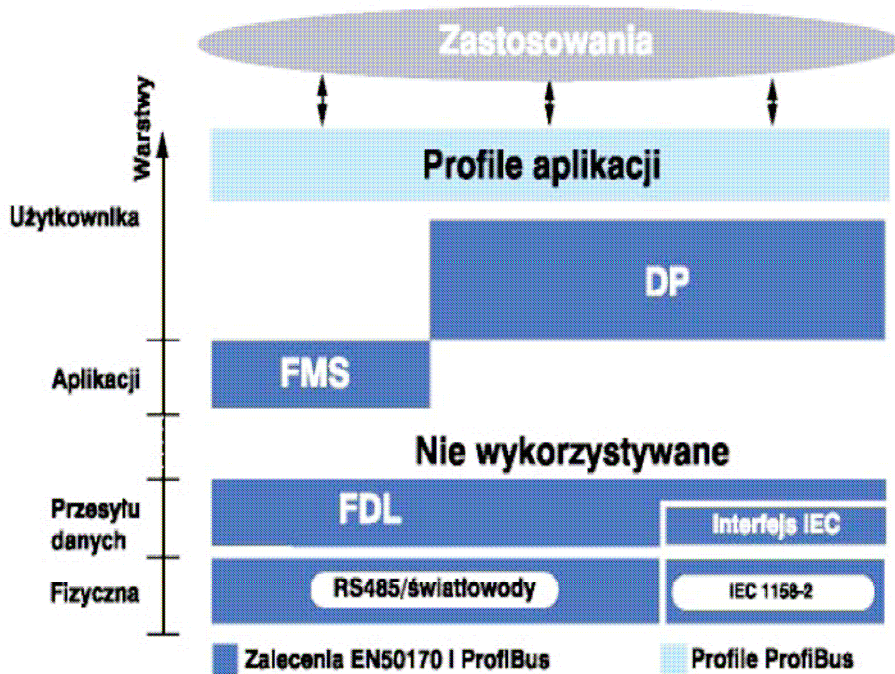


I. Sieć Profibus

Profibus jest siecią opracowaną przez firmę SIEMENS i przeznaczoną do wykorzystania w rozproszonych systemach sterowania oraz nadzoru. Jej elastyczność pozwala połączyć odmienne pod względem funkcjonalności i architektury urządzenia różnych producentów. Węzłami sieci mogą być zarówno proste urządzenia wejścia/wyjścia analogowe i cyfrowe, czujniki lub elementy wykonawcze, jak i komputery, sterowniki swobodnie programowalne, falowniki, czy też terminale operatorskie.

Zadaniem sieci jest efektywne przekazywanie dużej ilości krótkich informacji, przy zachowaniu deterministycznego czasu przesyłania danych. Protokół komunikacyjny sieci Profibus definiuje norma DIN 19 245, która opisuje warstwę fizyczną, liniową i aplikacyjną siedmiowarstwowego modelu ISO/OSI. Przy czym warstwa aplikacyjna jest opcjonalna. Użytkownicy (wykonywane programy) korzystają z sieci wywołując usługi warstwy aplikacyjnej lub liniowej. Warstwa liniowa odpowiada za niezawodne przekazywanie komunikatu z odpowiedzią lub potwierdzeniem odbioru oraz przekazywanie komunikatu bez potwierdzenia, w tym rozgłaszanie (*ang. broadcast*). Usługi warstwy aplikacyjnej udostępniają obiekty programowe zdefiniowane w innych węzłach sieci (zmienne, zdarzenia, programy) oraz umożliwiają bezpołączeniowe przekazywanie wartości zmiennych i zdarzeń do odbiorców wykonywanych w wielu węzłach



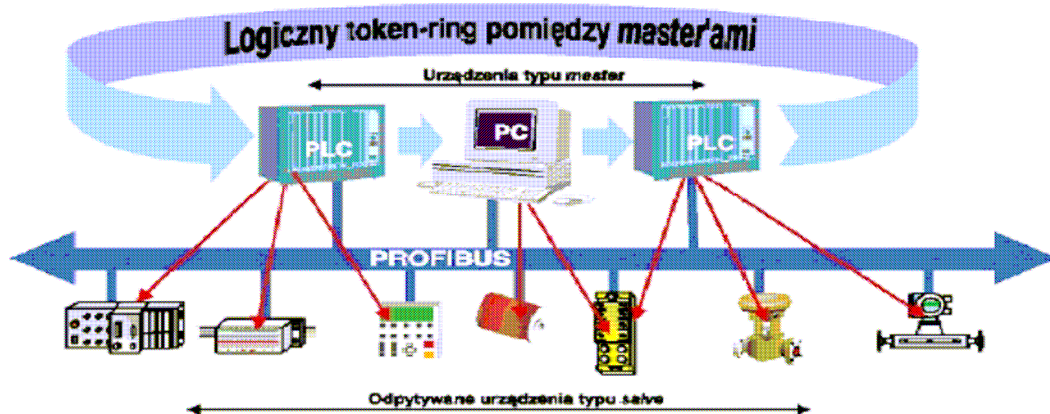
Rys. 1. Warstwowy model sieci Profibus DP i FMS według standardu ISO/OSI.

W standardzie Profibus zdefiniowano trzy profile komunikacyjne – FMS, DP i PA. Określają one mechanizmy współpracy protokołu komunikacyjnego z medium transmisyjnym, co zapewnia niezależność pracy aplikacji od zastosowanych w systemie urządzeń. Pełna kompatybilność urządzeń pochodzących od różnych producentów wymaga określenia ich struktury w każdym profilu aplikacyjnym. Twórcy standardu opracowali uniwersalny opis urządzeń, wykorzystywanych w zarządzanym poprzez Profibus systemie sterowania, oparty na elektronicznych notach katalogowych. Wszystkie informacje na temat wbudowanego interfejsu Profibus, adresy wewnętrznych portów dostępnych poprzez Profibus, relacje pomiędzy urządzeniami, a także numer identyfikacyjny zapisane są w pliku z rozszerzeniem GSD, opisującym dane urządzenie.

1. Profibus DP

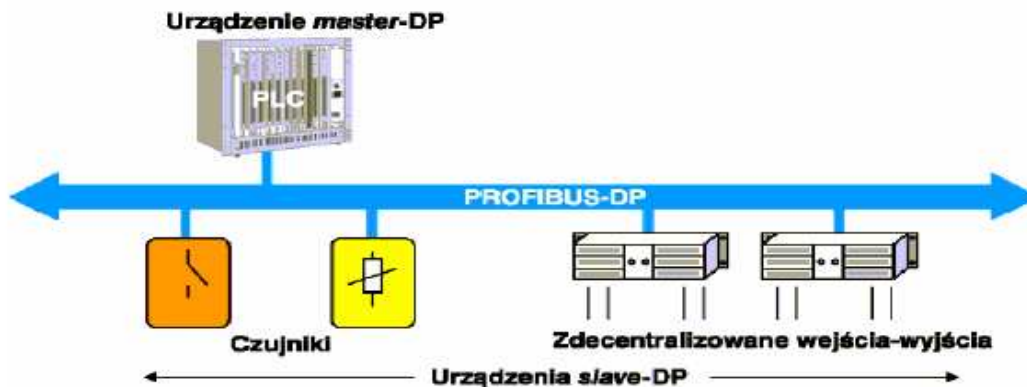
1.1. Struktura sieci

Złożona struktura sieci Profibus DP może zawierać wiele węzłów nadrzędnych pierwszego rodzaju (*ang. DP-Master Class 1*) oraz opcjonalnie węzeł nadrzędny drugiego rodzaju (*ang. DP-Master Class 2*), pracujący jako programator sieci lub stacja konfiguracyjno-diagnostyczna. Prawo nadawania i odbierania komunikatów przez określony czas posiada węzeł nadrzędny, który w danej chwili przejął umowny znacznik (*ang. token*). Wymagania odnośnie szybkości transmisji ograniczają do trzech liczbę węzłów nadrzędnych DP (podsieci DP), pracujących na wspólnym kablu.



Rys. 2. Sieć Profibus DP typu multimaster.

Każdy węzeł podrzędny może być jednak odpytywany tylko przez jeden węzeł nadrzędny DP. Fizyczna konfiguracja sieci obok węzłów nadrzędnych Profibus DP może zawierać również węzły Profibus FMS, wykorzystujące ten sam kabel zgodnie ze znacznikowym protokołem dostępu. Podsieci DP podporządkowane różnym węzłom nadrzędnym muszą być logicznie rozłączne wzajemnie oraz względem podsieci FMS. Jedynie węzeł nadrzędny DP drugiego rodzaju może być użyty do konfigurowania wszystkich węzłów DP w sieci. Węzły sieci Profibus dzielące ten sam kabel objęte są spójnym systemem adresowania. Łączna liczba węzłów dołączonych do wspólnego kabla nie może przekraczać 126.



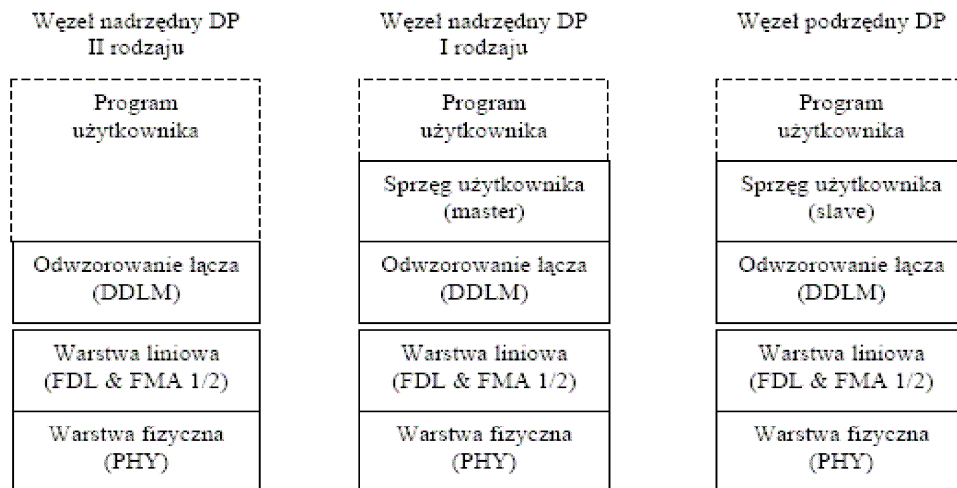
Rys. 3. Sieć Profibus DP typu monomaster.

W Standardzie Profibus DP (*ang. Decentralized Peripherals*) najczęściej występuje jeden węzeł nadrzędny (*ang. master*), odpytujący podporządkowane mu węzły podrzędne (*ang. slave*). Podstawowym trybem pracy sieci jest bardzo szybka, cykliczna wymiana danych między węzłem nadrzędnym i węzłami podrzędnymi.

1.2. Model komunikacji

W każdym z ogólnych modeli architektury węzłów sieci Profibus DP występuje warstwa fizyczna i liniowa. Dostęp do usług warstwy liniowej uzyskuje się poprzez dodatkowy sprzęg odwzorowania łącza (*DDL*M – *ang. direct data link mapper*). Usługa SRD (*ang. send and request data with reply*) warstwy liniowej pozwala na wykonanie większości funkcji podczas pojedynczej transakcji odpytania. Wyjątkiem są funkcje rozgłaszające obsługiwane przez usługę SDN.

Model OSI/ISO sieci Profibus DP definiuje tylko sprzęg programu z usługami warstwy liniowej. Nie wprowadza natomiast dodatkowej warstwy funkcjonalnej, ani jej protokołu.



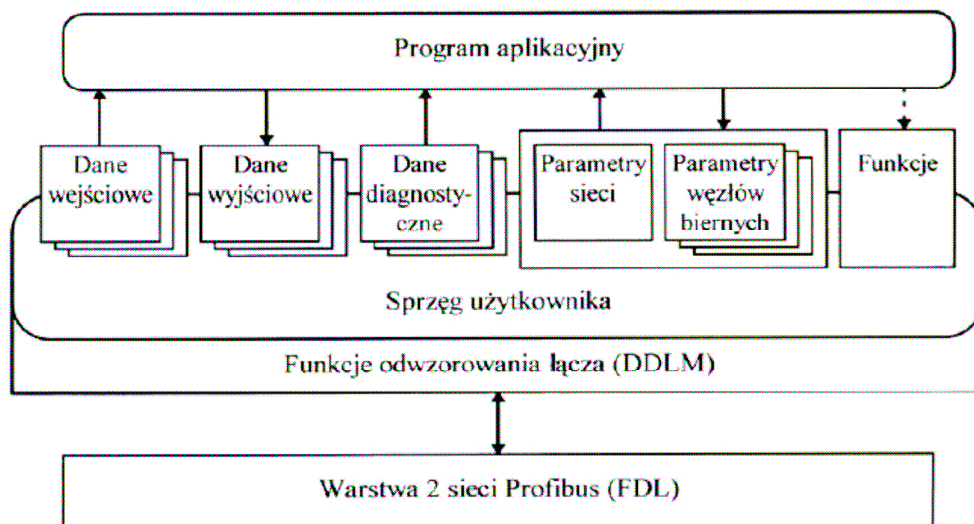
Rys. 4. Warstwowa struktura węzłów w sieci Profibus DP.

Wywołując bezpośrednio funkcje odwzorowania łącza, program użytkownika wykonywany w węźle nadrzędnym DP II rodzaju może komunikować się z węzłami nadrzędnymi I rodzaju oraz z węzłami podrzędnymi. Programy wykonywane w węzłach innego rodzaju nie mają bezpośredniego dostępu do funkcji odwzorowania łącza i mogą uczestniczyć w komunikacji tylko za pośrednictwem sprzęgu użytkownika. Do funkcji odwzorowania łącza użytkownik ma dostęp tylko w przypadku programowania węzła II rodzaju. Wszystkie funkcje służące do komunikacji węzłów nadrzędnych mogą być wywoływane tylko przez węzeł nadrzędny II rodzaju, któremu węzeł nadrzędny I rodzaju może wyłącznie odpowiadać. Niemożliwa jest natomiast komunikacja między węzłami nadrzędnymi tego samego typu. Podczas komunikacji węzła nadrzędnego z węzłami podrzędnymi wykorzystywane są następujące funkcje:

- **Data Exchange** – bezpośrednia lub buforowana wymiana danych z zaadresowanym węzłem podrzędnym
- **RD_Inp** – bezpośredni odczyt stanu wejść urządzeń zewnętrznych zaadresowanego węzła podrzędnego
- **RD_Outp** – bezpośredni odczyt stanu wyjść urządzeń zewnętrznych zaadresowanego węzła podrzędnego

- **Slave_Diag** – odczyt danych diagnostycznych z zaadresowanego węzła podrzędnego
- **Set_Prm** – przekazanie do węzła podrzędnego parametrów konfiguracyjnych
- **Chk_Cfg** – sprawdzenie poprawności przesłanych danych konfiguracyjnych węzła
- **Get_Cfg** – odczytanie przez węzeł nadrzędny bieżących danych konfiguracyjnych węzła podrzędnego
- **Global_Control** – przesłanie komendy synchronizacyjnej do wybranego węzła podrzędnego lub do grupy węzłów (np. jednoczesny odczyt wejść przez wybrane węzły, zsynchronizowanie chwili zmiany stanu wyjść itp.)
- **Set_Slave_Add** – przypisanie węzłowi adresu sieciowego z zakresu 0...125

Sprzęg użytkownika w węźle nadrzędnym DP I rodzaju oraz w węzłach podrzędnych obejmuje stały zbiór aplikacji realizujących wymianę danych, odczyt informacji diagnostycznych i konfiguracyjnych z węzłów podrzędnych oraz sterowanie pracą tych węzłów. Podstawowym trybem pracy jest cykliczne odpytywanie wszystkich węzłów podrzędnych. Program użytkownika wykonywany w węźle nadrzędnym I rodzaju, mając pełny dostęp do wszystkich cyklicznie przekazywanych danych, może komunikować się z węzłami podrzędnymi wywołując usługi udostępniane przez sprzęg użytkownika. Programy wykonywane w węzłach podrzędnych nie mogą inicjować komunikacji.

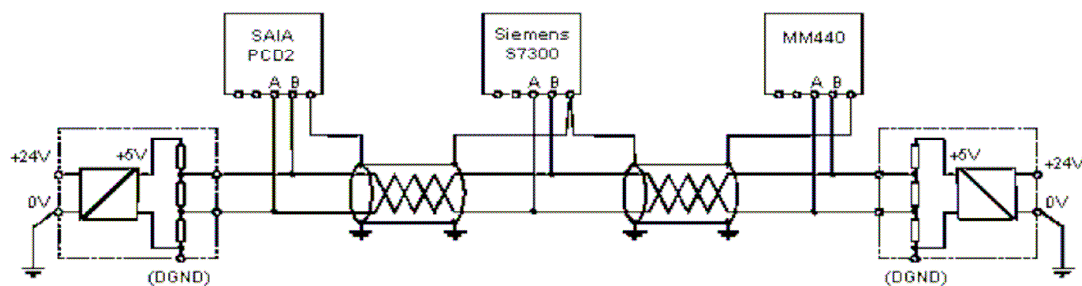


Rys.5. Struktura oprogramowania węzła nadrzędnego DP I rodzaju.

1.3. Warstwa fizyczna: interfejs RS-485

Warstwa fizyczna sieci Profibus DP oparta została o interfejs szeregowy RS-485. Jest on rozwinięciem standardu RS-422A, umożliwiającym dołączenie do jednej linii transmisyjnej wielu nadajników oraz zwiększenie liczby odbiorników. Podstawową strukturę magistrali tworzy liniowy segment kabla w postaci skrętki, która może być dodatkowo ekranowana dla zwiększenia odporności na zakłócenia elektromagnetyczne. Dopasowanie impedancyjne toru transmisyjnego zapewniają rezystory dopasowujące linii (*ang. terminator*).

W danym przedziale czasu prawo nadawania posiada tylko jeden węzeł nadrzędny, zaś pozostałe znajdują się w stanie wysokiej impedancji. Układy nadajników powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniem w przypadku kolizji (jednoczesne nadawanie przez wiele węzłów). Dodatkowe, opcjonalne zabezpieczenie nadajników i odbiorników zapewnia izolacja galwaniczna węzłów i kabla.



Rys. 6. Interfejs szeregowy zgodny ze standardem RS-485.

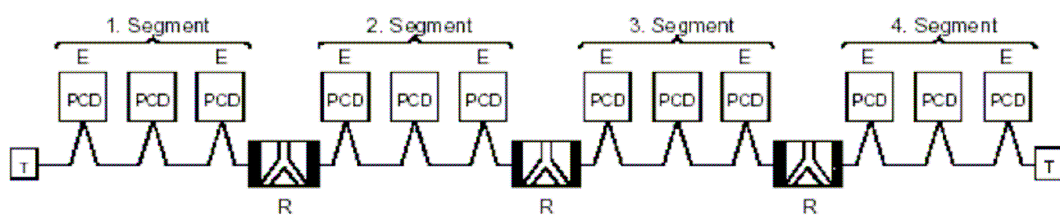
Parametr	Wartość
Rodzaj transmisji	Różnicowa
Wyjście nadajnika	$\geq 1,5 \text{ V}$
Czułość odbiornika	$\pm 200 \text{ mV}$
Napięcie wspólne	$-7 \text{ V} \dots +12 \text{ V}$
Prąd zwarcia	$\leq 150 \text{ mA}$ (do masy) $\leq 250 \text{ mA}$ (do -8 V , $+12 \text{ V}$)
Rezystancja wyjściowa nadajnika	$\geq 120 \text{ k}\Omega$
Rezystancja wejściowa odbiornika	$\geq 12 \text{ k}\Omega$

Tabela 1.1. Parametry elektryczne interfejsu RS-485.

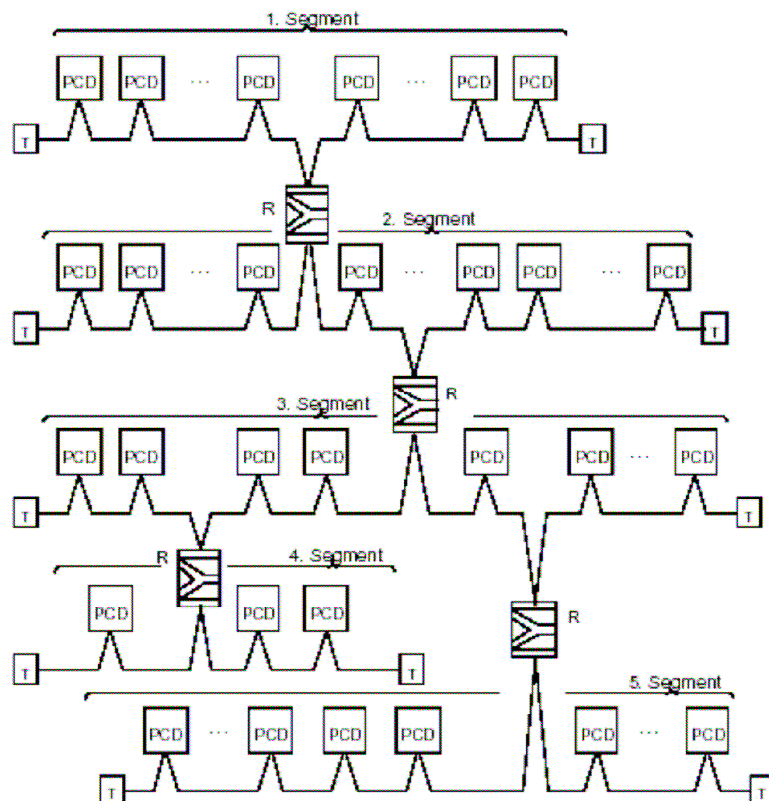
Specyfikacja sprzęgu RS-485 pozwala zastosować w pojedynczym segmencie sieci do 32 standardowych węzłów, wnoszących maksymalne obciążenie określone przez dopuszczalne

wartości rezystancji nadajnika i odbiornika. Przy napięciu 12 V obciążenie linii wnoszone przez pojedynczy nadajnik wynosi co najwyżej 0,1 mA, natomiast dla odbiornika wartość ta nie może przekroczyć 1 mA. Zastosowanie układów wnoszących mniejsze obciążenie, pozwala na zwiększenie do 128 liczby węzłów w pojedynczym segmencie sieci. Sieć może być zbudowana z wielu segmentów, połączonych ze sobą wzmacniaczami linii (*ang. repeater*). Pomiędzy dwoma dowolnymi węzłami nie może znajdować się jednak więcej niż trzy standardowe wzmacniacze linii. Stąd maksymalny rozmiar sieci o topologii magistralowej zgodnej z RS-485 nie przekracza czterech segmentów. Wyróżnić można trzy główne struktury sieci:

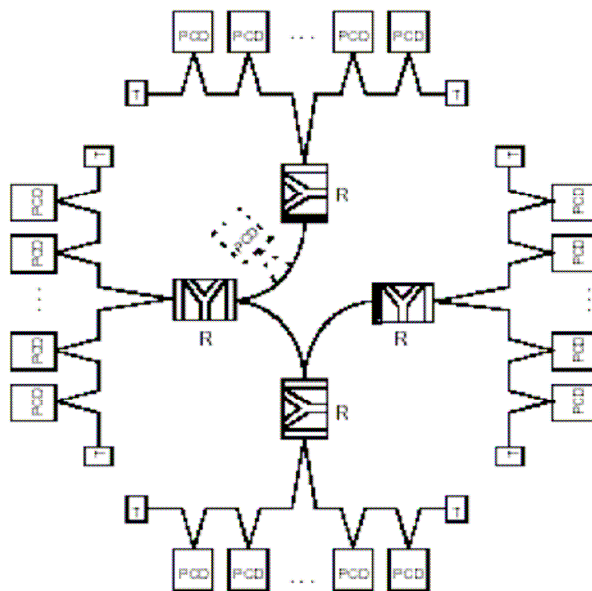
a) magistralowa



b) drzewiasta



c) gwiazdowa



Niezależnie od liczby segmentów sieć może zawierać maksymalnie 127 węzłów, co wynika z rozmiaru pola adresowego w komunikacji. W przypadku gdy wymagana jest większa liczba węzłów, norma DIN 19 245 przewiduje rozszerzenie systemu adresowania przez wprowadzenie adresów segmentowych. W standardzie RS-485 obowiązują złącza przyłączeniowe 9-kontaktowe typu DB-9, przy czym gniazda powinny być instalowane w węzłach, a wtyki na przewodach doprowadzających. Występują złącza przyłączeniowe pojedyncze (np. dla urządzenia DCE końcowego) i rozgałęzione, przesyłające dane do dalszych urządzeń.

Nr styku	Sygnal	Znaczenie
1	SHIELD	Ekran skrętki kabla
2	RP	Zasilanie urządzeń polowych
3	RxD/TxD-P	Dane, sygnał „plus”
4	CNTR-P	Sterowanie, sygnał „plus”
5	DGND	Masa sygnałów danych
6	VP	Zasilanie nadajników/odbiorników sieci
7	RP	Zasilanie urządzeń polowych
8	RxD/TxD-N	Dane, sygnał „minus”
9	CNTR-N	Sterowanie, sygnał „minus”

Tabela 1.2. Rozkład sygnałów na złączu typu DB-9 w sieci PROFIBUS.

Minimalne okablowanie sieci składa się z pary przewodów przenoszących sygnały RxD/TxD. Pozostałe sygnały są opcjonalne. Przykładowo wyprowadzenie VP służy do zasilania rezystorów dopasowujących linii i powinno zostać zastosowane w złączach skrajnych węzłów segmentu.

Kabel sieciowy nie musi być koniecznie ekranowany. W przypadku gdy jest to wymagane, ekran kabla powinien być połączony z metalową obudową każdego węzła poprzez przewodzącą obudowę wtyku. Jeżeli obudowa złącza nie zapewnia galwanicznego połączenia, to ekran kabla może być połączony z obudową węzła poprzez styk nr 1 złącza. Bity danych przesyłane w sieci zakodowane są napięciem różnicowym występującym między liniami RxD/TxD-P i RxD/TxD-N. Dodatkowo napięcie stałe, występujące między tymi liniami przez czas nadawania jednego bitu, interpretowane jest jako 1 logiczna. Napięcie ujemne utożsamiane jest z 0 logicznym. 1 logiczna jest stanem spoczynkowym linii, który muszą zapewnić rezystory dopasowujące linii. Maksymalna długość segmentu kabla zależy od szybkości transmisji i jakości kabla. Standard Profibus DP dopuszcza stosowanie kabla typu B oraz nowszego typu A (tabela 1.3).

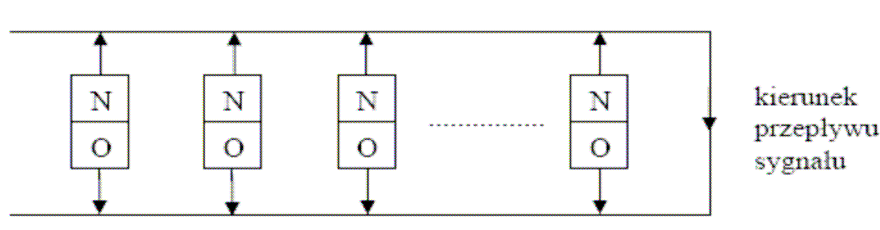
	Kabel typu B	Kabel typu A
Rodzaj kabla	ekranowana skrętka: impedancja falowa $100\Omega \dots 130\Omega$, pojemność między przewodami $\leq 60\text{pF/m}$, przekrój przewodnika $\geq 0,22\text{ mm}^2$	ekranowana skrętka: impedancja falowa $135\Omega \dots 165\Omega$, pojemność między przewodami $\leq 30\text{pF/m}$, przekrój przewodnika $\geq 0,34\text{ mm}^2$
Topologia	magistralowa, długość doprowadzeń $\leq 0,3\text{ m}$	magistralowa, długość doprowadzeń $\leq 6,6\text{ m}$
Szybkość Transmisji	9,6; 19,2; 93,75; 187,5; 500 lub 1500 Kbit/s	9,6; 19,2; 93,75; 187,5; 500 1500 Kbit/s lub 12 Mbit/s
Długość Segmentu	zależy od szybkości transmisji: $\leq 1200\text{m}$ dla szybkości $\leq 93,75\text{ Kbit/s}$ $\leq 600\text{m}$ dla szybkości $\leq 187,5\text{ Kbit/s}$ $\leq 200\text{m}$ dla szybkości $\leq 500\text{ Kbit/s}$	zależy od szybkości transmisji: $\leq 1200\text{m}$ dla szybkości $\leq 93,75\text{ Kbit/s}$ $\leq 1000\text{m}$ dla szybkości $\leq 187,5\text{ Kbit/s}$ $\leq 400\text{m}$ dla szybkości $\leq 500\text{ Kbit/s}$ $\leq 200\text{m}$ dla szybkości $\leq 1500\text{ Kbit/s}$
Liczba węzłów	maks. 32 węzły (lub wzmacniacze linii) w obrębie segmentu	maks. 126 węzłów (lub wzmacniaczy linii) w obrębie segmentu

Tabela 5.3. Parametry segmentu sieci PROFIBUS.

Przy zastosowaniu kabla typu A zwiększa się szybkość transmisji lub wydłuża zasięg sieci. Zmianie ulega impedancja falowa kabla typu A, a zatem i rezystory dopasowujące linii. Obydwa typy kabli oraz rezystorów dopasowujących linii mogą być łączone w obrębie tej samej sieci, pod warunkiem dwukrotnego ograniczenia długości wzajemnie niedopasowanych odcinków. Typy złącz i rozkład sygnałów na złączu nie ulegają zmianie.

Zdwojenie kabla oraz układów nadajników i odbiorników w każdym węźle pozwala zabezpieczyć sieć przed awarią w przypadku uszkodzenia kabla. Podczas normalnej pracy sieci komunikaty wysyłane są poprzez obydwa kable, natomiast każdy węzeł odbiera sygnał tylko z jednego odbiornika. Zanik transmisji w kablu, albo błędne odebranie dwóch kolejnych komunikatów oznacza awarię i powoduje przełączenie odbioru na kabel oraz odbiornik rezerwowy.

Kabel miedziany może być zastąpiony kablem światłowodowym, przenoszącym sygnały danych (RxD/TxD). Pozwala to na znaczne zwiększenie zasięgu sieci, przy czym parametry graniczne, takie jak długość kabla i szybkość transmisji zależą od rodzaju zastosowanego światłowodu. Zastosowanie łącza światłowodowego zabezpiecza ponadto sieć przed zakłóceniami elektromagnetycznymi, wyładowaniami atmosferycznymi oraz innymi zewnętrznymi czynnikami, które eliminują użycie kabla miedzianego. Ponieważ transmisja sygnału przez światłowód jest możliwa tylko w jednym kierunku, konieczne jest zastosowanie do budowy sieci dwóch odcinków kabla połączonych tak, aby wszystkie odbiorniki znalazły się za nadajnikami (rys. 7.).



Rys. 7. Sieć magistralowa o zdwojonym kablu.

Warstwa fizyczna, niezależnie od sposobu realizacji, komunikuje się z warstwą liniową za pomocą operacji:

- ***PHY_DATA request*** – żądanie nadania bitu skierowane przez warstwę liniową do warstwy fizycznej;
- ***PHY_DATA indication*** – informacja skierowana przez warstwę fizyczną do warstwy liniowej po odebraniu bitu.

1.4. Warstwa liniowa

W zakres warstwy liniowej wchodzi protokoły: dostępu węzłów do kabla oraz komunikacyjny łącza logicznego. Przyjęty w standardzie Profibus protokół dostępu jest złożeniem protokołu znacznikowego i odpytywania. W sieci występują węzły nadrzędne (*ang. master*), posiadające prawo nadawania własnych komunikatów, oraz podrzędne (*ang. slave*), które mogą jedynie przyjmować komunikaty i odpowiadać na zapytania węzłów nadrzędnych.

Wymiana danych w formie zamkniętych transakcji rozpoczyna się komunikatem akcji, wysyłanym przez węzeł nadrzędny posiadający znacznik, a kończy komunikatem odpowiedzi, wysyłanym przez węzeł nadrzędny lub podrzędny będący adresatem komunikatu. Komunikat odpowiedzi zależy od rodzaju transakcji. Może mieć on formę potwierdzenia prawidłowo przeprowadzonej transmisji, lub też przysyłać żądane dane z węzła podrzędnego. Odpowiedź na komunikat musi być natychmiastowa. Standard Profibus DP wymaga, aby węzeł nadrzędny odpytywał wszystkie węzły podrzędne w tym samym cyklu obiegu znacznika. Czynniki te znacząco wpływają na planowanie obciążenia sieci oraz czasu rotacji znacznika T_{TR} w przypadku sieci mieszanych DP, FMS. Czas rotacji znacznika $T_{TR(FMS)}$ zdefiniowany w węźle nadrzędnym FMS lub w węźle nadrzędnym DP drugiego rodzaju powinien spełniać warunek:

$$T_{TR(FMS)} > \sum T_{TSLP}$$

gdzie:

$\sum T_{TSLP}$ – suma czasów odpytywania wszystkich węzłów podrzędnych przez wszystkie węzły nadrzędne DP pierwszego rodzaju.

Przedział czasu wyznaczony przez różnicę $T_{TR(FMS)} - \sum T_{TSLP}$ może być wykorzystany przez węzeł nadrzędny FMS do odpytywania podległych mu węzłów podrzędnych. Po czasie $T_{TR(FMS)}$ węzeł FMS przekazuje znacznik następcy, zgodnie z regułami obiegu znacznika. Czas rotacji znacznika $T_{TR(DP)}$ zdefiniowany w każdym z węzłów nadrzędnych DP pierwszego rodzaju musi spełniać warunek:

$$T_{TR(DP)} = T_{TR(FMS)} + T_{TSLP(own)} + T_{ADD}$$

gdzie:

$T_{TSLP(own)}$ – czas odpytywania przez dany węzeł nadrzędny DP pierwszego rodzaju wszystkich podporządkowanych mu węzłów podrzędnych

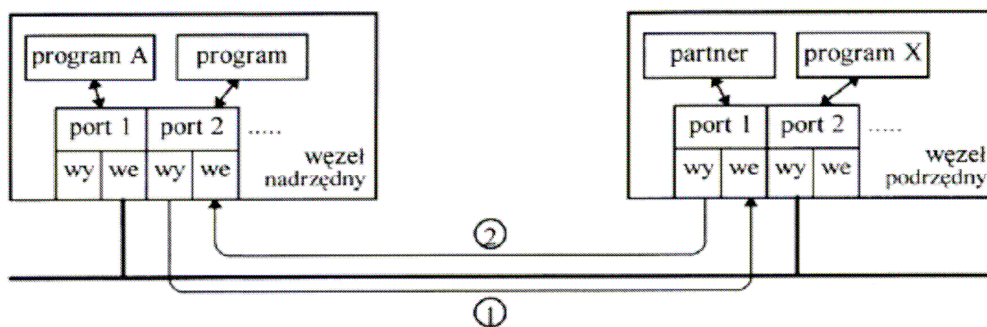
T_{ADD} – margines bezpieczeństwa, przewidziany na retransmisję komunikatów sieciowych

Powyższy warunek umożliwia węzłom nadrzędnym pierwszego rodzaju odpytanie wszystkich podporządkowanych sobie węzłów podrzędnych w jednym cyklu obiegu znacznika. Wszystkie komunikaty węzłów nadrzędnych oraz odpowiedzi węzłów podrzędnych przenoszących informacje diagnostyczne mają wysoki priorytet i wykonywane są w pierwszej kolejności. Natomiast odpowiedzi węzłów podrzędnych przenoszących dane mają przypisany niski priorytet. Proces nadawania komunikatów i odbierania odpowiedzi podczas wykonywania transakcji podlega w każdym węźle rygorom czasowym, określonym przez zespół ściśle zdefiniowanych parametrów. Ich wartości powinny zostać ustalone na etapie konfiguracji sieci w sposób jednolity dla wszystkich węzłów.

Do najważniejszych parametrów czasowych należą:

- **Czas reakcji węzła (T_{SET})** – czas zwłoki od chwili wystąpienia zdarzenia w sieci (np. zakończenia komunikatu) do wykonania przez węzeł związanej z tym zdarzeniem akcji (np. odblokowania odbiornika);
- **Czas ustalania się stanu sieci po nadaniu komunikatu (T_{QUI})** – w tym czasie węzły nie mogą nadawać ani odbierać komunikatu;
- **Czas zwłoki (T_{SDR})** – odstęp czasowy między rozpoczęciem nadawania komunikatu odpowiedzi a zakończeniem komunikatu akcji ($\min T_{SDR} > T_{QUI}$);
- **Czas przerwy (T_{SL})** – maksymalny czas, przez który nadawca komunikatu akcji oczekuje na odebranie pierwszego bajtu odpowiedzi.

Wartości wszystkich parametrów czasowych są wielokrotnością czasu nadania jednego bitu danych (T_{BIT}).



Rys. 8. Wykonanie transakcji odpytania w sieci Profibus.

Warstwa liniowa przekazuje komunikaty nadawane i odbierane przez użytkowników różnych węzłów za pośrednictwem portów. Każdy port zawiera zestaw buforów, do których zapisywane są dane przenoszone przez komunikaty sieciowe. Odpytanie partnera komunikacyjnego polega na wysłaniu przez warstwę liniową telegramu z danymi, zapisanymi przez użytkownika w buforze wyjściowym portu odpytującego i wpisaniu ich do bufora wejściowego portu partnera. W kolejnym kroku pobierane są dane z bufora wyjściowego portu partnera i przepisywane do bufora wejściowego portu odpytującego.

Warstwa liniowa sieci Profibus realizuje cztery rodzaje usług, które mogą być przypisane do tego samego portu:

- **Wysyłanie danych z potwierdzeniem – SDA** (ang. *Send Data with Acknowledge*). Wykonanie usługi polega na wysłaniu komunikatu akcji zawierającego dane i odebraniu potwierdzenia odbioru. Potwierdzenie, które może mieć postać

jednoznakowego komunikaty typu SD5, wysyłane jest po bezbłędnym odebraniu komunikaty akcji. Brak lub błąd w odbiorze potwierdzenia powoduje retransmisję komunikatu akcji. Transakcje wykonywane w ramach usługi SDA mogą mieć niski lub wysoki priorytet.

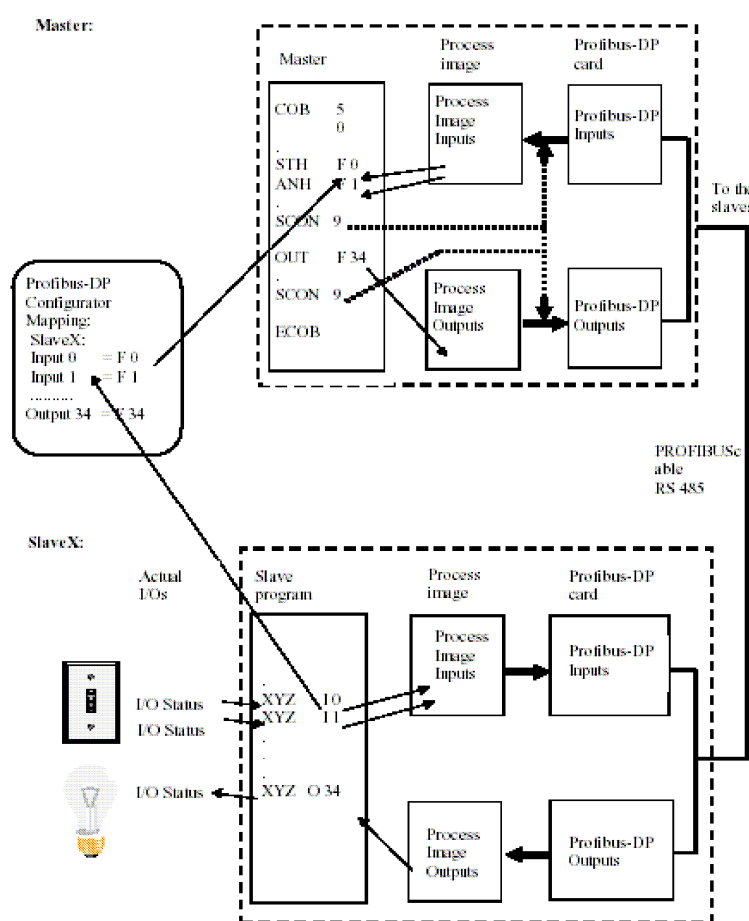
- **Wysyłanie danych bez potwierdzenia – SDN** (*ang. Send Data with No acknowledge*). Wykonanie usługi polega na wysłaniu komunikatu akcji zawierającego dane do użytkownika docelowego, grupy lub wszystkich użytkowników sieci. Warstwa liniowa nie gwarantuje poprawności transmisji, nie przekazuje potwierdzenia odbioru i nie wykonuje retransmisji. Transakcje wykonywane w ramach usługi SDN mogą mieć niski lub wysoki priorytet.
- **Wysyłanie danych i odebranie odpowiedzi – SRD** (*ang. Send and Request Data with reply*). Wykonanie usługi polega na wysłaniu komunikatu akcji i odebraniu komunikatu odpowiedzi zawierającego dane odczytane z odpowiedniego bufora portu docelowego. Komunikat użytkownika inicjującego może zawierać dane i żądanie odpowiedzi albo tylko żądanie odpowiedzi. Komunikat odpowiedzi może zawierać dane odczytane z bufora portu albo potwierdzenie negatywne, informujące o braku danych w buforze. Potwierdzenie negatywne może mieć postać jednoznakowego komunikatu typu SD5. Komunikat odpowiedzi musi być wysłany przez warstwę liniową węzła docelowego natychmiast po odebraniu komunikatu akcji. Brak komunikatu odpowiedzi lub błąd w odbiorze potwierdzenia powoduje komunikatu akcji przez warstwę liniową węzła inicjującego. Transakcje wykonywane w ramach usługi SDA mogą mieć niski lub wysoki priorytet.
- **Cykliczne wysyłanie danych i odbieranie odpowiedzi – CSRD** (*ang. Cyclic Send and Request Data with reply*). Usługa umożliwia użytkownikowi inicjującemu cykliczne odpytywanie jednego lub wielu użytkowników docelowych, których adresy węzłów i numery portów zostaną umieszczone na tzw. liście odpytywania (*ang. poll list*). Proces odpytywania polega na wysłaniu komunikatów akcji do kolejnych użytkowników wymienionych na liście i odbieraniu od nich komunikatów odpowiedzi. Po wyczerpaniu listy proces odpytywania powtarza się od początku. Ten sam użytkownik może być wielokrotnie wymieniony na liście odpytywania. Budowa komunikatów oraz sposób ich wymiany z użytkownikiem docelowym są takie jak w usłudze SRD. Wszystkie transakcje wykonywane w ramach usługi CSRD mają niski priorytet.

Dla każdego rodzaju usług port może zawierać cztery bufony komunikacyjne: komunikatów wysyłanych (priorytet wysoki i niski) oraz komunikatów odbieranych (priorytet wysoki i niski). Wszystkie transakcje wykonywane w sieci przenoszą komunikaty pomiędzy odpowiadającymi sobie buforami portu nadawcy i odbiorcy danych. Przedstawiony na rys.9 przykładowy program realizuje wymianę danych w sieci Profibus DP między dwoma sterownikami SAIA PCD, pracującymi odpowiednio jako węzeł nadrzędny i węzeł podrzędny. Program użytkownika nie ma żadnego wpływu na cykliczną wymianę informacji między węzłami w sieci Profibus DP.

Dane odczytywane lub przesyłane poprzez sieć Profibus DP przechowywane są w pośredniej pamięci „podglądu procesu” sterownika, która podzielona została na dwa obszary:

- wejściowy – dane odbierane z węzłów podrzędnych i czytane w programie realizowanym przez węzeł nadrzędny;
- wyjściowy – dane otrzymywane w trakcie realizacji programu aplikacyjnego w węźle nadrzędnym i przesyłane do węzłów podrzędnych.

Wymiana danych „podglądu procesu” z pamięcią karty Profibus DP odbywa się automatycznie lub poprzez zestaw instrukcji sterownika PLC.

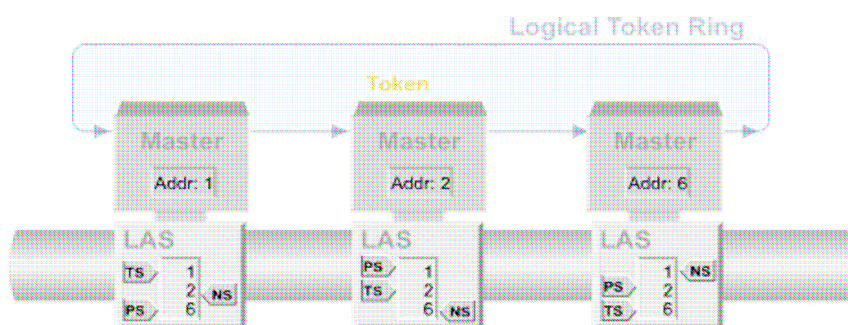


Rys. 9. Wymiana danych w sieci Profibus.

1.5. Protokół dostępu do kabla

Podczas normalnej pracy sieć nieustannie przekazuje komunikaty przenoszące znacznik lub użyteczne dane. Stan bezczynności może wystąpić tylko bezpośrednio po uruchomieniu sieci

lub zgubieniu znacznika. Prawo nadawania i odbierania komunikatów posiada węzeł nadrzędny, który w danej chwili przejął umowny znacznik (*ang. token*). Przekazywanie znacznika odbywa się w pętli (*ang. Logical Token Ring*), zawsze w kierunku rosnących adresów. Lista węzłów nadrzędnych oraz kolejność przekazywania znacznika są ustalone. W skład algorytmu przekazywania znacznika wchodzi cztery parametry, z których pierwszy TS (adres własny – *ang. This Station*) zadawany jest podczas konfiguracji węzła, a pozostałe określone są automatycznie podczas pracy sieci. Są to: PS – adres poprzednika (*ang. Previous Station*), NS – adres następnika (*ang. Next Station*), LAS – lista adresów węzłów nadrzędnych (*ang. List of Active Stations*).



Rys. 5.10. Tworzenie listy adresów węzłów nadrzędnych - LAS.

Inicjalizacja pierścienia obiegu znacznika konieczna jest jedynie bezpośrednio po uruchomieniu sieci. Każdy z węzłów nadrzędnych buduje wtedy listę węzłów LAS oraz wyznacza adres poprzednika PS i następnika NS. Proces inicjalizacji rozpoczyna węzeł o najniższym adresie, wysyłając znacznik dwukrotnie do siebie. Pozwala to wprowadzić jego adres na listy LAS pozostałych węzłów nadrzędnych. Następnie zapytania wysyłane są do węzłów o wyższych adresach w sieci. Węzeł, który odpowiedział, przejmuje znacznik i kontynuuje wysyłanie zapytań pod coraz wyższe adresy. Procedura inicjalizacji kończy się po powrocie znacznika do węzła, który akcję rozpoczął. W trakcie pracy sieci, podczas przekazywania znacznika wysyłany jest specjalny komunikat sterujący. Węzeł odbierający znacznik porównuje adres nadawcy z adresem swojego poprzednika PS i w przypadku ich zgodności przejmuje prawo nadawania. Jeżeli adresy różnią się, a komunikat nadesłany został po raz drugi, konfiguracja sieci ulega modyfikacji. Zmienia się adres poprzednika PS, a nadawca dopisywany jest do listy adresów węzłów nadrzędnych LAS. Węzeł, który przekazał znacznik kontroluje stan sieci jeszcze przez czas TSL. Jeżeli w tym czasie odebrany zostanie pierwszy bajt jakiegokolwiek komunikatu, nadzór nad siecią przejmuje węzeł, który nadał komunikat. W przypadku, gdy po upływie czasu TSL od chwili przekazania znacznika w sieci nie rozpocznie się nadawanie, węzeł przekazujący znacznik powtórzy komunikat. Następnie po raz kolejny oczekiwał będzie przez czas TSL na odpowiedź. Po wyczerpaniu wszystkich prób, znacznik zostanie przekazany do następnego węzła z listy

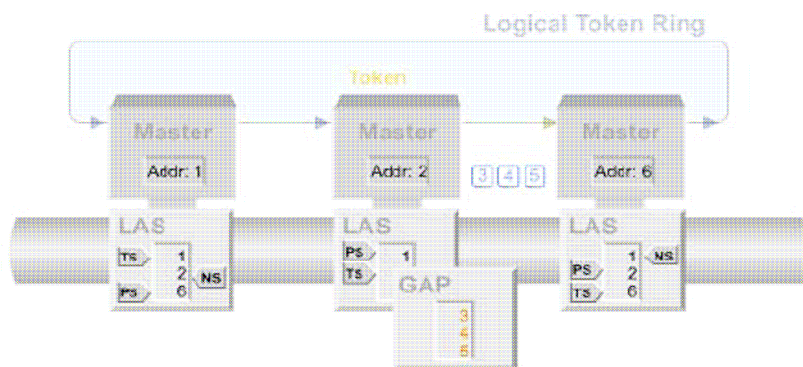
LAS. Procedura poszukiwania następnika kontynuowana jest do momentu pomyślnego przekazania znacznika lub wyczerpania się węzłów na liście LAS. W pierwszym przypadku węzeł modyfikuje adres swojego następnika NS. Natomiast w drugim przypadku zatrzymuje znacznik i uznaje, że jest jedynym węzłem w sieci (sieć typu *monomaster*). Jeżeli zaginie znacznik, każdy z węzłów nadrzędnych obserwował będzie sieć i mierzył stan jej bezczynności. Węzeł przejmujący znacznik ma zawsze najniższy adres w sieci, gdyż czas przeterminowania T_{TO} jest proporcjonalny do adresu węzła:

$$T_{TO} = (6 + 2 \text{ TS}) T_{SL}$$

W momencie przejęcia kontroli nad siecią węzeł rozpoczyna wykonywanie transakcji lub inicjuje pierścień obiegu znacznika, gdy nie posiada zdefiniowanej listy LAS.

W przypadku dodania nowych węzłów, czy też usunięcia bądź awarii któregośkolwiek z węzłów istniejących, algorytm przekazywania znacznika uruchamia procedurę automatycznej rekonfiguracji sieci. Jest to akcja z góry zaplanowana i przewidziana w rutynowym działaniu węzła posiadającego znacznik.

Nowo dodawany do sieci węzeł XS włączany jest do pierścienia obiegu znacznika przez węzeł nadrzędny, którego adres spełnia zależność $TS < XS < NS$. Procedura wymaga przechowywania w pamięci trzech parametrów: HSA (*ang. Highest Station Address*) – najwyższy dopuszczalny adres, G – okres powtarzania zapytań kierowanych do węzłów nieistniejących, GAPL (*ang. GAP List*) – lista węzłów o adresach pomiędzy TS a NS.



Rys. 5.11. Automatyczna rekonfiguracja sieci przy użyciu listy GAPL.

Każdy z węzłów nadrzędnych wysyła okresowo zapytania pod kolejne niewykorzystane adresy, nie występujące na liście GAPL. Szybkość nie przekracza jednego zapytania na G obiegów znacznika. Odpowiedź pozytywna oznacza pojawienie się nowego węzła. Węzeł posiadający znacznik przyjmuje adres nowego węzła jako adres swojego następnika NS. Zapytanie jest transakcją niepriorytetową, wykonywaną w ostatniej kolejności w miarę wolnego czasu T_{TH} .

Długość cyklu obiegu znacznika jest ściśle nadzorowana. Każdy węzeł nadrzędny kontroluje czas, jaki upłynął od chwili ostatniego otrzymania znacznika i na jego podstawie dostosowuje swoje działanie do aktualnego obciążenia sieci. Pozwala to określić czas, przez który węzeł nadrzędny może zatrzymać znacznik w swoim posiadaniu. Przedział czasu, który węzeł może wykorzystać bez naruszenia zadanej długości cyklu obiegu znacznika określa równanie:

$$T_{TH} = T_{TR} - T_{RR}$$

gdzie:

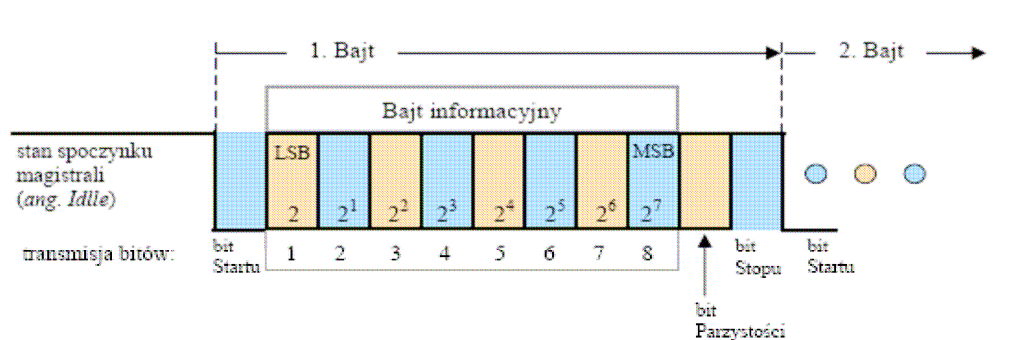
T_{TR} – zadana długość cyklu obiegu znacznika w sieci

T_{RR} – długość rzeczywistego cyklu obiegu znacznika w sieci

Niezależnie od wyniku węzeł może wykonać jedną transakcję priorytetową. Dalsze transakcje wykonywane są tylko w obrębie czasu T_{TH} i zostaną zakończone nawet po jego przekroczeniu. Po wysłaniu komunikatu akcji, węzeł oczekuje przez czas T_{SL} na odpowiedź. Jej brak spowoduje ponowienie komunikatu akcji. Ilość powtórzeń zależy od konfiguracji sieci. Odpowiedź różna od spodziewanej, będzie oznaczała obecność drugiego znacznika w sieci. W tym momencie węzeł odrzuci posiadany znacznik i przejdzie w stan oczekiwania na kolejny obieg znacznika.

1.6. Protokół komunikacyjny

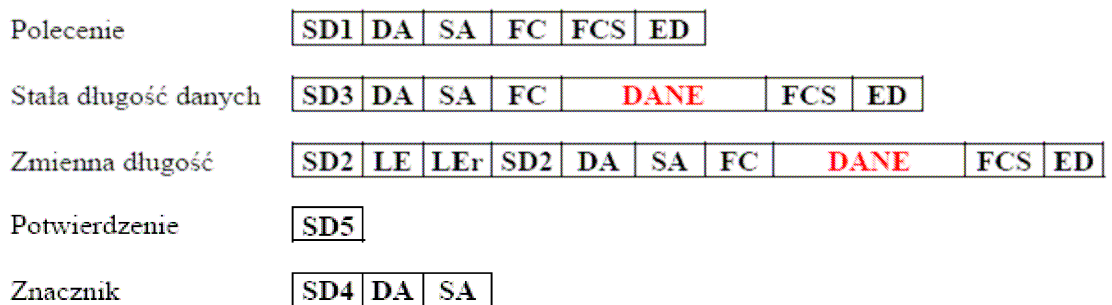
Wszystkie komunikaty w sieci Profibus składają się z 11 bitowych znaków, zawierających: bit startu (stan logiczny niski - 0), 8 bitów danych (nadawanych od najmniej znaczącego bitu), bit parzystości i bit stopu (stan logiczny wysoki - 1). Kolejne znaki komunikatu nadawane są jeden po drugim, bez żadnych przerw między znakami.



Rys. 12a. Pojedynczy znak komunikatu w sieci Profibus DP.

Protokół komunikacyjny zawiera pięć rodzajów komunikatów sieciowych:

1. **SD1** – przenosi polecenia zakodowane w znaku FC i nie zawiera danych;
2. **SD2** – komunikat z polem danych o zmiennej długości, zapisanej w znakach LE i LER ;
3. **SD3** – komunikat z polem danych o długości 8 bajtów;
4. **SD4** – komunikat przenoszący znacznik przekazywany następnemu węzłowi w pierścieniu obiegu znacznika;
5. **SD5** – jednoznakowy komunikat potwierdzenia.

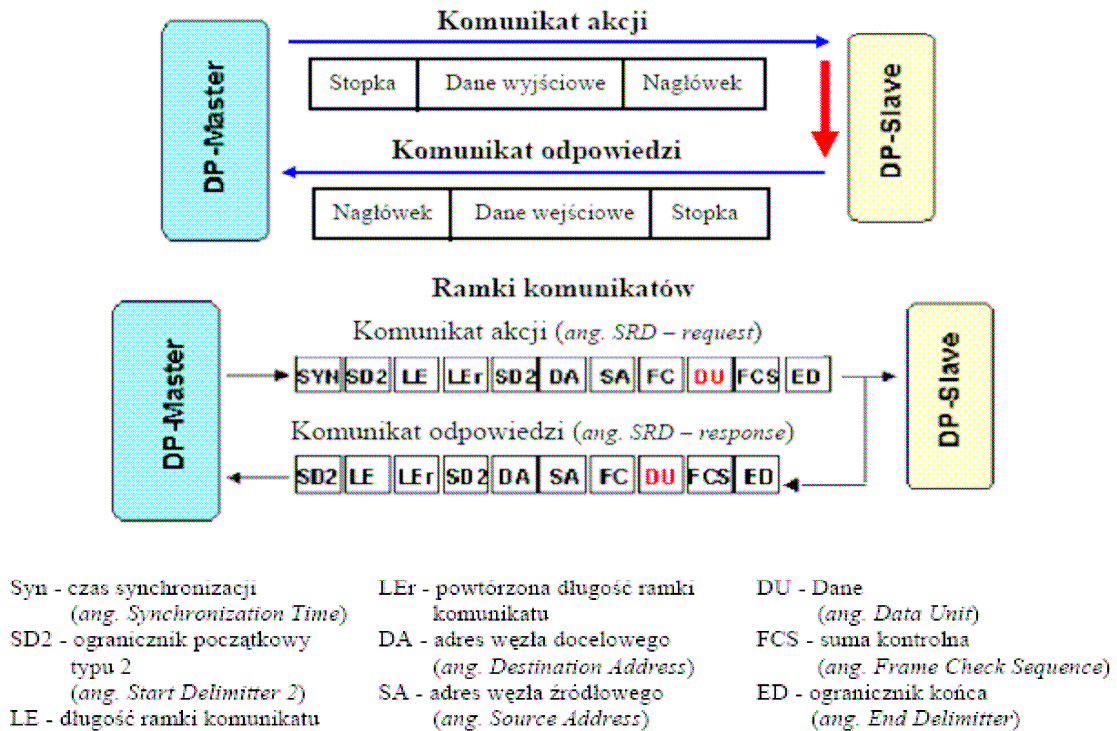


Rys. 12b. Struktury komunikatów w sieci Profibus.

Czas T_{SDR} wyznacza przerwę między komunikatem akcji, a komunikatem odpowiedzi. Następny komunikat akcji może być nadesłany po czasie dłuższym niż maksymalna wartość T_{SDR} . Każdy komunikat składa się z ogranicznika początkowego (SD), pola danych o stałej lub zmiennej długości, sumy kontrolnej (FCS) i ogranicznika końcowego (ED). Komunikaty krótkiego potwierdzenia zawierają wyjątkowo tylko ogranicznik początkowy, który określa rodzaj przekazywanego komunikatu i wraz z ogranicznikiem końcowym zapewnia synchronizację transmisji danych.

Pole danych rozpoczyna się 3 znakowym nagłówkiem zawierającym adres węzła odbiorcy (DA), adres węzła nadawcy (SA) i znak sterujący (FC). Łączna długość komunikatu nie może przekroczyć 255 znaków. Każdy znak adresu DA lub SA składa się z 8 bitów, z których siedem tworzy adres węzła, a jeden jest znacznikiem rozszerzenia adresu. Indywidualne adresy węzłów muszą zawierać się w zakresie 0...126. Wystawienie adresu DA=127 powoduje przesłanie komunikatów rozgłaszania, skierowanych do odbiorców we wszystkich węzłach sieci. Podczas odbierania komunikatów węzeł sprawdza obecność bitów startu i stopu, parzystość każdego znaku, poprawność ograniczników początku i końca oraz sumę kontrolną komunikatu. Wykrycie błędu powoduje odrzucenie odebranego komunikatu.

Węzeł będący adresatem nie wysyła informacji zwrotnej, co powoduje powtórne przesłanie komunikatu przez węzeł inicjujący.



Rys. 13. Ramka protokołu komunikacyjnego w sieci Profibus DP.

2. Profibus FMS

Standard FMS (ang. *Fieldbus Message Specification*) służy do przesyłania większej liczby danych procesowych pomiędzy stacjami takimi jak sterowniki PLC, stacje operatorskie, programatory, urządzenia zabezpieczające oraz komputery PC. Opiera się na strukturze Client-Server (*Token passing*), co powoduje że w jednej sieci może komunikować się większa ilość stacji (struktura *multimaster*). Profibus FMS definiuje warstwę aplikacyjną modelu ISO/OSI. Usługi tej warstwy umożliwiają użytkownikowi dostęp do obiektów programowych istniejących w innych węzłach sieci, takich jak zmienne, tablice i rekordy. Możliwe jest także przekazywanie programów i sterowanie wykonaniem programów między węzłami sieci.

Specyfikacja FMS definiuje każdą usługę za pomocą czterech operacji:

- wywołanie usługi (*ang. request*);
- sygnalizacja odebrania wywołania (*ang. indication*);
- przekazanie potwierdzenia (*ang. response*);
- sygnalizacja odebrania potwierdzenia (*ang. confirm*).

Ich realizacja przez programy warstwy aplikacyjnej składa się na wykonanie usługi. Każda operacja związana z usługą ma dokładnie określoną funkcję, argumenty oraz format przekazywania danych w komunikatach sieciowych. Warstwę fizyczną stanowią tylko szybkie łącza oparte na RS 485 lub światłowodach. Profil FMS umożliwia komunikację tylko z urządzeniami z katalogu obiektów OD, w którym opisano dokładnie ich właściwości, strukturę logiczną oraz adresy logiczne i fizyczne.

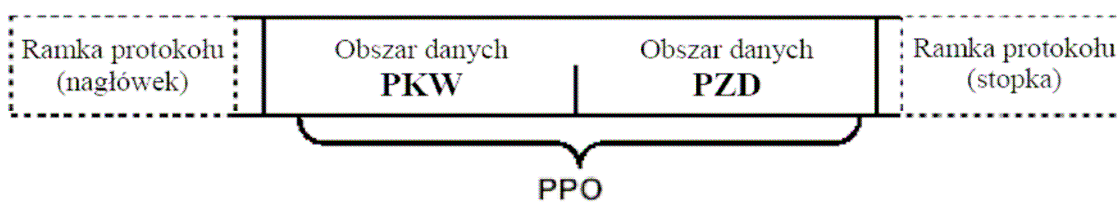
3. Profibus PA

W automatyce procesowej stosowany jest standard PA sieci Profibus. Połączenia zrealizowane są zgodnie ze standardem IEC 1158–2, który pozwala na zastosowanie sieci w środowisku niebezpiecznym (np. zagrożonym wybuchem). Do transmisji danych oraz zasilania czujników i układów wykonawczych wykorzystywane są te same przewody. Szybkość transmisji ograniczona została do 31,25 kbit/s. Do pojedynczego segmentu kabla dołączyć można do 32 urządzeń. W aplikacjach opartych na profilu PA najczęściej stosowany jest profil komunikacyjny DP. Poprzez odpowiednie sprzęgi możliwe jest również połączenie sieci Profibus PA z siecią Profibus FMS.

II. Sieć Profibus DP – wymiana danych z falownikiem

Przekształtnik dołączony jest do sieci Profibus DP za pośrednictwem modułu komunikacyjnego (ang. *Profibus Optional Board*). Kontrola oraz wymiana danych odbywa się poprzez cykliczny kanał Profibus DP, zdefiniowany w standardzie PROFIdrive Profile 2.0.

W skład telegramu wchodzi dwa obszary danych PZD (ang. *Process Data area*) oraz PKW (ang. *Parameter data area*), tworzące wspólnie strukturę PPO (ang. *Parameter Process data Object*) umożliwiającą wymianę informacji z przekształtnikiem.



Rys. 14. Telegram cyklicznej wymiany danych z Micromaster 440.

PKW				PZD									
PKE	IND	PWE		PZD1 STW1 ZSW1	PZD2 HSW HIW	PZD3	PZD4	PZD5	PZD6	PZD7	PZD8	PZD9	PZD10
1 st word	2 nd word	3 rd word	4 th word	1 st word	2 nd word	3 rd word	4 th word	5 th word	6 th word	7 th word	8 th word	9 th word	10 th word
PPO1													
PPO2													
PPO3													
PPO4													
PPO5													

PKW: obszar parametrów

PZD: obszar procesu

PKE: identyfikator parametru

IND: indeks

PWE: wartość parametru

STW: słowo kontrolne

ZSW: słowo statusowe

HSW: wartość zadana

HIW: odczyt aktualnej wartości

Rys. 15. Ramki PPO telegramu cyklicznej wymiany danych z Micromaster 440.

Obszar pamięci PKW wykorzystywany jest do monitorowania oraz edycji parametrów pracy przekształtnika. Obszar pamięci PZD wykorzystywany jest do przesyłania słowa kontrolnego STW1 i zadawanej wartości częstotliwości sterującej HSW oraz do odczytu słowa statusowego ZSW1 i aktualnej wartości częstotliwości HIW.

Na przykład struktura PPO pierwszego typu (PPO1), składa się z 4 słów tworzących obszar danych PKW oraz 2 słów zarezerwowanych dla obszaru PZD. Słowo kontrolne STW nie może przyjmować zerowej wartości.

Częstotliwość zadana w słowie HSW oraz odczytywana z przekształtnika wartość HIW zostały znormalizowane przez producenta. Częstotliwości 50 Hz odpowiada w kodzie hex wartość 4000, co dziesiętnie jest równe 16384. Stąd 1 Hz w kodzie hex reprezentuje liczba 147, czego dziesiętnym odpowiednikiem jest 327,68. Zależności te pozwalają opracować funkcje odczytu i zapisu częstotliwości sterującej dla przekształtnika.

Funkcja FC20 w programie dla S7300 konwertuje zadaną częstotliwość w jednostkach [Hz] na postać w kodzie hex, która jest następnie transmitowana do przekształtnika MM440. Przesyłane dane mają następujący porządek: słowo kontrolne STW, zadana wartość częstotliwości HSW. Przykładowo:

- zapytanie o gotowość napędu do rozruchu – 047E 0000,
- rozkaz zmiany częstotliwości sterującej na 12,5 Hz – 047 1000.

Informacja o odczytaniu przez przekształtnik zadanej częstotliwości sterującej znajduje się w słowie statusowym ZSW, natomiast wartość w słowie HIW. Przykładowo:

- odebranie informacji o gotowości napędu do rozruchu – FA31 0000,
- odebranie informacji zwrotnej o zmianie częstotliwości na 12,5 Hz – FB34 1000.

Szczegółowy opis znaczenia poszczególnych bitów słowa kontrolnego w obszarze PZD zamieszczony został w tabeli 2.1. Natomiast dokładne znaczenia poszczególnych bitów słowa statusowego w obszarze PZD zamieszczony został w tabeli 2.2.

Bit	Wartość	Znaczenie	Opis
0	1	ON	Przekształtnik „gotowy do rozruchu”, kierunek obrotów zależny od stanu bitu 11
	0	OFF1	Przekształtnik wyłączony, zatrzymanie układu napędowego zgodnie z rampą hamowania
1	1	Stan operacyjny	-
	0	OFF2	Natychmiastowy impuls wyłączający, wirnik obraca się bezwładnie aż do zatrzymania
2	1	Stan operacyjny	-
	0	OFF3	Gwałtowne zatrzymanie napędu (STOP awaryjny)
3	1	Sterowanie	Pętla sprzężenia zwrotnego zamknięta, możliwe sterowanie przekształtnikiem
	0	Sterowanie zablokowane	Pętla sprzężenia zwrotnego zamknięta, zablokowane sterowanie przekształtnikiem
4	1	Stan operacyjny	-
	0	RFG wyłączony	Wyjście RFG ustawione w stan 0, możliwe szybkie zatrzymanie napędu, przekształtnik pozostaje w stanie gotowości
5	1	Włączenie RFG	-
	0	Zatrzymanie RFG	Impuls prądowy z RFG „zamrożony”
6	1	Załączenie impulsu	Wartość wybranego w RFG wejścia jest aktywna
	0	Wyłączenie impulsu	Wartość wybranego w RFG wejścia jest ustawiona stan 0
7	1	Potwierdzenie błędu	Błąd jest potwierdzony zboczem narastającym, przekształtnik zostaje ustawiony w pozycji wyjściowej
	0	Bez znaczenia	
8	1	CW	Kierunek obrotów zgodny z ruchem wskazówek zegara
	0		
9		CCW	Kierunek obrotów przeciwny do ruchu wskazówek zegara
10	1	Impulsu prawidłowy	Master przekazuje impuls do przekształtnika
	0	Impuls błędny	-
11	1	Impuls odwrócony	Wirnik obraca się zgodnie z CCW w odpowiedzi na pozytywny impuls
	0	Impuls nie odwrócony	Wirnik obraca się zgodnie z CW w odpowiedzi na pozytywny impuls
12	-	-	Nie używane
13	1	Potencjometr w górę	Elektryczne przesuwanie suwaka potencjometru w górę
	0		
14	1	Potencjometr w dół	Elektryczne przesuwanie suwaka potencjometru w dół
	0	-	
15	-	Kontrola lokalna z panela BOP/AOP	Kontrola lokalna aktywna
		Kontrola zdalna	Kontrola zdalna aktywna

RFG – Ramp Function Generator – generator rampy

Tabela 2.1. Słowo kontrolne.

Bit	Wartość	Znaczenie	Opis
0	1 0	Gotowy do włączenia Nie gotowy do włączenia	Zasilanie załączone, obwody elektroniki zainicjalizowane, impulsy wyłączone
1	1 0	Gotowy do uruchomienia Nie gotowy do uruchomienia	Przekształtnik został włączony i może być uruchomiony gdy bit 3 w słowie kontrolnym zostanie ustawiony w stan 1, nie wykryto błędów Przyczyna: nie wydano komendy ON, ustawione OFF2 lub OFF3, wystąpił błąd
2	1 0	Sterowanie Sterowanie zablokowane	Odpowiednik bitu 3 w słowie kontrolnym
3	1 0	Wystąpił błąd -	Wystąpił Błąd (parametr r0947), napęd został zablokowany
4	1 0	- Użyto polecenia OFF2	- Bit 1 w słowie kontrolnym
5	1 0	- Użyto polecenia OFF3	- Bit 2 w słowie kontrolnym
6	1 0	Start zablokowany Start odblokowany	Napęd powinien zostać zrestartowany poleceniem OFF1, a następnie uruchomiony poleceniem ON
7	1 0	Alarm aktywny	Wystąpił alarm (parametr r2110). Napęd nadal aktywny.
8	1 0	Nie wykryto zmiany wartości zadanej Zmiana wartości zadanej	Sygnał zadający/wartość dewiacji sygnału w granicach tolerancji
9	1 0	Kontrola przez stację master Kontrola lokalna	Prośba o przejęcie kontroli sterowania przez stację typu master Master nie steruje przekształtnikiem
10	1 0	f przekroczone f nie przekroczone	Częstotliwość wyjściowa przekształtnika jest większa bądź równa częstotliwości maksymalnej
11	1 0	- Alarm: prąd przekroczony	Alarm: napęd pobiera prąd maksymalny
12	1 0	- Silnik hamuje	Sygnał może być użyty do kontroli hamowania
13	1 0	- Silnik przeciążony	Dane z silnika sygnalizują przeciążenie
14	1 0	CW CCW	Kierunek wirowania zgodny z CW Kierunek wirowania zgodny z CCW
15	1 0	- Przekształtnik przeciążony	Np. przekroczony prąd lub temperatura

Tabela 2.2. Słowo statusowe.

Rys. 16 przedstawia szczegółowo obszar parametrów PKW. Identyfikator parametru PKE jest zawsze 16-bitowy. Bity 0 – 10 (PNU) zawierają numer stosownego parametru. Bit 11 jest zarezerwowany. Bity 12 – 15 zawierają identyfikator żądania lub odpowiedzi. PWE jest transmitowane zawsze jako podwójne słowo (32-bity).

Jeżeli wartość wysyłanego parametru jest 16-bitowa, na pozycje PWE1 należy wpisać 0. Słowo wyjściowe PKW może przyjmować zerową wartość. W tym samym czasie w telegramie PPO może być przesyłana tylko jedna wartość parametru. Żądanie wystawione przez węzeł nadrzędny powinno zostać wysłane w jednym telegramie.

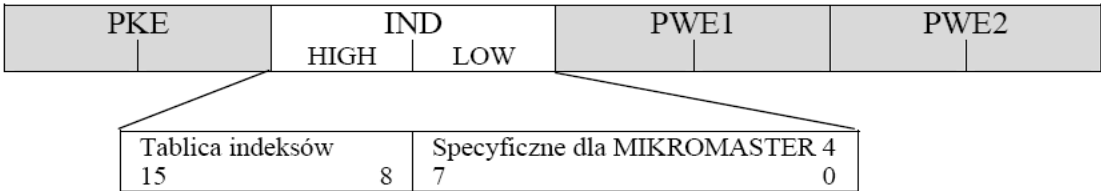
Dotyczy to także odpowiedzi z węzła podrzędnego – MM440.

Pierwsze słowo	Identyfikacja parametru (PKE)			
Bit nr	15	12	11	10
	AK		0	PNU
				0
Drugie słowo	Indeks parametru (IND)			
Bit nr	15		8	7
				0
	Wartość parametru (PWE)			
Trzecie słowo	Wartość starszego parametru (PWE 1)			
Czwarte słowo	Wartość młodsze parametru (PWE 2)			

Rys. 16. Obszar parametrów PKW.

Do wystawienia żądania zapisu, bądź edycji parametrów należy użyć funkcji specjalnej **SFC15 (DPWR_DAT)**. Natomiast do odczytu parametrów z MM440 należy w programie STEP7 zastosować funkcję **SFC14 (DPRD_DAT)**. Wymienione funkcje pozwalają odpowiednio przysyłać i odbierać pakiety danych o pojemności przekraczającej 4 bajty.

Podczas laboratorium można wykorzystać tryb cyklicznej komunikacji PPO, w którym 8-bitowa tablica indeksów przesyłana jest w starszym bajcie słowa IND. Młodszy bajt wykorzystywany jest do adresowania parametrów o numerach powyżej 1999.



Rys.17. Struktura parametru IND (indeks) dla cyklicznej komunikacji PPO.

Nr parametru	PNU (decimal)	PNU (Hex)	Transmisja cykliczna Bit 7 słowa IND	Transmisja acykliczna Bit 15 słowa IND
P0000 – P1999	0 – 1999	0 – 7CF	= 0	= 0
P2000 – P3999	0 – 1999	0 – 7CF	= 1	= 1

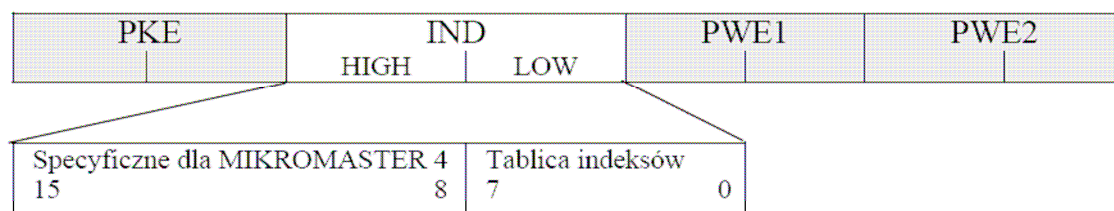
Tabela 2.3. Identyfikator żądania parametru (master → przekształtnik).

Przykładowo numer parametru P2016 z indeksem 3 zapisany został w obszarze parametrów PKW w kodzie heksadecymalnym jako suma wartości dziesiętnej 2000 (1 na bicie 7 słowa IND) oraz wartości dziesiętnej 16 (010h na młodszym bajcie słowa PKE). Indeks 03 zapisany został w starszym bajcie słowa IND.

PKE	IND	PWE1	PWE2
xx 10	03 80		

Rys.18. Przykładowy zapis parametru o numerze P2016 w obszarze PKW.

W przypadku transmisji acyklicznej tablica indeksów jest 8-bitową wartością, transmitowaną w młodszym bajcie słowa IND. Starszy bajt (bity 8-15) można użyć do adresowania parametrów z numerami większymi od 1999.



Rys.19. Struktura parametru IND (indeks) dla acyklicznej komunikacji PPO.

Odczyt parametrów z obszaru PKW przekształtnika MM440 przebiega dwuetapowo. W pierwszym etapie wystawia się żądanie odczytu oraz wskazuje numer parametru. W odpowiedzi otrzymuje się liczbę heksadecymalną w postaci dwóch podwójnych słów, w których zawarta jest informacja o formacie liczby, jej wartości oraz numerze parametru. Przykładowo odczyt parametru P1082 (częstotliwość maksymalna) wygląda następująco:

1. PROFIBUS => MICROMASTER: 143A 0000 0000 0000 hex – żądanie odczytu
2. MICROMASTER => PROFIBUS: 243A 0000 4248 0000 hex – odczyt

Zapis nowej wartości parametru do obszaru PKW przekształtnika MM440 przebiega dwuetapowo. W pierwszym etapie wystawia się żądanie zapisu oraz wskazuje numer parametru. W odpowiedzi otrzymuje się liczbę heksadecymalną w postaci dwóch podwójnych słów, w których zawarta jest informacja o formacie liczby, numerze parametru oraz nowej wartości. Zmiana wartości przytoczonego w przykładzie parametru P1082 z 50.0 na 40.0 (4220 hex) wygląda następująco:

1. PROFIBUS => MICROMASTER: 343A 0000 4220 0000 hex – żądanie zapisu
2. MICROMASTER => PROFIBUS: 243A 0000 4220 0000 hex – potwierdzenie zmiany

Znaczenie identyfikatora żądania oraz odpowiedzi w zależności od przyjętej wartości objaśniają tabele 2.4 i 2.5.

Tabela 7.4. Identyfikator żądania (master → przekształtnik).

Wartość	Znaczenie	Odpowiedź	
		Pozytywna	Negatywna
0	Bez modyfikacji	0	7/8
1	Żądanie wartości parametru	1/2	↑
2	Modyfikacja wartości parametru (word)	1	↑
3	Modyfikacja wartości parametru (double word)	2	↑
4	Żądanie opisanie elementu 1	3	↑
6	Żądanie wartości parametru (array) 1	4/5	↑
7	Modyfikacja wartości parametru (array, word) 2	4	↑
8	Modyfikacja wartości parametru (array, double word) 2	5	↑
9	Żądanie ilości elementów tablicy	6	↑
11	Modyfikacja wartości parametru (array, double word), następnie zapisanie w EEPROM 2	5	↑
12	Modyfikacja wartości parametrów (array, word), następnie zapisanie w EEPROM 2	4	↑
13	Modyfikacja wartości elementu (double word), następnie zapisanie w EEPROM	2	↑
14	Modyfikacja wartości elementu (word), następnie zapisanie w EEPROM	1	7/8

Tabela 7.5. Identyfikator odpowiedzi (przekształtnik → master).

Wartość	Znaczenie
0	Brak odpowiedzi
1	Transfer wartości parametru (word)
2	Transfer wartości parametru (double word)
3	Transfer opisu 1
4	Transfer wartości parametru (array word) 2
5	Transfer wartości parametru (array double word) 2
6	Transfer liczby elementów tablicy
7	Rozkaz nie może być wykonany
8	Brak kontroli przez stację master obszaru parametrów PKW