liście rozwijanej, zestaw bazowych raportów oraz dostęp do listy alarmów historycznych z poszczególnych bloków.

Syntetyczna wizualizacja stanu podstawowych węzłów technologicznych i natychmiastowa indykacja wystąpienia stanów awaryjnych to zadanie aplikacji wdrożonej w nastawni DIRE. Aplikacja obsługuje ścianę graficzną złożoną z sześciu monitorów plazmowych, stanowiącą niejako centralne stanowisko dowodzenia w Elektrowni.

Inna grupa aplikacji jest ukierunkowana na analityczne przetwarzanie informacji zawartych w archiwach serwerów danych. Do tej grupy można zaliczyć aplikacje:

Raporty – aplikacja opracowana pod kątem użytkowników zainteresowanych wyłącznie definiowaniem oraz generowaniem raportów w postaci tabelarycznej. Umożliwia: tworzenie nowych definicji raportów ewentualnie modyfikowanie istniejących wzorców, wybór raportu do przeliczenia z możliwością przejrzania wyników na ekranie ewentualnie skierowania ich do wydruku.

Alarmy – aplikacja przeznaczona do przeglądania dzienników zdarzeń na blokach. Analizę można prowadzić w kilku jednocześnie otwartych oknach obrazujących sytuację na różnych blokach, do dyspozycji są zaawansowane funkcje filtrowania i wyszukiwania, możliwy jest wydruk interesującego obszaru dziennika z naniesieniem informacji o wszelkich uwarunkowaniach (jak np. aktywna histereza sygnału) mających wpływ na kształt listy zdarzeń.



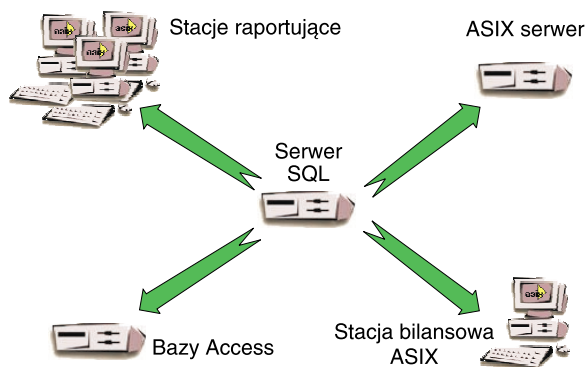
Rys. 4. Aplikacja ALARMY

HTR – pod tym skrótem kryje się aplikacja ułatwiająca nawet początkującemu użytkownikowi łatwy import dowolnie wybranych danych z archiwum *asix*³ do arkusza Excel. Cała operacja sprowadza się do wyboru w oknie pomocy potrzebnych pomiarów oraz

określenia przedziału czasu, jaki interesuje użytkownika. Po zakończeniu operacji w arkuszu mamy wymagany podzbiór danych archiwalnych zapisanych w układzie kolumnowym, z przypisanym czasem poszczególnych próbek.

TRENDY II – bardzo zaawansowana aplikacja do graficznej prezentacji przebiegów zmiennych zapisanych w archiwum **asix**³. Przebiegi można oglądać na ekranie lub wydrukować z bogatą legendą na drukarce. Krótki komentarz na temat tej aplikacji był zamieszczony także w pierwszej części artykułu.

Na zakończenie należy wspomnieć o aplikacji ukierunkowanej na bilansowanie zużycia mediów (woda, para, mazut) na blokach w rozbiciu na fazy rozruchu, pracy i odstawienia oraz na bilansowanie poborów ciepła. Bilanse zużycia mediów są realizowane na stacjach operatorskich poszczególnych bloków poprzez skrypty systemu **asix**. Wynikowe całki zużycia mediów są zapisywane do bazy SQL funkcjonującej na wydzielonym serwerze baz danych. Raporty zużycia mediów zostały przygotowane w formacie HTML i są dostępne poprzez przeglądarki internetowe.



Rys. 5. System bilansowania poboru mediów i ciepła

Bilans poborów ciepła również został oparty na bazie SQL, do której okresowo (zależnie od natury danych co godzinę lub raz na dobę) są zapisywane wskazania liczników ciepła dostępne w sieci technicznej. Bilansowanie jest realizowane w aplikacji opartej na zastosowaniu arkusza Excel i odwołującej się wyłącznie do bazy SQL. Wymóg dokładnego bilansowania poborów mediów i ciepła narzucił konieczność precyzyjnego traktowania pojęcia czasu, dlatego cała aplikacja jest oparta na czasie UTC przeliczanym dla celów prezentacji danych na czas lokalny. Opis tej aplikacji został zamieszczony nieprzypadkowo na zakończenie artykułu, gdyż w przekonaniu autorów aplikacja ta wskazuje możliwość ewolucji sieci technicznej w kierunku wykorzystania technologii SQL i internetu.

mgr inż. Janusz Bielec
 Elektrownia „BEŁCHATÓW” SA,
 Rogowiec, 97-406 Bełchatów 5
 janusz_bielec@elb.pl

mgr inż. Janusz Mierzwa
 ASKOM Sp. z o. o.
 44-100 Gliwice,
 ul. Prymasa S. Wyszyńskiego 11
 jmi@askom.com.pl