



## PROFIBUS – Profile komunikacyjne Profibus PNO Polska

### Profile komunikacyjne w sieci PROFIBUS

#### Nowe rozwiązania. Profile komunikacyjne w sieci PROFIBUS.

Sieć PROFIBUS od momentu swojego powstania ciągle się rozwija i stwarza nowe możliwości funkcjonalne w systemach sieciowych. Do niedawna nie było jeszcze możliwe zaimplementowanie pewnych rozwiązań, m.in. systemów do zabezpieczeń, redundancji czy sterowania napędami i synchronizacji w sieci. Obecnie tego typu komunikacja jest już czymś powszechnym, ale może nie zawsze zdajemy sobie sprawę, jakie mechanizmy i protokoły – czy tzw. profile stosuje się w tego typu rozwiązaniach.

Architektura protokołu Profibus opiera się na modelu OSI (Open Systems Interconnection) wg normy ISO (International Standard Organisation).

Sieć Profibus wykorzystuje w modelu ISO/OSI tylko trzy warstwy. Są to odpowiednio warstwa fizyczna (warstwa 1), warstwa danych (warstwa 2) i warstwa aplikacji (warstwa 7). Warstwy od trzeciej do szóstej są nie wykorzystywane.

Warstwa fizyczna definiuje medium transmisji, kodowanie i prędkość.

Na przełomie lat w technologii transmisji nastąpił wyraźny postęp. I tak mamy do dyspozycji obok nadal najbardziej popularnej transmisji w technologii RS485, opartej na ekranowanym kablu dwużyłowym nową technologię RS485-IS. Jako medium przy transmisji RS485-IS wykorzystuje się czterożyłowy kabel, z dopuszczeniami do stref zagrożonych wybuchem Ex. Kolejny sposób transmisji to technologia MBP (Manchester Coded, Bus Powered).

Technologia ta najczęściej wykorzystywana jest w automatyce procesowej (chemia, petrochemia) i zasadniczo łączy w sobie dwie podstawowe cechy:

- kodowane typu Manchester oraz
- zasilanie sieciowe.

Prędkość transmisji w tej technologii wynosi 31,25 kBit/s.

Obok medium typowo elektrycznego (kable miedziane) stosuje się technologię światłowodową. Ten tryb transmisji stosowany jest w trudnych warunkach, silnych zakłóceniach elektromagnetycznych lub w przypadku, kiedy wymagana jest dość duża odległość transmisji pomiędzy stacjami. Wyróżnia się tutaj światłowody szklane i plastikowe.

	<b>MBP</b>	<b>RS485</b>	<b>RS485-IS</b>	<b>Światłowod</b>
<b>Transmisja danych</b>	Cyfrowa, bitowa, synchroniczna, kodowanie Manchester	Cyfrowa, sygnał różnicowy, NRZ*	Cyfrowa, sygnał różnicowy, NRZ *	Optyczna, cyfrowa, NRZ*
<b>Prędkość transmisji</b>	31,25 Kbit/s	9,6 Kbit/s do 12 Mbit/s	9,6 Kbit/s do 1,5 Mbit/s	9,6 Kbit/s do 12 Mbit/s
<b>Zabezpieczenie danych</b>	Nagłówek, znacznik początku/końca	HD*=4, bit parzystości znacznik początku/końca	HD*=4, bit parzystości znacznik początku/końca	HD*=4, bit parzystości znacznik początku/końca
<b>Przewód transmisyjny</b>	Ekranowany, kabel dwużyłowy, miedziany	Ekranowany, kabel dwużyłowy, miedziany	Ekranowany, kabel czterożyłowy, miedziany	Światłowod wielo- lub jednomodowy, szklany, PCF
<b>Topologia</b>	Linia lub drzewo; zakończenie terminatorem.	Linia; zakończenie terminatorem.	Linia; zakończenie terminatorem.	Gwiazda, linia lub pierścień
<b>Ilość stacji</b>	Do 32 w segmencie; łącznie w sieci do 126	Do 32 w segmencie bez repeatera; łącznie w sieci do 126 z repeaterem	Do 32 w segmencie; łącznie w sieci do 126 z repeaterem	Do 126 stacji w sieci
<b>Ilość wzmacniaczy linii – repeater'ów</b>	Maks. 4	Maks. 9	Maks. 9	Bez ograniczeń

\* NRZ (Non Return to Zero) – zmiana sygnału z „0” na „1” nie odbywa się w trakcie czasu transmisji danego bitu

\* HD (Hamming Distance) – dla HD=4 można rozpoznać do 3 jednocześnie przekłamanych bitów w telegramie.

Tabela1: Technologie transmisji – warstwa fizyczna w sieci Profibus.

Dalej wykorzystuje się w sieci Profibus warstwę drugą – warstwę danych – które opisuje protokół dostępu do sieci, czyli podaje w jaki sposób i kiedy dana stacja może nadawać oraz dodatkowo określa sposób zabezpieczenia transmitowanych danych. W sieci Profibus warstwa druga oznaczana jest jako FDL (Fieldbus Data Link) i zaliczana jest do tzw. połączeń deterministycznych (real time). Warstwa druga w sieci Profibus pracuje w mechanizmie master-slave (stacja nadrzędna generuje zapytanie, stacja podrzędna oczekuje i odpowiada). Dodatkowo pomiędzy stacjami typu master obowiązuje procedura dostępu (token passing), która koordynuje dostęp kilku stacji do sieci.

Ostatnia, siódma warstwa – warstwa aplikacji - stanowi interfejs z programem użytkownika. Tak, więc aby była możliwa komunikacja aplikacji użytkownika z urządzeniem pracującym w sieci wprowadzono w ramach danego protokołu (np. PROFIBUS DP) odpowiednie profile aplikacyjne, czyli sposoby kodowania danych w ramach danego typu protokołu. Profile używane pomiędzy stacjami w sieci PROFIBUS można podzielić generalnie na trzy typy ogólne, specyficzne oraz systemowe. W artykule bardziej szczegółowo opisano dwa pierwsze.

**Ogólne profile aplikacyjne** definiują funkcje i sposób działania różnych aplikacji i stacji w ramach danego protokołu. Mogą być one również używane wraz ze *specjalnymi profilami aplikacyjnymi*. Do ogólnych profili należą m.in. PROFIsafe, HART na sieci Profibus, Time Stamp, Redundancja stacji Slave.

Oznaczenie	Opis profilu
<b>PROFIdrive</b>	Profil określający obsługę i sposób dostępu do napędów elektrycznych po sieci PROFIBUS.
<b>PA devices</b>	Profil charakteryzujący komunikację urządzeń pracujących w automatyce procesowej po sieci PROFIBUS.
<b>Robots/NC</b>	Profil opisujący obsługę robotów sterowanych po sieci PROFIBUS.
<b>Panel devices</b>	Profil opisujący połączenie stacji operatorskich (HMI) z górnym poziomem automatyki.
<b>Encoders</b>	Profil opisujący połączenie enkoderów obrotowych, kątowych i liniowych, jedno lub wieloobrotowych
<b>Fluid power</b>	Profil opisujący sterowanie urządzeń hydraulicznych poprzez sieć PROFIBUS. W porozumieniu z VDMA.
<b>SEMI</b>	Profil opisujący zachowanie się urządzeń dla wytwórców półprzewodników po sieci PROFIBUS (SEMI standard).
<b>Low-voltage switchgear</b>	Profil definiujący wymianę danych dla urządzeń niskonapięciowych (wyłączniki, zabezpieczenie silników, itp.) po sieci PROFIBUS DP.
<b>Dosing/weighing</b>	Profil opisujący zastosowanie systemów wagowych i dozujących w sieci PROFIBUS DP.
<b>Ident systems</b>	Profil opisujący komunikację pomiędzy urządzeniami do identyfikacji (kody paskowe, transponder).
<b>Liquid pumps</b>	Profil definiujący zastosowanie pomp w sieci PROFIBUS DP. We współpracy z VDMA.
<b>Remote I/O for PA devices</b>	Z powodu swojej specyfiki, różne typy modeli urządzeń i danych są wykorzystywane do komunikacji z oddalonymi stacjami I/O wraz ze stacjami PROFIBUS PA.

Tabela : Profile komunikacyjne w sieci PROFIBUS

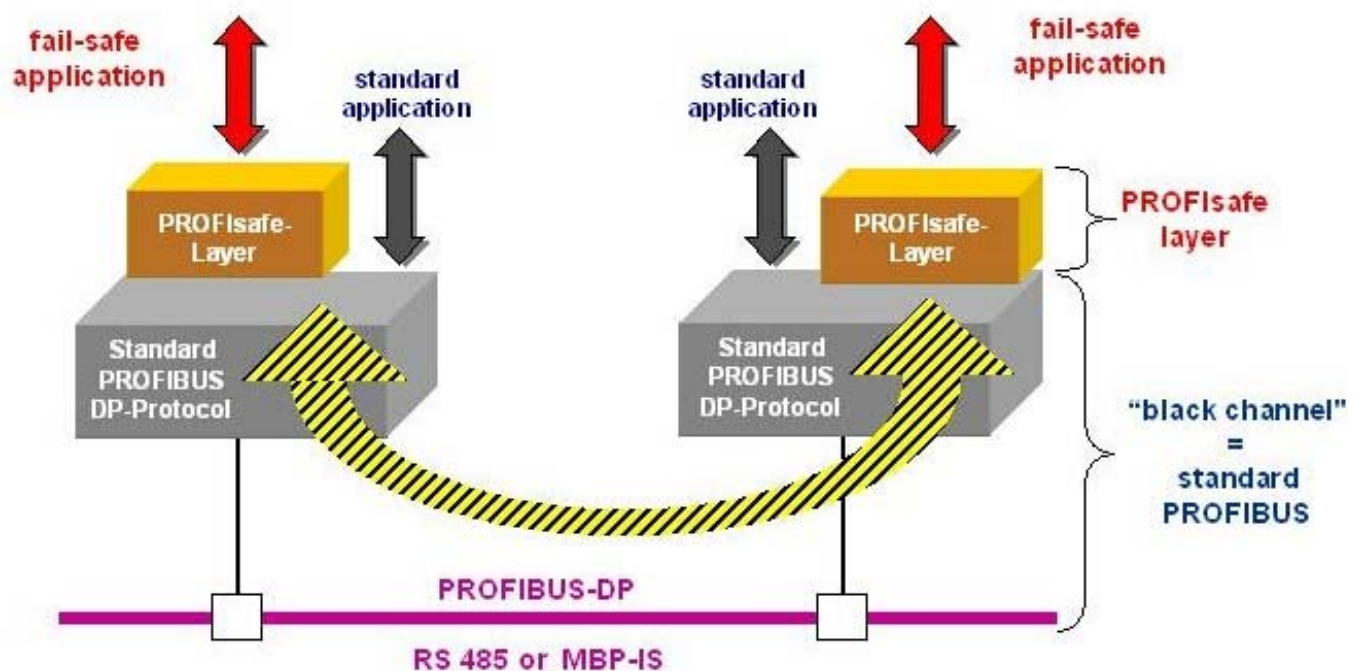
## PROFIsafe

Do niedawna obiektowe sieci przemysłowe nie pozwalały na obsługę bezpośrednią procesów związanych z bezpieczeństwem. Zabezpieczenia realizowano w "tradycyjny" sposób lub wykorzystywano bardzo specyficzne sieci. Zastosowanie standardu PROFIsafe, umożliwia wykorzystanie otwartej sieci PROFIBUS dodatkowo do aplikacji związanych z bezpieczeństwem i zabezpieczeniami.

PROFIsafe definiuje, w jaki sposób urządzenia obwodów zabezpieczeń - failsafe (np. wyłączniki bezpieczeństwa, kurtyny świetlne, lasery,...) komunikują się poprzez sieć PROFIBUS ze stacjami nadrzędnymi. Rozwiązanie to można stosować do KAT4 wg. EN954, AK6 lub **SIL3 (Safety Integrity Level)**. Tak, więc PROFIsafe realizuje komunikację do zabezpieczeń – wykorzystując specjalny format danych użytkowych i protokołów.

Zazwyczaj w procesie tworzenia specyfikacji w systemów zabezpieczeń uczestniczą wykonawca, użytkownik, dostawca i służby dopuszczające (TÜV, UDT). Bazę wyjściową stanowią przyjęte standardy, w szczególności norma IEC 61508.

PROFIsafe pozwala na wykrywanie błędów, które mogą wystąpić przy szeregowych transmisjach danych, takich jak opóźnienia, utrata lub powtórzenie danych, zamiana poszczególnych bajtów w sekwencji, błędna adresacja i przekłamanie danych.



Rys. 1 : Tryb pracy Fail-safe z profilem PROFIsafe

Istnieje kilka sposobów, aby tego typu problemy wyeliminować. W PROFIsafe wykorzystano w tym celu:

- Sukcesywną numerację telegramów bezpieczeństwa.
- Timeout dla przychodzących ramek wiadomości i jej potwierdzenia.
- Identyfikator pomiędzy nadajnikiem, a odbiornikiem ("hasło").
- Dodatkowe zabezpieczenie danych poprzez sumę kontrolną (**Cyclic Redundancy Check, CRC**).

Wykorzystanie tego rodzaju mechanizmów pozwoliło, w połączeniu z opatentowanym monitoringiem częstotliwości błędnych wiadomości „SIL monitor”, na osiągnięcie przez PROFIsafe klasy bezpieczeństwa do SIL 3.

PROFIsafe jest rozwiązaniem *programowym*, które zaimplementowane jest w urządzeniach jako dodatkowa warstwa („powyżej” warstwy 7 - patrz rys.1); sama sieć PROFIBUS i jej komponenty sieciowe, topologia, układy ASIC, czy protokół pozostają niezmienione.

Tak, więc urządzenia pracujące w profilu PROFIsafe można stosować wraz ze standardowymi stacjami bez żadnych ograniczeń, na tym samym kablu.

PROFIsafe wykorzystuje komunikację acykliczną i może być używany w technologii RS485, światłowodowej oraz MBP (Manchester Coded, Bus Powered).

W procesie technologicznym, wymagany jest tylko jeden typ urządzeń dla sterowania standardowego i do zabezpieczeń. Funkcje do zabezpieczeń można konfigurować w trakcie tworzenia samej aplikacji.

PROFIsafe jest otwartym profilem, coraz częściej stosowanym w różnych środowiskach. Szczegóły można znaleźć w opisie technicznym „PROFIsafe, Profile dla Technologii do zabezpieczeń” (PROFIsafe, Profile for Safety Technology”, PNO nr zam. 3.092).

## **HART w sieci PROFIBUS DP**

Ze względu na bardzo dużą liczbę zainstalowanych urządzeń pracujących w protokole HART, kluczowym problemem stała się możliwość integracji ich do istniejącego lub nowego systemu PROFIBUS.

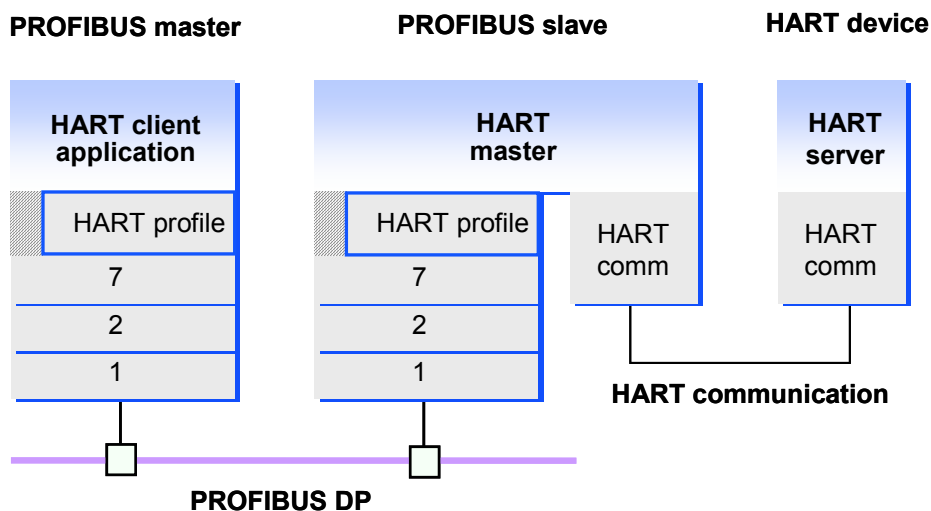
Specyfikacja PROFIBUS "HART" daje rozwiązanie dla tego problemu. Zawiera w sobie zalety komunikacji w sieci PROFIBUS bez żadnych zmian w protokole i jego usługach serwisowych oraz w transmisji danych PROFIBUS **PDUs** (**P**rotocol **D**ata **U**nits), jak i statusie urządzenia i charakterystyce funkcjonalnej.

PROFIBUS "HART" definiuje profil w sieci PROFIBUS, który jest zaimplementowany w stacji master oraz slave powyżej warstwy 7. Pozwala ona na mapowanie modelu client-master-server HART w sieci PROFIBUS. Współpraca z organizacją HART zapewniła całkowitą zgodność z protokołem HART.

Aplikacja HART-client zintegrowana jest w stacji PROFIBUS master oraz HART master w stacji PROFIBUS slave (patrz [rys.2](#)), przy czym ten ostatni pracuje jako multiplekser i obsługuje komunikację z urządzeniem typu HART.

Dla transmisji komunikatów HART, zdefiniowano kanał komunikacyjny, który pracuje niezależnie od połączeń MS1 oraz MS2. Stacja Master **HMD** (**H**ART **M**aster **D**evice) może obsługiwać kilka stacji client.

Urządzenia HART można podłączyć ze stacją Master HMD do sieci PROFIBUS poprzez różne komponenty sieciowe (patrz opis techniczny PROFIBUS PNO „Profil PROFIBUS dla HART” - "PROFIBUS Profile for HART“ nr zam. 3.102).

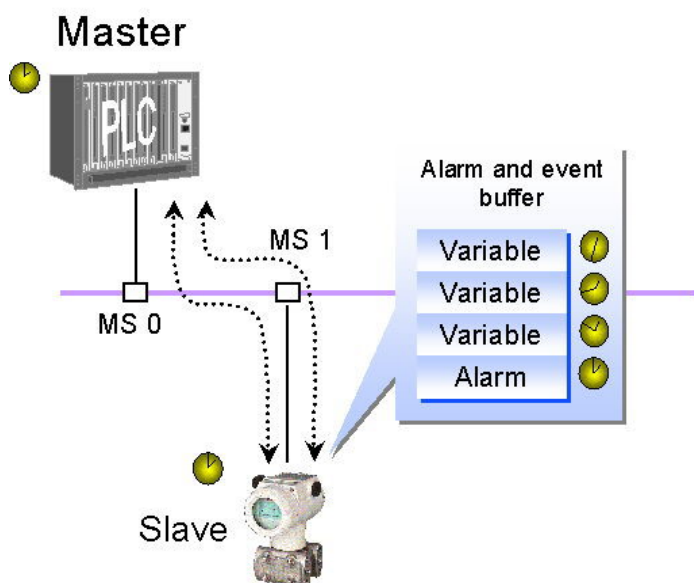


Rys.2: Integracja urządzeń HART w sieci PROFIBUS DP

### Znacznik czasowy - Time Stamp

W procesie zbierania i archiwizacji danych, często wymagana jest funkcja znacznika czasowego w sieci, szczególnie dla diagnostyki lub określenia awarii, który pozwoli na zapis zdarzenia, czy danej akcji ze stemplem czasowym.

W tym celu w sieci PROFIBUS zaimplementowano profil *stempla czasowego - time stamp*. Warunkiem jest ustawianie zegara w stacji slave przez zegar ze stacji master poprzez usługę MS3. W ten sposób dla danego zdarzenia można precyzyjnie określić czas, a następnie sczytać dane. Założono mechanizm gradacji komunikatów. Komunikaty określono jako "Alerts" i podzielono na "alarms" o wysokim priorytecie (transmisja komunikatów diagnostycznych) oraz zdarzenia (event) o niskim priorytecie. W obu przypadkach stacja master odczytuje acyklicznie (używając usługę MS1) wartość procesową ze znacznikiem czasowym oraz komunikaty alarmów i bufor zdarzeń stacji polowych (patrz [rys.3](#)). Więcej informacji nt. można znaleźć w dokumentacji, PROFIBUS PNO "Time Stamp", nr zam. 2.192.



Rys.3: Stempel czasowy i komunikat alarmu

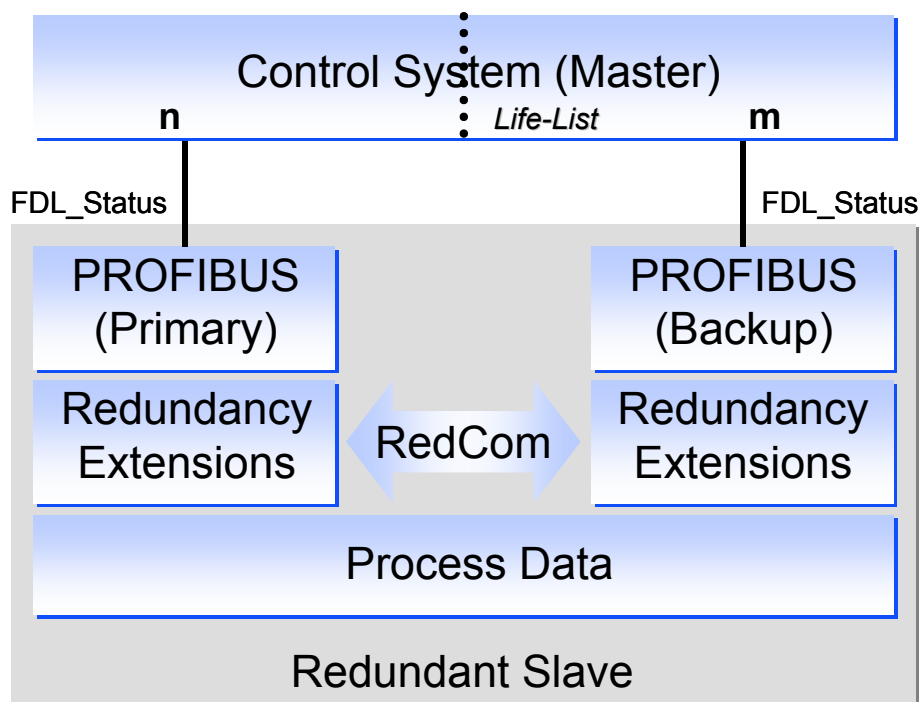
## Redundancja stacji Slave - Slave Redundancy

Mechanizm *slave-redundancy* charakteryzuje się następującymi cechami (patrz rys.4):

- Stacja slave posiada dwa różne interfejsy PROFIBUS, które nazywane są *primary* (podstawowy) oraz *backup* (rezerwowy). Może to być zarówno w pojedynczej stacji, jak i w dwóch odrębnych urządzeniach..
- Urządzenie wyposażone jest w dwa niezależne stosy komunikacyjne ze specjalnym rozszerzeniem *redundantnym - redundancy expansion*.
- **Komunikacja redundantna (RedCom)** uruchamiana jest pomiędzy stosami komunikacyjnymi wewnątrz danej stacji lub pomiędzy urządzeniami i jest ona niezależna od sieci PROFIBUS, a jej szybkość określona jest przez parametr czas przełączenia (*redundancy reversing times*).

W trybie normalnej pracy komunikacja następuje przez łącze podstawowe - *primary slave*; tylko ta stacja jest skonfigurowana, ona również wysyła dane diagnostyczne ze stacji zapasowej - *backup slave*. W przypadku, gdy stacja podstawowa ulegnie awarii wtedy stacja *backup slave* przejmuje jej działanie i to zarówno w przypadku, gdy wykryje ona sama awarię stacji podstawowej lub dostanie takie zgłoszenie od stacji master. Dodatkowo stacja master monitoruje wszystkie stacje slaves i wysyła ramkę diagnostyczną w momencie, gdy stacja ulegnie awarii.

Redundancja stacji PROFIBUS slave pozwala osiągnąć dużą niezawodność, krótki czas przełączenia, ciągłość danych. Szczegóły tego profilu można znaleźć w opisie technicznym PROFIBUS "Specification Slave Redundancy", nr zam. PNO 2.212.



Rys.4: Redundancja stacji Slave w sieci PROFIBUS

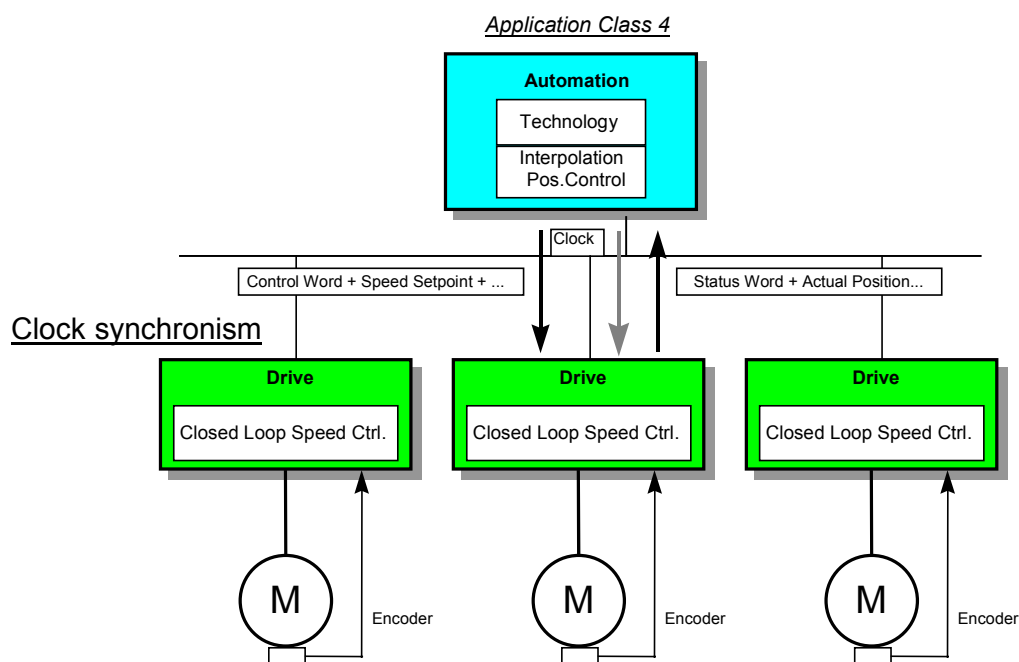
## Specyficzne Profile aplikacyjne

PROFIBUS różni się od innych systemów sieciowych m.in. dużą ilością opcji aplikacyjnych. Idea PROFIBUS stworzyła nowy standard. Nie tylko rozwija specyficzne profile, które wykorzystywane są w określonych, specyficznych aplikacjach użytkowników – ale również skutecznie łączy wszystkie aspekty związane z różnymi aplikacjami poprzez standardowy, polowy system sieciowy, z jednoczesnym pełnym zachowaniem istniejących rozwiązań.

## PROFIdrive

Profil PROFIdrive definiuje obsługę urządzeń i procedury dostępu do danych napędów elektrycznych po sieci PROFIBUS, począwszy od prostych przemienników częstotliwości, a skończywszy na dynamicznych serwonapędach.

Integracja napędów w automatyce zależy oczywiście ściśle od stawianych im zadań. Z tego powodu PROFIdrive definiuje sześć klas aplikacji, które spełniają większość stawianych oczekiwań.



Rys.5: PROFIdrive, pozycjonowanie z centralną interpolacją i pozycjonowaniem

**Standard drives (class 1) – napędy standardowe**, sterowanie napędów następuje przez zmianę wartości zadanej (np. prędkości), która przekazywana jest przez moduł sieciowy do napędu.

W przypadku napędów standardowych z funkcjami technologicznymi - **standard drives with technological function (class 2)**, proces automatyki podzielony jest na kilka podprocesów i niektóre funkcje wykonywane są nie w jednostce centralnej sterownika, a w samym napędzie. PROFIBUS służy w takim wypadku jako technologiczny interfejs pomiędzy obiema stacjami oraz wymagana jest komunikacja Slave-to-slave pomiędzy poszczególnymi napędami.

**Napędy do pozycjonowania - positioning drive (class 3)** zawierają dodatkowo funkcje sterujące, który wykorzystywane są w aplikacjach, gdzie wymagana jest duża dokładność i precyzja. Start i parametry procesu pozycjonowania zadawane są do napędu poprzez sieć PROFIBUS.

**Napędy do zastosowań numerycznych - Central motion control (classes 4 and 5)** pozwalają na sterowanie szeregiem napędów, które zazwyczaj są sterowane z jednostki numerycznej (CNC). PROFIBUS służy w takim wypadku do zamknięcia pętli sterowania, jak również do synchronizacji zegara (patrz rys.5). Tego typu idea pozycjonowania (Dynamic Servo Control) obsługuje również aplikacje dla silników liniowych.

**Inteligentna automatyka rozproszona - Distributed automation** w układach sterowanych synchronicznie zegarem (**class 6**) może być stosowana do komunikacji slave-to-slave i w trybie izochronicznym. Przykładem aplikacji mogą być "sprzęgła elektryczne", "krzywki" oraz "procesy synchroniczne".

PROFIdrive definiuje model funkcjonalny urządzenia komunikacyjnego, który współpracuje wewnętrznie razem z systemem napędu. Modułom tym przypisano obiekty, które opisano w profilu i które zdefiniowano pod kątem ich funkcjonalności. Cała funkcjonalność napędu opisana jest poprzez jego parametry funkcjonalne.

W przeciwieństwie do innych profili, PROFIdrive definiuje tylko mechanizm dostępu do parametrów i predefiniuje około 30 *parametrów profilu*, które zawierają m.in. bufor błędów, ID napędu, itp.

Wszystkie inne parametry (których liczba może być większa niż 1,000 w napędzie) są określane przez producenta, dając użytkownikowi ogromne możliwości funkcjonalne. Dostęp do poszczególnych elementów parametrów jest acykliczny poprzez kanał parametryzacyjny DP-V1.

PROFIdrive V3 używa wersji DP-V2 jako swojego protokołu komunikacyjnego wraz z komunikacją slave-to-slave oraz trybem izochronicznym.

Profile te opisano w dokumentacji : "Profile dla napędów" - "Profiles for variable speed drives", V2, PNO nr zam.: 3.072; "PROFIdrive Profile Drive Technology", V3, PNO nr zam.: 3.17

Nad rozwojem sieci PROFIBUS czuwa światowa Organizacja Użytkowników Sieci Profibus PNO International. Również w Polsce powstał oddział tej organizacji **PROFIBUS PNO Polska**, który zajmuje się rozwojem i promowaniem standardu PROFIBUS. Będąc członkiem Organizacji PNO Polska mamy dostęp do wszystkich najważniejszych dokumentacji i pomocy technicznej z zakresu sieci PROFIBUS.

Więcej informacji nt. można znaleźć również na stronach internetowych organizacji PNO International: [www.profibus.org.com](http://www.profibus.org.com).

Organizacja Profibus PNO Polska  
Dariusz Germanek  
[www.profibus.org.pl](http://www.profibus.org.pl)  
[poland@profibus.com](mailto:poland@profibus.com)



W artykule wykorzystano następującą literaturę:  
„Profibus Technology and Application” – PNO International 2002  
„The New Rapie Way to Profibus DP” Manfred Popp  
“Dezentralisieren mit Profibus – DP/DPV1” – J. Weigmann, G. Kilian