

## KONSTRUKCJA I DZIAŁANIE PRZYKŁADOWEGO URZĄDZENIA MERGING UNIT – REFERAT KONFERENCYJNY

Desire DAUPHIN RASOŁOMAMPIONONA<sup>1</sup>, Ryszard KOWALIK<sup>1</sup>, Marcin JANUSZEWSKI<sup>1</sup>,  
Kamil GONTARZ<sup>1</sup>

Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki

1. tel: 22 234 7255 fax: 22 234 5084

**Streszczenie:** W artykule opisano konstrukcje nowoczesnych urządzeń cyfrowej automatyki zabezpieczeniowej wykorzystujących technologie Ethernet jako główne medium wymiany informacji, co pozwala na zbudowanie architektury komunikacyjnej systemu elektroenergetycznego wykorzystującej wszystkie aspekty standardu IEC61850.

**Słowa kluczowe:** zabezpieczenia cyfrowe, IEC61850, urządzenia automatyki elektroenergetycznej.

### 1. WSTĘP

W ciągu ostatnich lat nastąpiła zmiana technologii wykorzystywanej do budowy urządzeń automatyki elektroenergetycznej. Rozwiązania analogowe statyczne, zostały zastąpione przez układy mikroprocesorowe, charakteryzujące się nieporównanie większymi możliwościami funkcjonalnymi. Równie duży skok nastąpił w dziedzinie komunikacji z urządzeniami automatyki, co umożliwiło zbudowanie systemów lokalnego oraz zdalnego nadzoru urządzeń i obsługiwanych przez nie stacji elektroenergetycznych. Urządzenia wykorzystywane do budowania układów automatyki są obecnie coraz częściej wyposażane w porty komunikacyjne pozwalające na wymianę danych z prędkością 10 lub 100Mb/s, co umożliwi na przesyłanie coraz bardziej rozbudowanych struktur danych, z wykorzystaniem skomplikowanych protokołów komunikacyjnych w czasie kilkunastu ms. Dane podlegające wymianie są zwykle oznaczone cechą czasu, której precyzją, ze względu na stosowanie systemu GPS może sięgać ułamka mikrosekundy.

Z analizy obserwowanego w ostatnich latach rozwoju układów i urządzeń automatyki elektroenergetycznej wynika, że nowe możliwości pojawiające się w dziedzinie układów automatyki elektroenergetycznej ściśle zależą od właściwości funkcjonalnych używanych urządzeń automatyki oraz systemów telekomunikacyjnych.

W takiej sytuacji energetyka zawodowa stoi na progu zmian związanych z uproszczeniem okablowania stacyjnego, ujednoczeniem dostępu do danych dostępnych w zainstalowanych urządzeniach mikroprocesorowych oraz tworzeniem nowych układów automatyki w oparciu o nowe rozwiązania technologiczne wykorzystujące wspomniane technologie (Ethernet/Intranet, GPS i zaawansowane protokoły komuni-

kacyjne). Wychodząc naprzeciw tym wymaganiom Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna IEC (ang. International Electrotechnical Commission) opracowała standard IEC61850. Standard ten jest w pewnym sensie koncepcją określającą sposób projektowania oraz budowę systemów elektroenergetycznych. Definiuje on system elektroenergetyczny, jako model składający się z obiektowych modeli urządzeń połączonych w sieć.

Standard IEC61850 wymaga dużej przepustowości transmisji oraz małych opóźnień. Typowe interfejsy szeregowo takie jak RS232/422/485 stosowane dotychczas w systemach elektroenergetycznych nie spełniają wymogów standardu IEC61850. Dopiero wprowadzenie technologii Ethernet do obiektów energetycznych pozwoliło na zbudowanie platformy komunikacyjnej wykorzystującej aspekty standardu IEC61850.

Obserwowana zmiana technologiczna powoduje, że obecnie stosowane urządzenia automatyki stacyjnej w przyszłości przestaną być atrakcyjne dla energetyki zawodowej ze względu na brak możliwości ich wykorzystania w nowych układach. Spowoduje to konieczność kupowania nowych urządzeń, których stopień skomplikowania w sensie wykorzystywanych standardów, protokołów komunikacyjnych oraz układów pomiarowych i synchronizacji jest znacznie większy od dotychczasowych. Z tego względu w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Warszawskiej opracowano nowoczesne urządzenia spełniających nowe wymogi energetyki. Konstrukcja urządzeń opisanych w tym artykule powstała w wyniku realizacji prac związanych z projektem pt. „Intranetowe urządzenie automatyki elektroenergetycznej nowej generacji” realizowanym w ramach MNiSW 0492/R/T02/2007/03. Jest ona ciągle rozwijana i udoskonalana.

### 2. KONSTRUKCJA URZĄDZENIA BICONIC

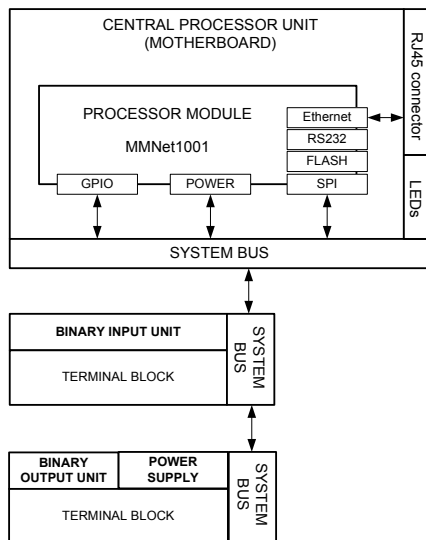
Konstrukcja urządzenia IED w wersji pierwszej, którą nazwano roboczo urządzeniem BICONIC oparta została na przemysłowym komputerze z rodziny ARM9. Wykorzystanie mikrokontrolerów ARM9 do budowy tego typu urządzeń jest możliwe dzięki temu, że mają one odpowiednie poziomy odporności na zakłócenia elektromagnetyczne, odpowiednią moc obliczeniową, łączą Ethernet oraz nie mają

do czynienia z sygnałami (napięciowymi i prądowymi) pochodzącymi z obwodów wtórnych. Urządzenie to jest wyposażone w wejścia i wyjścia dwustanowe przystosowane do współpracy z konwencjonalnymi urządzeniami stosowanymi do tej pory, więc jego zastosowanie nie wymaga ingerencji w konfigurację obwodów pierwotnych stacji.

Sterownik IED BICONIC został zaprojektowany w oparciu o komputer wbudowany, który jest mini serwerem z wejściami i wyjściami cyfrowymi oraz interfejsami komunikacyjnymi umożliwiającymi sterowanie, monitorowanie lub zdalne nadzorowanie obiektu elektroenergetycznego.

Koncepcja komputera wbudowanego pozwoliła na opracowanie sterownika wielofunkcyjnego, zawierającego wszystkie niezbędne interfejsy (w szczególności Ethernet); a jednocześnie wyposażonego w wejścia i wyjścia obiektowe dwustanowe, dzięki którym urządzenie pełni kontrolę nad nadzorowanym obiektem. Sterownik BICONIC opracowany został w oparciu o konstrukcję modułową składającą się z jednostki centralnej, modułu wyjść dwustanowych oraz karty wejść dwustanowych.

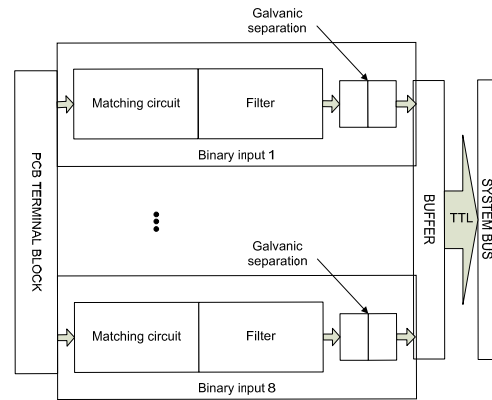
Schemat blokowy opracowanego sterownika BICONIC został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat blokowy urządzenia BICONIC.

Karta wejść dwustanowych została zaprojektowana w celu odbierania sygnałów dwustanowych, które są źródłem informacji o położeniu styków wyłączników, odłączników jak również informacji na temat zadziałania innych urządzeń zabezpieczających. Wszystkie sygnały cyfrowe podawane są na zaciski wejściowe złącza modułu. Podanie na dane wejście dwustanowe sygnału o wartości 220 V dc powoduje ustawienie wartości logicznej 1 na karcie, a następnie jej przesłanie do jednostki centralnej. W przypadku braku napięcia na zacisku wejścia dwustanowego, ustawiany jest stan logiczny 0. Karta została wyposażona w osiem wejść cyfrowych z separacją galwaniczną na poziomie 5 kV. Dodatkowo zostały zastosowane układy zabezpieczające przed podaniem impulsu przepięciowego, który spowodowałby uszkodzenie wejściowych układów elektronicznych urządzenia zabezpieczającego.

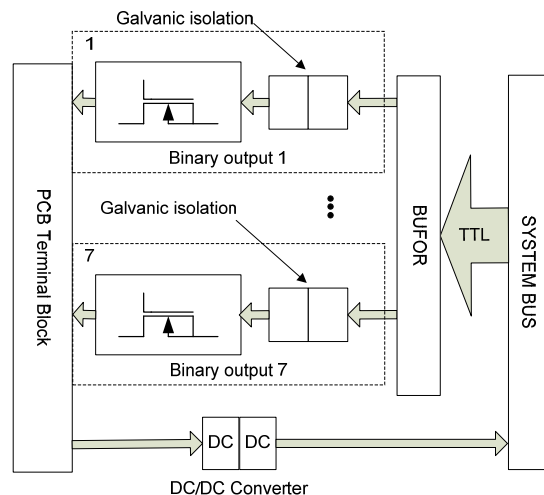
Na rysunku 2 został przedstawiony schemat blokowy modułu wejść dwustanowych.



Rys. 2. Schemat blokowy karty wejść dwustanowych urządzenia BICONIC.

Karta wyjść dwustanowych służy do podawania sygnału dwustanowego z urządzenia zabezpieczeniowego do sterowanego obiektu np. wyłącznika. Karta została wyposażona w siedem wyjść zbudowanych na przekaźnikach półprzewodnikowych – tranzystorach mocy typu MOSFET. Dzięki zastosowaniu przekaźników półprzewodnikowych, szybkość załączania wzrosła z 40 ms do około 1 ms. Przekazniki półprzewodnikowe są bardziej odporne na proces starzeniowy wywołany liczbą załączeń jak również mają możliwość komutowania większych wartości prądu. W przypadku klasycznych przekaźników, wyłączenie dużych wartości prądu przyczynia się do powstania łuku między stykami przekaźnika, co powoduje ich uszkodzenie. Wszystkie wejścia posiadają izolację galwaniczną, dzięki której urządzenie zabezpieczeniowe jest odporne na różnego rodzaju zakłócenia występujące w obrębie stacji elektroenergetycznej. Ze względu na kompaktową budowę urządzenia karta wejść dwustanowych posiada zintegrowaną przetwornicę DC/DC umożliwiającą bezpieczne zasilanie sterownika.

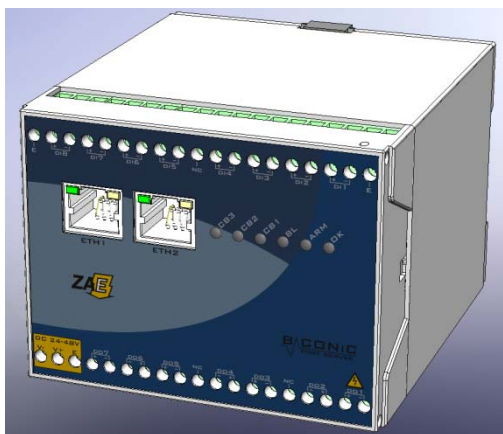
Na rysunku 3 przedstawiono schemat blokowy układu wyjść dwustanowych.



Rys. 3. Schemat blokowy karty wyjść dwustanowych w urządzeniu BICONIC.

Na obudowę urządzenia BICONIC została zaadaptowana obudowa (rysunek 4) przystosowana do konstrukcji modułowej urządzenia. Obudowa umożliwia zainstalowanie 3 modułów sterownika. Głównym modułem jest płyta bazowa z komputerem wbudowanym, umieszczona w środkowej

części obudowy. Pozostałe dwa sloty w obudowie zajmują karty dodatkowe np. wejść i wyjść dwustanowych, wejść analogowych.

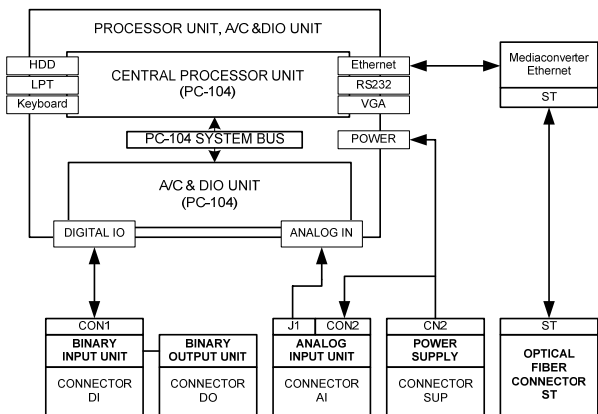


Rys. 4 Obudowa urządzenia BICONIC.

### 3. KONSTRUKCJA URZĄDZENIA BICON

W ramach realizowanych prac opracowano również bardziej rozbudowany sterownik o roboczej nazwie BICON. Charakteryzuje się on większą szybkością działania jednostki centralnej, zastosowaniem innego typu elementów izolacyjnych w wejściach napięciowych i prądowych oraz powiększoną obudową o większej wytrzymałości mechanicznej.

Na rysunku 5 pokazano schemat blokowy urządzenia.



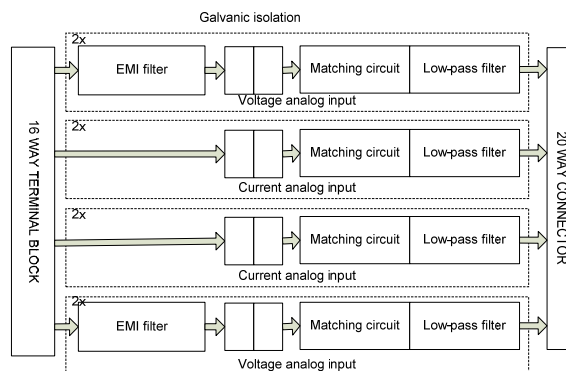
Rys. 5 Schemat blokowy urządzenia BICON.

Zastosowana jednostka centralna jest komputerem formatu PC/104 o wysokiej skali integracji. Został wyposażony w procesor typu ULV Intel® Celeron® 400 MHz. Dysponuje 1 GB pamięci Flash, w której zainstalowano system Windows XP Embeded. Pamięć RAM zainstalowana w module ma pojemność 512 MB. Moduł umożliwia podłączenie dodatkowych modułów PC-104.

W urządzeniu BICON moduł jednostki centralnej (procesora) współpracuje z modułem wejść i wyjść cyfrowych oraz analogowych za pośrednictwem magistrali PC-104. Układ ten został wyposażony w 32 kanały analogowe. Zastosowany w nim przetwornik ma rozdzielczość 16 bitów, oraz pozwala na pobieranie próbek z maksymalną szybkością 250 kHz. Dodatkowo układ wyposażono w 4 wyjścia analogowe pracujące z rozdzielczością 16 lub 12 bitów, licznik 32 bito-

wy, 31 wejść/wyjść dwustanowych oraz jeden 16 bitowy licznik ogólnego zastosowania. Sygnały analogowe wprowadzane są poprzez układ przełącznika na przetwornik A/D, który dokonuje przetwarzania. Dane w postaci cyfrowe przekazywane są do układu FPGA. Układ ten zarządza również pracą wejść/wyjść dwustanowych oraz układem przetwornika D/A. Pełni rolę pośrednika między sygnałami zewnętrznymi a magistralą PC/104 BUS.

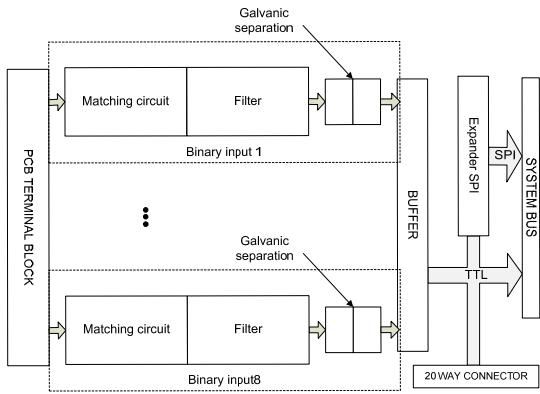
Urządzenie BICON zostało wyposażone w kartę wejść analogowych do pomiaru sygnałów prądów i napięć. Do modułu doprowadzane są sygnały pomiarowe z zacisków wtórnych przekładników prądowych i napięciowych. Karta została wyposażona w cztery wejścia napięciowe oraz prądowe, przystosowane do pomiaru sygnałów przemiennych o częstotliwości 50 Hz. Zadaniem karty jest separacja galwaniczna obwodów wtórnych przekładników od części elektronicznej układu pomiarowego przekładnika. Dodatkowo sygnał zostaje odstrojony od zakłóceń przez układ przeciwzakłóceniuowy oraz dostosowany do wspólnego poziomu, dogodnego do dalszej obróbki. Następnie jest odfiltrowany przez filtr dolnoprzepustowy w celu eliminacji składowych o częstotliwości większej od połowy częstotliwości próbkowania przetwornika A/C, które podczas dyskretyzacji sygnału mogłyby doprowadzić do nieusuwalnych później błędów. Sygnał analogowy zostaje następnie przekazany do jednostki centralnej, za pomocą 20-pinowego złącza, gdzie następuje proces próbkowania. Dodatkowo karta została wyposażona w czujnik do pomiaru temperatury, dzięki któremu można monitorować temperaturę panującą wewnątrz urządzenia zabezpieczeniowego. Schemat blokowy karty wejść analogowych został przedstawiony na rysunku 6.



Rys. 6. Schemat blokowy karty wejść analogowych.

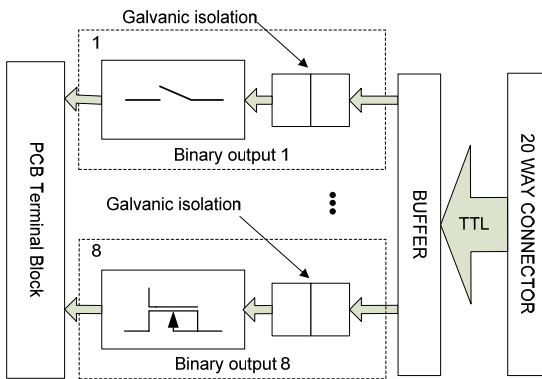
Drugim elementem umożliwiającym poprawną współpracę urządzenia BICON z innymi obiektami na stacji elektroenergetycznej jest moduł wejść i wyjść dwustanowych. Moduł ten składa się oddzielnie z karty wejść dwustanowych i karty wyjść dwustanowych współpracujących ze sobą za pośrednictwem wewnętrznej magistrali danych. Obie karty tworzą integralny moduł wejścia/wyjścia urządzenia zabezpieczeniowego, komunikujący się przez jedną szynę danych z jednostką centralną.

Karta wejść dwustanowych z punktu widzenia elektrycznego ma analogiczną budowę jak karta zastosowana w urządzeniu BICONIC. Na rysunku 7 został przedstawiony schemat blokowy modułu wejść dwustanowych.



Rys. 7. Schemat blokowy układu wejść dwustanowych urządzenia BICON.

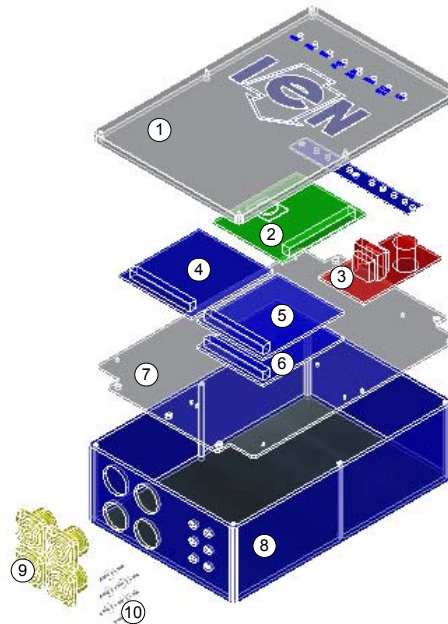
Karta wyjść dwustanowych ma budowę hybrydową, ponieważ została wyposażona w cztery wyjścia zaprojektowane na klasycznych przełącznikach elektromechanicznych oraz cztery szybkie wyjścia zbudowane na przełącznikach półprzewodnikowych – tranzystorach mocy typu MOSFET. Na rysunku 8 przedstawiono schemat blokowy wspomnianej karty.



Rys. 8. Schemat blokowy układu wyjść dwustanowych urządzenia BICON.

Na obudowę urządzenia BICON (rysunek 9) została zaadaptowana obudowa produkowana przez firmę ABTECH. Jest to obudowa aluminiowa charakteryzująca się wysokim stopniem ochrony przed promieniowaniem elektromagnetycznym oraz dużą odpornością na warunki atmosferyczne. Chociaż w porównaniu do obudów z tworzyw sztucznych są rozwiązaniem droższym, to jednak w większości przypad-

ków możliwa jest rezygnacja z dodatkowych, kosztownych działań mających na celu poprawę ekranowania.



Rys. 9. Rozmieszczenie modułów i złączy urządzenia BICON. [2]

#### 4. BIBLIOGRAFIA

1. Kowalik R.: Sieci komputerowe jako podstawa funkcjonowania następnej generacji urządzeń automatyki elektroenergetycznej Projekt KBN Nr 4T10B07122, Warszawa, 2005.
2. Kowalik R., Januszewski M.: Coordination of protections through the exchange of binary signals between power system substations in the IEC61850 protocol, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, angielski, 6, ISSN 0033-2097, pp. 195 – 201, 2009.
3. Kowalik R., Januszewski M. Gontarz K.: raport z wykonania projektu Nr 0492/R/T02/2007/03 pt. “Intranetowe urządzenie automatyki elektroenergetycznej nowej generacji”, Warszawa 2010.

## THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF SOME EXAMPLES OF MERGING UNIT LOGIC – CONFERENCE PAPER

**Key-words:** IED, IEC61850, protection automation devices

The paper describes schemes of modern digital protection automation devices using Ethernet technology as the main medium of exchange of information, which allows to build a communication architecture for power system, which uses all aspects of the IEC61850 standard.