

mgr inż. Filip Gasperowicz
inż. Wiesław Alabrudziński
Przedsiębiorstwo Badawczo-Produkcyjne
"ENAMOR" Sp. z o.o. Gdynia

ROZPROSZONY SYSTEM POMIAROWY I ZDALNEGO STEROWANIA SYSTEMAMI STATKU

W minionym okresie obserwuje się rozwój systemów nadzorowania i wizualizacji procesów przemysłowych z wykorzystaniem sterowników programowalnych oraz nowoczesnych pakietów programowych SCADA. Znajdują one zastosowanie również na statkach morskich. W artykule przedstawiono zasady oraz przykład realizacji systemu pomiaru i sterowania urządzeniami statku. Przedstawione rozwiązanie zapewnia użytkową funkcjonalność systemu, przy spełnieniu wymagań odpowiednich przepisów towarzystw klasyfikacyjnych.

DECENTRALIZED MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR SEA VESSELS

In recent years one can observe a rapid development of monitoring and control systems for industrial processes based utilizing Programmable Logic Controllers (PLC) and modern SCADA software packages. They are used also on board Ocean-going ships. The paper describes rules and an example of implementation of the idea to monitor and control ship's equipment. Presented solution assures good system functionality with conformity to ships classification society rules.

1. WSTĘP

Celem prac badawczo projektowych prowadzonych przez firmę „ENAMOR” jest opracowanie koncepcji konfigurowalnego systemu pomiarowego oraz sterowania systemami statku. Sposób realizacji obejmujący sprzęt oraz oprogramowanie służące do realizacji niniejszego projektu są zdeterminowane przez międzynarodowe przepisy oraz wymagania dotyczące bezpieczeństwa ludzi i sprzętu. Jest to związane z faktem, iż przebywanie na morzu charakteryzuje się bardzo specyficznymi warunkami środowiskowymi. Załoga musi mieć zagwarantowany dostęp do części zamiennych oraz pomocy technicznej, przynajmniej w rejonie tras rejsowych. W praktyce trudno jednak oczekiwać stałego przywiązania danej jednostki do określonego obszaru działania, co wymusza zapewnienie wyżej wymienionych cech produktu w obrębie wszystkich istotnych rejonów operowania statku bez względu na położenie geograficzne. W niniejszej pracy proponuje się rozwiązanie, które spełnia wyżej wymienione założenia oraz tworzy podstawy do dalszych prac rozwojowych nad tego typu systemem.

2. KONCEPCJA SYSTEMU

2.1. Sprzęt oraz oprogramowanie

Jak wspomniano na wstępie wybór sprzętu jest zdeterminowany obowiązującymi przepisami światowych towarzystw klasyfikacyjnych np. PRS, GL, itp. oraz zapleczem technicznym dla zastosowanego sprzętu. Z drugiej jednak strony istotne są warunki ekonomiczne realizacji założonych celów. Powstały problem potraktowano jako rozwiązanie optymalizacyjne gdzie z jednej strony system musi zapewniać stałą eksploatację statku z możliwością wykonywania koniecznych czynności serwisowych samodzielnie przez załogę, a z drugiej strony zastosowanie systemu musi być uzasadnione ekonomicznie.

Jako bazę sprzętową zastosowano:

- ⇒ Programowalne Sterowniki Logiczne (PLC) firmy MODICON seria TSX-Premium
- ⇒ Komputery przemysłowe firmy ADVANTECH z systemem operacyjnym Windows NT
- ⇒ Oprogramowanie wizualizacyjne iFIX firmy INTELLUTION

2.2. Rozproszona struktura systemu

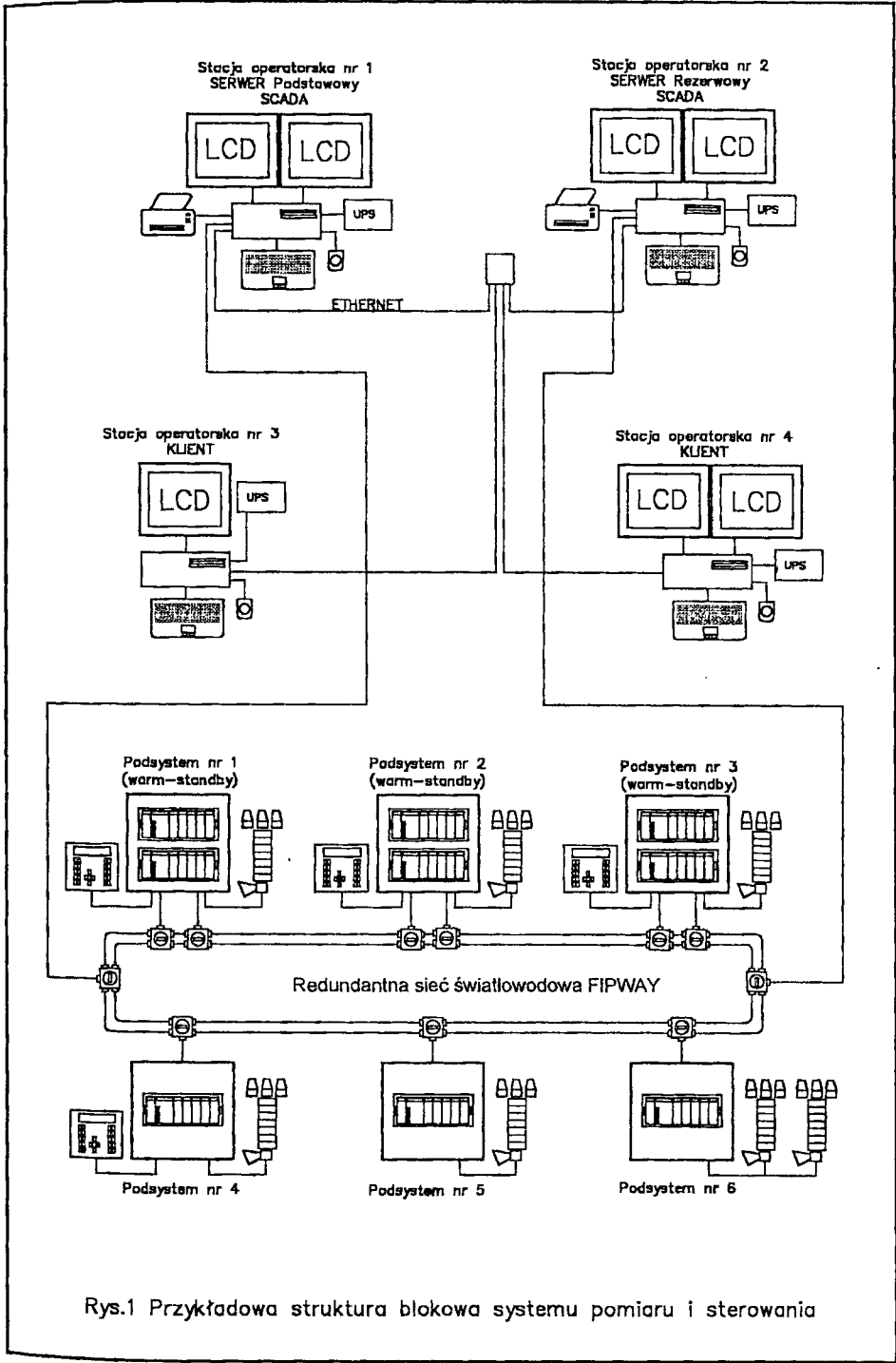
Tytuł referatu rozpoczyna się słowem „rozproszony”, co ma ścisły związek z zastosowanym rozwiązaniem projektowym. Jego ogólną koncepcję przedstawiono na rysunku 1. Przy planowaniu rozproszenia systemu przyjęto założenie, że będzie on obejmował ograniczoną liczbę stanów „sterowalnych” oraz sytuacji alarmowych mogących zaistnieć w trakcie pracy. Poszczególne stany alarmowe związane z odpowiednimi wejściami sygnałów pomiarowych oraz wyjścia sterujące zostały podzielone na podsystemy. Każdy z podsystemów odnosi się do określonej grupy urządzeń okrętowych. Jednostką centralną dla każdego podsystemu jest sterownik PLC z własnym autonomicznym algorytmem pracy, integrującym w sobie funkcje akwizycji danych, sterowania, komunikacji, oraz diagnostyki.

Urządzeniami nadrzędnymi zarządzającymi całością systemu są komputery przemysłowe klasy PC pracujące pod systemem operacyjnym Windows NT oraz oprogramowaniem SCADA - iFIX firmy Intellution. W dalszej części opisu każdy z komputerów wraz z oprogramowaniem nazywany będzie stacją operatorską. Podstawową funkcją każdej ze stacji jest stworzenie interfejsu komunikacyjnego pomiędzy operatorem a systemem, oraz w przypadku stacji pełniących jednocześnie funkcje serwerów gromadzenie oraz przetwarzanie danych systemowych. W każdym systemie tego typu istnieje potrzeba instalacji, co najmniej dwu serwerów (podstawowego i rezerwowego) gromadzących oraz udostępniających dane. W danej chwili tylko jeden serwer udostępnia swoje zasoby pozostałym komputerom i podstacjom. Poza powyższym do funkcji stacji operatorskich można zaliczyć utrzymanie aktualnych wartości na planszach wizualizacyjnych, alarmowanie w przypadku przekroczenia wartości alarmowej, gromadzenie danych historycznych oraz ich prezentowanie w formie wykresów, okresowe wywoływanie funkcji diagnostycznych systemu, parametryzacja algorytmów sterowania realizowanych przez poszczególne podsystemy w zależności od akcji podjętych przez operatora.

3. REALIZACJA SYSTEMU

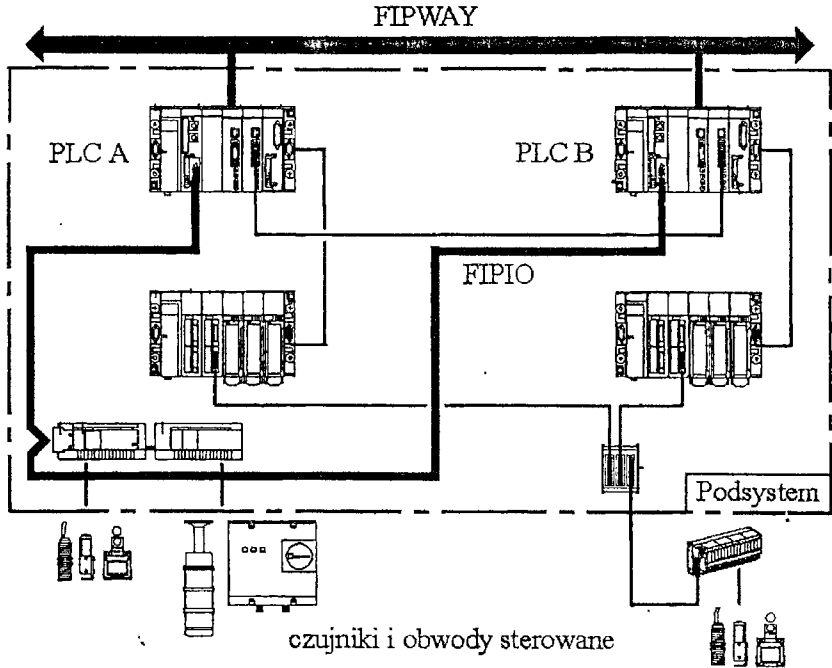
3.1. Podsystemy PLC

Podstawowym elementem każdego podsystemu jest sterownik MODICON serii Premium wyposażony w procesor TSX P57 402M. Przy wyborze typu sterownika oraz procesora kierowano się zasobami, jakie pozostawiał on do dyspozycji projektantowi oraz



Rys.1 Przykładowa struktura blokowa systemu pomiaru i sterowania

możliwościami zastosowania konfiguracji wprowadzających redundancję sprzętu. Szczególnie istotną cechą specyficzną dla systemu morskiego jest zapewnienie ciągłości eksploatacji statku mimo możliwości wystąpienia awarii systemu sterowania i monitoringu. Konfiguracja sterownika typu „warm-standby” wydała się odpowiednim kompromisem pomiędzy zapewnieniem odpowiednich wymagań odnośnie obowiązujących przepisów a kosztami wykonania systemu. Idę wyżej wspomnianej konfiguracji przedstawiono na przykładowym schemacie poglądowym zawartym na rys. 2.



Rysunek 2. Przykładowa realizacja podstacji w konfiguracji „warm-standby”

Obserwując schemat można zauważyć, że przy takim rozwiązaniu uzyskano redundancję następujących elementów sterownika: płyty bazowej, płyt rozszerzających, procesora, zasilacza, modułów komunikacyjnych, modułów wejścia-wyjścia. Natomiast same czujniki dostarczające sygnały pomiarowe oraz wyjścia sterujące systemami są współdzielone pomiędzy sterownikiem podstawowym (PLC A) oraz rezerwowym (PLC B) za pośrednictwem specjalnych modułów. W przypadku sygnałów binarnych są to pasywne moduły wyposażone w diody blokujące sygnały tak aby wspólne użytkowanie wejścia lub wyjścia przez dwa sterowniki nie zakłócało się wzajemnie. Dla wejść oraz wyjść analogowych wspólne użytkowanie czujników jest możliwe dzięki zastosowaniu przyłącza komunikującego się z sterownikiem za pośrednictwem połączenia siecią komunikacyjną FIPIO. Zasadność stosowania konfiguracji „warm-standby” zależy od rangi urządzeń statkowych współpracujących z danym podsystemem. Przykładowo system energetyczny bądź napędowy są jednymi z najważniejszych systemów i ewentualna awaria PLC tych podsystemów często jest nie do zaakceptowania. Natomiast w przypadku podstacji obsługującej system urządzeń gospodarczych ranga ich jest o wiele niższa, co dopuszcza chwilowe wyłączenie ich z eksploatacji.

Na zakończenie tego punktu przedstawimy podział na podsystemy, jakie wyodrębniono w trakcie prac nad niniejszym projektem:

- ⇒ system sterowania i monitoringu systemu napędowego (ilość podsystemów zależna jest od ilości zespołów napędowych).
- ⇒ system wstępnego smarowania urządzeń okrętowych
- ⇒ sterowanie zespołami prądowórczymi z automatycznym załączeniem rezerwy (tzw. Power Management System)
- ⇒ system sterowania pomp: transportu paliwa, wody słodkiej, wody morskiej, balastu
- ⇒ system sterowania pomp rezerwowych dla pomp podwieszonych w systemach zasilania paliwem, smarowania, itp.
- ⇒ system balastowy obejmujący sterowanie zaworami w systemach balastowym, zęzowym, transportu paliwa, oleju i wody

3.2. Sieć komunikacyjna

Dla celów zapewnienia odpowiednich przepustowości sieci i redundancji połączeń zastosowano sieć komunikacyjną FIPWAY o topologii pierścienia i przepustowości 1 MB/s. Jako fizyczne łącze użyto włókna światłowodowego. Umożliwiło to zminimalizowanie praktycznie do zera wpływu zakłóceń elektromagnetycznych emitowanych przez urządzenia okrętowe oraz pozwoliło uzyskać pełną izolację elektryczną pomiędzy podsystemami. Dodatkową bardzo istotną zaletą zastosowanego rozwiązania jest sprzętowe uzyskanie redundancji sieciowej. W związku z użytymi terminalami sieciowymi typu OZD FIP G3 procedura redundancji sieci wykonywana jest przez sam terminal sieciowy. W przypadku pojedynczej przerwy w magistrali sieciowej kierunek przesyłu danych jest wyznaczany automatycznie tak aby uszkodzenie zostało ominięte. Oczywiście przerwa w dwu miejscach sieci FIPWAY jest awarią krytyczną, której usunięcie wymaga ingerencji serwisu. Każde uszkodzenie pętli światłowodowej jest sygnalizowane przez terminal sieciowy, który je wykrył. Informacja o awarii jest przekazywana przez przełączenie styku przekaźnika sygnalizacyjnego, który jest monitorowany przez jedno z wejść PLC.

3.3. Stacje operatorskie

W prezentowanym rozwiązaniu proponuje się instalację dwu serwerów SCADA oraz dwu klientów aplikacji SCADA. Każdy z serwerów został wyposażony w kartę sieciową z protokołem FIPWAY komunikujący się z siecią podsystemów. Zastosowanie dwu komputerów pełniących funkcje serwera jest efektem konieczności zapewnienia ciągłości pracy systemu w przypadku awarii serwera. W trakcie normalnej pracy systemu oba serwery gromadzą dane z zastosowaniem identycznych reguł, jednak aplikacje wizualizacyjne wszystkich stacji korzystają z danych tylko serwera podstawowego. W przypadku, gdy zostanie wykryta awaria na owym serwerze jest ona sygnalizowana odpowiednim komunikatem oraz zostaje podjęta automatycznie próba przełączenia na korzystanie z danych serwera rezerwowego. Przyczyną awarii może być awaria komputera, uszkodzenie oprogramowania czy też brak komunikacji. Oczywiście w trakcie normalnej pracy wykonywane są również procedury mające na celu testowanie sprawności serwera rezerwowego i w razie detekcji awarii wyświetlany jest stosowny komunikat. Po usunięciu przyczyn awarii struktura danych na uszkodzonym serwerze zostaje odbudowana tak aby zapewnić zamiennność serwerów w przyszłości.

Dodatkowymi zaletami oprogramowania iFIX poza możliwościami wymiany danych ze sterownikami jest możliwość eksportu informacji na zewnątrz systemu do innych aplikacji poprzez interfejs DDE (Dynamic Data Exchange). Dzięki temu dane mogą być przetwarzane

np. w programie Microsoft Excel w celu tworzenia tabel statystycznych oceniających warunki pracy czy awaryjność poszczególnych podzespołów statku. Jest to istotna pomoc przy tworzeniu raportów lub przewidywanego zapotrzebowania na różnego rodzaju elementy np. lista części zapasowych na przyszłe okresy eksploatacyjne.

Godne zaznaczenia są również możliwości graficzne oprogramowania wizualizacyjnego. Obrót, zmiana rozmiaru, ruch, zmiana koloru następuje na skutek zmiany przypisanych parametrów w sposób określony przez projektanta. Zadaniem stacji graficznej jest przede wszystkim informowanie w sposób przejrzysty o zaistniałej sytuacji alarmowej lub krytycznej w celu podjęcia przez operatora dalszych decyzji mających na celu ograniczenie strat. Wbudowanie standardowego języka programowania Visual Basic For Application pozwoliło nam rozszerzyć zarówno funkcjonalność systemu jak i właściwości poszczególnych obiektów umożliwiając dopasowanie ich specyfiki do wymagań morskich.

Wbudowane funkcje oprogramowania analizujące stany alarmowe rejestrują wszystkie zdarzenia zapisując w bazie danych czas, datę, przekroczony próg alarmowy, nazwę operatora i inne istotne dla odtworzenia przebiegu zdarzenia informacje. System informuje o wszelkich zaistniałych sytuacjach komunikatami na liście alarmowej przy jednoczesnym zapamiętaniu ww. parametrów w historii alarmów. W razie konieczności istnieje możliwość odtworzenia trendu wybranego parametru lub kilku jednocześnie. Na tej podstawie możliwe jest przeprowadzenie analizy przebiegu oraz przyczyn dowolnego zarejestrowanego zdarzenia. Każdy z wykresów można odtworzyć dla wymaganego okresu czasu ograniczonego jedynie danymi dostępnymi na serwerze. Dla omawianego systemu jest to okres 6-cio miesięczny.

Każda sytuacja alarmowa ma swoje odzwierciedlenie na planszach synoptycznych w postaci czerwonych pulsujących obiektów i sygnałów dźwiękowych. W sposób ciągły są wyświetlane parametry monitorowane z umiejscowieniem na planszach synoptycznych w sposób odwzorowujący ich rzeczywiste położenie na okręcie. Przykładowe plansze synoptyczne przedstawiono na rysunku 3.

Także wszelkie wykryte stany awaryjne są przedstawiane użytkownikowi. Między innymi można tu wymienić awarie sieci komunikacyjnej, uszkodzeń wewnętrznych modułów pomiarowych, przeciążenia awaryjnego sterowników pracujących w konfiguracji „warm-standby” itp. Operator otrzymuje na ekranie komunikat o każdej z awarii oraz w przypadku możliwości jej identyfikacji wyświetlony zostaje odpowiedni komentarz z ewentualnymi wskazówkami dotyczącymi przyczyn awarii z uwzględnieniem elementów, które należy sprawdzić bądź wymienić.

3.4. System kabinowy

Jest to część systemu, której zadaniem jest zapewnienie bieżącego dostępu załogi do parametrów systemu statku z pomieszczeń mieszkalnych. W celu sprostania wymaganiom towarzyszy klasyfikacyjnych panele kabinowe instalowane są w kabinach mechaników oraz w mesach i pomieszczeniach częstego przebywania załogi. Wystarczające do wyżej wspomnianych celów są tu typowe panele operatorskie z wyświetlaczem alfanumerycznym cztero liniowym po 40 znaków w linii oraz wyposażonym w niewielki sygnalizator dźwiękowy. Na panelach tych można odczytać listę aktualnych alarmów, oraz wszystkie parametry mierzone przez system.

W szczególności funkcje systemu kabinowego przedstawiają się następująco:

- ⇒ informacja o aktualnym mechaniku na wachtcie,
- ⇒ przywołanie mechanika wachtowego,
- ⇒ alarm w przypadku nie potwierdzenia alarmu w CMK,
- ⇒ alarm, gdy wybrany mechanik wachtowy nie potwierdzi alarmu w kabinie,
- ⇒ zintegrowanie w systemie funkcji kontroli mechanika wachtowego (DEAD-MAN)

3.5. System diagnostyki

Zastosowano dwuetapowy system diagnostyki.

- 1) poziom pierwszy jest to diagnostyka na poziomie sprzętu
- 2) w drugiej kolejności wykonywana jest diagnostyka na poziomie oprogramowania.

Diagnostyka na poziomie sprzętu opiera się na wykorzystaniu funkcji autotestu sprzętu dostarczonych przez producenta danego podzespołu. Wszelkie nieprawidłowości sygnalizowane są odpowiednimi informacjami statusowymi (dla PLC, kart komunikacyjnych) lub przełączeniem styków przekaźnika (moduły komunikacyjne). W systemie wykorzystano następujące funkcje detekcji uszkodzeń na poziomie sprzętu:

- ⇒ funkcje testu modułów pomiarowych i wykonawczych
- ⇒ samokontrola jednostki centralnej sterownika (watch-dog)
- ⇒ autotesty modułów komunikacyjnych
- ⇒ samokontrola kart komunikacyjnych

Informacje uzyskane dzięki powyższym funkcjom są wykorzystywane w etapie drugim.

Diagnostyka na poziomie oprogramowania:

Jest to etap, który pozwala przedstawić operatorowi systemu wyniki autotestów na poziomie sprzętu oraz przeprowadza dodatkowe procedury diagnostyczne. Sprawdzana jest w tym momencie poprawność przesyłanych danych oraz przepustowość sieci telekomunikacyjnej. Poddawane są również procedurom diagnostycznym komputery stacji operatorskich.

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono koncepcję oraz zakres prac projektowych koniecznych do przeprowadzenia, tak by sprostać wymaganiom stawianym przez przepisy światowych towarzystw klasyfikacyjnych odnośnie rozwiązań morskich. Całość projektu opiera się na sprzęcie i oprogramowaniu renomowanych firm światowych, uznanego przez poszczególne towarzystwa klasyfikacyjne.

W wyniku prac nad niniejszym projektem oraz w trakcie jego wdrażania zgromadzono doświadczenia i stworzono podstawy do dalszych prac w tym kierunku. W przyszłości planuje się w miarę dostępnych środków wprowadzać do systemu podzespoły własnej produkcji, zarówno w zakresie sprzętu jak i oprogramowania. Barierą na dzień dzisiejszy jest zapewnienie serwisu oraz dostępności podzespołów zamiennych produkowanych we własnym zakresie na obszarach operowania jednostek. W praktyce występuje tu konieczność stworzenia światowej sieci serwisu charakteryzującej się wysoką jakością usług, co wiąże się z poniesieniem wysokich nakładów inwestycyjnych z tym związanych.

5. LITERATURA

1. „TSX technical documentation” Schneider Electric Industries SA
2. „Fipway network. Inastallation Setup” Schneider Electric Industries SA
3. „System Development” Intellution Inc. USA
4. „Advanced Tools” Intellution Inc. USA