

# PROFibus, część 4

Prace rozwojowe w dziedzinie automatyki przemysłowej zmierzają w kierunku tworzenia maszyn oraz instalacji złożonych z modułów.

Taka struktura pozwala na łatwiejszą rozbudowę systemów automatyki i tworzenie systemów rozproszonych. PROFINet dostarcza rozwiązania pozwalające na logiczny podział urządzeń i traktowanie tych składowych jako moduły technologiczne.

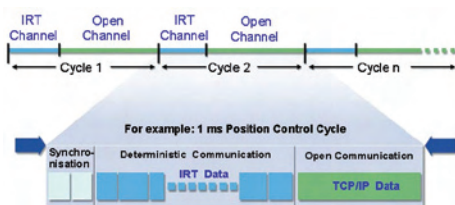
## Komunikacja standardowa TCP/UDP

Podstawowym protokołem komunikacyjnym w systemie PROFINet jest TCP/IP. TCP/IP stał się standardem dla wszelkich aplikacji wykorzystujących technologie IT. Trzeba zauważyć, że w odniesieniu do współpracy pomiędzy różnymi aplikacjami nie wystarczy tylko ustanowienie wspólnego kanału komunikacyjnego (w warstwie 4.) w oparciu o TCP lub UDP pomiędzy urządzeniami. TCP/IP dostarcza tylko podstawowych funkcji do przesyłania danych w sieci lokalnej lub rozproszonej. Do wymiany danych wymagane są tzw. protokoły aplikacyjne leżące w warstwach wyższych niż TCP czy UDP. Współpraca urządzeń możliwa jest tylko jeżeli ten sam protokół aplikacyjny jest wykorzystywany przez wszystkie urządzenia. Przykładami popularnych protokołów są np. wykorzystywany w Internecie SMTP (poczta e-mail), FTP (przesyłanie plików), HTTP (używany do przesyłania stron internetowych).

## Komunikacja Real Time

W automatyce przemysłowej aplikacje czasu rzeczywistego wymagają czasów odświeżania i odpowiedzi na poziomie 5...10 ms. Czas odświeżania jest to czas jaki upływa od momentu utworzenia zmiennej w aplikacji urządzenia, następnie przesłania jej do partnera przez system komunikacyjny oraz ponowne jej udostępnienie dla aplikacji w stacji partnerskiej.

Dla zapewnienia pierwszoplanowego wykonywania programu aplikacyj-



Rys 16. Przebieg czasowy komunikacji w systemie IRT

nego w sterowniku, komunikacja czasu rzeczywistego może jedynie w minimalnym stopniu obciążać procesor urządzenia.

Jak pokazuje doświadczenie, czasy transmisji poprzez sieć zbudowaną na bazie standardu Fast Ethernet (100 Mb/s) lub szybszych są pomijalne w stosunku do czasów wykonania programu w sterownikach. Oznacza to, że na czas potrzebny do udostępnienia danych w aplikacji dostawcy komunikacja nie ma praktycznie wpływu. To samo odnosi się do przetwarzania danych przez aplikację odbiorcy. Wynika z tego, że wszelka poprawa w czasie odświeżania i przez to w odpowiedzi czasu rzeczywistego osiągane są przede wszystkim przez właściwą optymalizację stosu komunikacyjnego odbiorcy i dostawcy.

## Protokół Soft Real Time (SRT)

Dla spełnienia wymagań czasu rzeczywistego w automatyce, PROFINet posiada zoptymalizowany kanał komunikacyjny czasu rzeczywistego – *Soft Real Time*.

Kanał ten oparty jest na warstwie 2 Ethernet. Rozwiązanie to znacząco skraca czas obsługi stosu komunikacyjnego i zwiększa wydajność czasów odświeżania wartości procesorowych. Po pierwsze, pominięcie kilku warstw protokołu skraca długość wiadomości. Po drugie, przygotowanie danych do wysłania zajmuje mniej czasu. Równocześnie moc obliczeniowa procesora wymagana do obsługi komunikacji jest znacząco mniejsza.

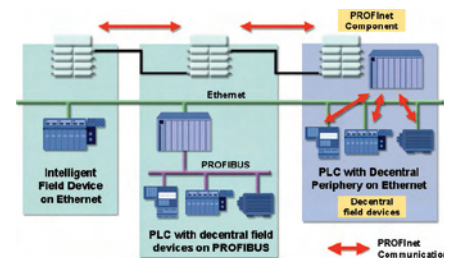
## Optymalizacja przesyłania danych z wykorzystaniem priorytetów

Obok minimalizacji stosu komunikacyjnego w sterowniku programowalnym w systemie PROFINet zoptymalizowano także przesyłanie danych w sieci. W tym celu przesyłane pakiety posiadają wskaźniki priorytetu zgodne

z IEEE 802.1Q. Przepływ danych pomiędzy urządzeniami sterowany jest w oparciu o te wskaźniki. Wskaźnik o wartości 6 jest standardowo stosowany do danych czasu rzeczywistego. Zapewnia to priorytet w stosunku do innych aplikacji, np. telefonii internetowej o wskaźniku 5.

## Izochroniczny protokół czasu rzeczywistego

Wymienione wcześniej rozwiązania do przesyłania danych czasu rzeczywistego są niewystarczające w aplikacjach sterowania numerycznego (*Motion Control*). Zastosowania takie wymagają okresów odświeżania na poziomie 1 ms z dokładnością dla kolejnych cykli równe 1  $\mu$ s dla stu węzłów. Dla sprostania tym wymaganiom PROFINet definiuje transmisje z metodą *time-slot-controlled* (sterowanie za pomocą szczeliny czasowej) w protokole warstwy 2 dla Fast Ethernet.



Rys. 17. Komunikacja PROFINet pomiędzy komponentami PROFINet i urządzeniami PROFINet IO

Dzięki synchronizacji czasowej urządzeń (komponentów sieciowych oraz urządzeń PROFINet) ze wspomnianą wcześniej dokładnością, w sieci można zdefiniować szczelinę czasową, podczas której są przesyłane kluczowe dane. Cykl komunikacyjny podzielony jest na część deterministyczną oraz część otwartą. Cykliczne telegramy czasu rzeczywistego są przesyłane kanałem deterministycznym, natomiast telegramy TCP/IP kanałem otwartym. Proces ten jest porównywalny z ruchem na autostradzie, na której lewy pas jest przeznaczony dla ruchu o znaczeniu krytycznym (czasu rzeczywistego) i nie mogą z niego korzystać inni użytkownicy (ruch TCP/IP). Wszelkie problemy na prawym pasie nie wpływają na ruch na pasie lewym.

## Aktualności

- **PEWNOŚĆ W POMIARZE TEMPERATURY – ADAM-4015T.** ADAM-4015T jest 6-cio kanałowym modulem AI, obsługującym termistory 3k i 10k i należącym do serii urządzeń zdalnej akwizycji danych i sterowania – ADAM-4000 firmy Advantech. Wszystkie wejścia są typu różnicowego, a ich rozdzielczość to 16 bitów. Pomiar może być dokonywany z częstotliwością 10 próbek na sekundę.
- **MODUŁ KOMUNIKACJI „MASTER” – PROFIBUS DP/FMS – AD-CIF104-PB.** Firma Advantech jest producentem modułu PC/104 – AD-CIF104-PB, który pełni rolę komunikacji w sieci PROFIBUS DP/FMS. Moduł jest odpowiednikiem karty PCI o nazwie AD-CIF50-PB i posiada bardzo podobne cechy.
- **MOXA EDS-316 – 16 PORTOWY PRZEMYSŁOWY SWITCH ETHERNETOWY.** EDS-316 to nowa rodzina switchy przemysłowych znanego producenta wysokiej jakości urządzeń sieciowych – firmy MOXA. Niewątpliwym atutem przełączników tej serii jest duża liczba interfejsów umożliwiającą jednoczesne bezpośrednie podłączenie do 16 urządzeń Ethernetowych.
- **PEŁNA KONTROLA RUCHU LINIOWEGO I OBROTOWEGO – PCI-1243U.** PCI-1243U jest kartą sterującą czterema silnikami krokowymi, oferowaną przez firmę Advantech. Zgodność ze standardem PCI umożliwia zainstalowanie karty zarówno w specjalizowanych urządzeniach kontroli, jak i w zwykłych komputerach klasy PC.
- **MOXA UC-7408-CE – WBUDOWANY KOMPUTER PRZEMYSŁOWY.** UC-7408-CE to małych rozmiarów, energooszczędny oraz niezwykle niezawodny (m.in. platforma RISC, brak elementów ruchomych) wbudowany komputer przemysłowy firmy Moxa.
- **ZEWNETRZNY MODUŁ LICZNIKÓW Z IZOLACJĄ – ADAM-4080D.** Advantech jest producentem modułów serii ADAM-4000, które stanowią uniwersalny, rozproszony system akwizycji danych i sterowania/regulacji. Moduł ADAM-4080D jest dwukanałowym licznikiem, mającym zastosowanie we wszelkich układach monitorujących obiekty, w systemach ochrony, automatyce budynków, laboratorium, etc.
- **„SBC86804” – JAK BARDZO CENISZ BEZPIECZEŃSTWO W SIECI?** Najnowszy komputer przemysłowy firmy AXIOMTEK – SBC86804 – to płyta serwerowa o wymiarach 427,8x300mm. Nowy produkt oferuje 4 porty Gigabit Ethernet na magistrali PCI-Express oraz 4 kanały S-ATA.

## Sklep internetowy

Zapraszamy do zakupów w nowym sklepie internetowym branży automatyki przemysłowej – <http://sklep.sterowniki.pl>.  
**Ceny niebezpiecznie niskie!**

## Wiedza

- **EDS-518A – REDUNDANTNY, GIGABITOWY PRZEMYSŁOWY SWITCH ETHERNETOWY.** MOXA EDS-518A to seria przemysłowych switchy Ethernetowych znanego producenta wysokiej jakości urządzeń do przemysłowych sieci Ethernet – firmy Moxa. Seria EDS-518A to przełączniki przeznaczone głównie do zastosowań w kluczowych miejscach instalacji, gdzie jest wymagane zbudowanie niezawodnej sieci Ethernet w oparciu o połączenia z prędkością 1 Gigabit/s (Gigabit Turbo Ring). Bardzo cenną cechą switchy tej serii jest ponadto bardzo bogata gama zaimplementowanej funkcjonalności, umożliwiająca inteligentne i deterministyczne działanie sieci Ethernet (np. QoS, IGMP Snooping/GMRP, VLAN, Port Trunking, SNMP V1/V2c/V3, IEEE 802.1X oraz https/SSL). Switche serii EDS-518A zostały wyposażone w 16 portów Ethernet 10/100BaseT(X) (opcjonalnie 14 portów 10/100BaseT(X) + 2 porty 100BaseFX) oraz w dwa porty Gigabitowe (10/100/1000BaseT(X) lub po dołożeniu modułów w porty światłowodowe).

## Pliki

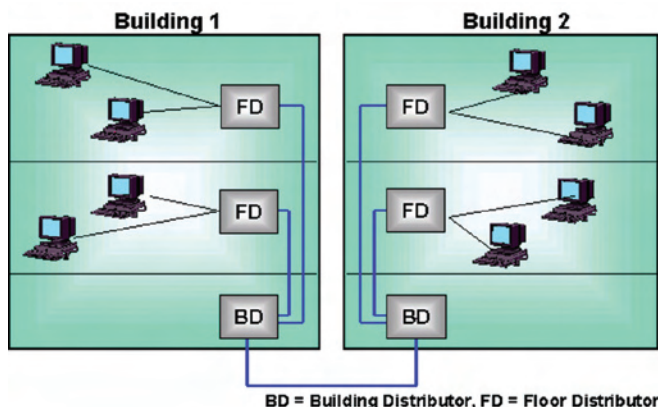
- **TwinCAT PLC.** TwinCAT przekształca komputery PC w wielozadaniowe sterowniki czasu rzeczywistego. Dzięki wykorzystaniu jądra czasu rzeczywistego standardowego systemu Windows, uzyskujemy determinizm czasowy wykonywania pętli programowej, niezależnie od jej długości, co nie jest osiągalne podczas klasycznego przetwarzania kodu programu przez sterowniki PLC.

## Partnerzy



## Redakcja

sterowniki.pl Sp. z o.o.  
tel. 022 499 88 39  
[www.sterowniki.pl](http://www.sterowniki.pl)  
e-mail: [sterowniki@sterowniki.pl](mailto:sterowniki@sterowniki.pl)



Rys. 18. Struktura sieci Ethernet w biurze – zazwyczaj jest to gwiazda

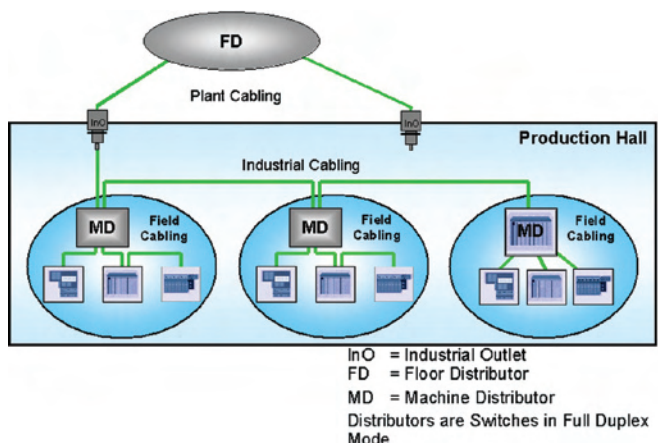
## Komunikacja PROFINet IO

Do inicjalizowania wymiany danych, przypisywania parametrów oraz diagnostyki w sieci PROFINet IO wykorzystywane są funkcje RPC bazujące na UDP/IP. Dzięki otwartemu i standardowemu protokołowi RPC stacje operatorskie i systemy inżynierskie (IO-Supervisors) mają dostęp do urządzeń IO-Devices PROFINet. Kanał czasu rzeczywistego jest wykorzystywany do przesyłania danych I/O oraz alarmów.

W typowej konfiguracji, sterownik IO-Controller wymienia cykliczne dane wej/wyj z kilkoma zdecentralizowanymi urządzeniami polowymi IO-Devices wykorzystując powiązania komunikacyjne. Podczas każdego czasu cyklu, dane wejściowe są wysyłane z przypisanych urządzeń polowych

do sterownika, a w odpowiedzi do konkretnych urządzeń polowych przesyłane są dane wyjściowe. Powiązania komunikacyjne monitorowane są poprzez kontrolę otrzymywanych cyklicznie informacji. Na przykład jeżeli ramka cyklu nie zostanie dostarczona w czasie trzech kolejnych cykli, sterownik uważa odpowiednie urządzenie IO-Device za uszkodzone.

Warstwa transmisji danych systemu PROFINet jest zdefiniowana w normie IEEE 802.3, która opisuje konfigurację protokołów oraz monitorowanie uszkodzeń. Telegram danych użytkownika zawiera co najmniej 64 bajty, maksymalnie może zawierać do 1500 bajtów. Całkowity nadmiar wynikający z przyjętego protokołu czasu rzeczywistego wynosi 28 bajtów



Rys. 19. Sieć Ethernet w przemyśle – najczęściej jest to linia



Fot. 20. Przykład wtyczki RJ45 z IP20

## Komunikacja pomiędzy komponentami

Z poziomu komponentów PROFINet, DCOM (Distributed COM) został określony jako współdzielony protokół oparty na bazie TCP/IP do komunikacji pomiędzy komponentami PROFINet. Technologia DCOM stanowi rozszerzenie COM (Component Object Model) o obiekty rozproszone oraz ich współpracę poprzez sieć, bazując na standaryzowanym protokole RPC. PROFINet wykorzystuje tę technologię zarówno do wymiany danych z systemami inżynierskimi (diagnostyka, parametryzacja, konfiguracja), jak i do ustanawiania połączeń i przesyłania danych użytkowych.

Technologia DCOM nie jest jedyną możliwością wymiany danych pomiędzy komponentami PROFINet. Określenie czy dane są wymieniane poprzez DCOM, czy kanał czasu rzeczywistego jest dokonywane przez użytkownika. W momencie kiedy urządzenia zestawiają komunikację mogą przyjąć konieczność korzystania z protokołu czasu rzeczywistego. Niektóre z modułów maszyny lub instalacji mogą wymagać własności czasowych, które nie mogą być spełnione przez TCP/IP czy UDP.

TCP/IP oraz DCOM tworzą wspólny „język”, który jest używany do rozpoczęcia komunikacji pomiędzy urządzeniami. Kanał czasu rzeczywistego jest wtedy wykorzystywany do komunikacji pomiędzy poszczególnymi węzłami sieci w aplikacjach krytycznych czasowo. Poprzez narzędzie konfiguracyjne użytkownik może zdecydować o jakości obsługi przez ustawienie częstości zmian, tzn. czy wartości procesowe są przesyłane cyklicznie podczas pracy, czy tylko w przypadku ich zmiany. Transmisja cykliczna jest korzystniejsza w przypadku wartości szybkozmiennych, ponieważ sprawdzenie, czy nastąpiła zmiana i reakcja na nią powoduje większe obciążenie procesora niż przy przesyłaniu cyklicznym.



Fot. 21. Przykład wtyczki RJ45 z IP67

## Instalacja sieci

Międzynarodowy standard ISO/IEC11801 oraz odpowiadająca mu europejska norma EN50173 określają niezależną od aplikacji, standardową sieć informatyczną dla budynków. Te dwa standardy są w dużej części identyczne i zakładają, że rozpatrywane budynki są wykorzystywane jako biura o przeznaczeniu ogólnym.

Żaden z tych standardów nie bierze pod uwagę wymagań jakie napotyka instalacja sieci Ethernet w środowisku przemysłowym. Na przykład:

- Zależne od instalacji prowadzenie okablowania.
- Różne poziomy sieci dla maszyn lub instalacji.
- Sieci o topologii liniowej.
- Wzmacniane, przemysłowe odmiany kabli oraz złącz projektowane aby sprostać wymaganiom odnośnie EMC, zakresu temperatur, zanieczyszczeń, drgań.

Z tego powodu opracowano dokumentację PROFINet Installation Guideline opisujący przemysłowe okablowanie dla sieci Fast Ethernet bazujące na normie IEC11801.

## Topologia sieci

Możliwe topologie zależne są od wymagań poszczególnych stacji, które należy połączyć w sieci. Najczęściej wykorzystywanymi strukturami sieci są: gwiazda, linia, drzewo oraz pierścień. W praktyce budowane systemy stanowią połączenie podanych struktur. Sieci mogą być budowane z wykorzystaniem zarówno kabli miedzianych jak i światłowodowych.

## Gwiazda

Struktura gwiazdy charakteryzuje się występowaniem centralnego dyspozytora sygnału (switch), z którego wykonane są połączenia do pozostałych urządzeń. Zastosowaniem sieci o strukturze gwiazdy ma miejsce w przypadku dużej ilości urządzeń, przy stosunkowo małej odległości pomiędzy nimi, np. małe gniazda produkcyjne, pojedyncza maszyna.

## Drzewo

Topologię drzewa stanowi kilka połączonych struktur gwiazdy. Możliwe jest wykorzystywanie zarówno skrętki miedzianej jak i kabli światłowodowych zależnie od potrzeb. Strukturę drzewa wykorzystuje się do podzielenia złożonych instalacji na mniejsze segmenty.

# obudowy OKW

www.okw.com



Do ręki



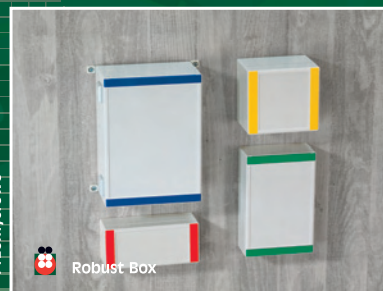
Do powieszenia



Na biurko



Pulpity



Przemysłowe

dostarcza:



nadajemy kształt elektronice  www.lcel.com.pl

www.lcel.com.pl

LC ELEKTRONIK tel:(22)569 53 00 fax:(22)569 53 10 e-mail:lcel@lcel.com.pl

## Linia

Struktura linii jest budowana najczęściej przez wykorzystanie switcha w pobliżu innego urządzenia sieciowego lub switcha zintegrowanego z urządzeniem sieciowym. Topologia ta jest przede wszystkim używana do systemów rozległych np. systemy przenośników, oraz do tworzenia połączeń pomiędzy komórkami produkcyjnymi.

## Pierścień (redundantny)

Struktura pierścieniowa powstaje przez zamknięcie końców struktury liniowej. Topologia pierścieniowa jest używana do systemów o wysokich wymaganiach niezawodności w celu ochrony przed przerwaniem linii lub uszkodzeniem elementu sieciowego.

## Okablowanie sieci PROFINet

Kable sieciowe w wykonaniu przemysłowym mogą być poddawane znacznym obciążeniom mechanicznym i są właśnie specjalnie projektowane aby sprostać takim wymaganiom. Organizacja Profibus International zdefiniowała zakres różnych typów kabli przeznaczonych do stosowania w specyficznych środowiskach spotykanych w przemyśle. Dzięki wystarczającym rezerwom systemu sieciowego, długości sieci w typowych instalacjach przemysłowych nie stanowią ograniczeń.

System okablowania tworzą przewody oraz złącza. Tylko elementy sieciowe, które zostały przetestowane oraz wypróbowane, otrzymują oznaczenie potwierdzające zgodność z PROFINet.

Wymagania stawiane okablowaniu na poziomie polowym są podobne do wymagań znanych dla sieci PROFIBUS. Ze względu na fakt, iż stacje posiadają nie tylko interfejs dla danych, ale również wymagają zasilania napięciem 24 V, najlepsze rozwiązanie stanowi hybrydowa struktura okablowania. Kabel hybrydowy zawiera przewody do komunikacji oraz do zasilania. Kable te są dostępne jako Cu/FOC (2 włókna optyczne dla danych oraz 4 przewody dla zasilania) oraz Cu/Cu (4 przewody dla danych oraz 4 przewody dla zasilania)

Kable światłowodowe są przeznaczone głównie do środowisk o silnych polach elektromagnetycznych oraz pozwalają zwykle na budowę bardziej rozległych struktur niż kable miedziane.



Rys. 22. Przykład połączenia hybrydowego RJ45 z IP67

## Okablowanie systemu PROFINet za pomocą symetrycznego kabla miedzianego

Transmisja poprzez kable symetryczne miedziane prowadzona jest zgodnie ze standardem 100BASE-TX przy prędkości 100 Mb/s (Fast Ethernet). Medium transmisyjne stanowią dwie skręcane pary przewodów miedzianych w ekranie (STP).

Dopuszcza się wyłącznie stosowanie kabli oraz złącz ekranowanych. Poszczególne elementy sieci muszą spełniać wymagania kategorii 5, zgodnie z IEC11801. Cała sieć musi spełniać wymagania klasy D wspomnianej normy. Przekrój przewodów miedzianych wynosi AWG 22, zapewniając niskie tłumienie i pozwalając na budowę kompleksowych rozwiązań sieciowych. Specyfikacja kabli dla systemu PROFINet oparta jest na strukturze modułowej instalacji, zapewniającej zgodność z wymogami IEC11801 oraz pozwala na uproszczenie montażu.

System złącz obejmuje standardy RJ45 oraz M12. Podłączenie stacji ma formę wtyku. Kable przyłączeniowe (kable terminali) są dostarczane ze złączami na obydwu końcach, które mogą być konfekcjonowane z odpowiednim kablem sieciowym AWG 22.

Wszystkie urządzenia są połączone poprzez aktywne elementy sieciowe. PROFINet wykorzystuje do tego celu switche. Specyfikacja elementów sieciowych zapewnia ich nieskomplikowaną instalację. Kable komunikacyjne są dostarczane jako prefabrykowane ze złączami na obu końcach. Są to kable „proste” – niekrosowane. Maksymalna długość segmentu sieciowego wynosi 100 m.

## Okablowanie światłowodowe

PROFINet może wykorzystywać zarówno kable światłowodowe jedno- jak i wielomodowe. Transmisja danych odbywa się za pomocą linii o dwóch włóknach światłowodowych według standardu 100BA-

SE-FX z prędkością 100 Mb/s. Interfejs optyczny jest zgodny z ISO/IEC9314-3 (wielomodowy) oraz ISO/IEC 9314-4 (jednomodowy).

W przypadku instalacji poza szafami sterowniczymi płaszcz kabli musi spełniać wymagania (mechaniczne, chemiczne, temperaturowe) charakterystyczne dla danego środowiska instalacji.

Maksymalna długość segmentu linii światłowodu wielomodowego może wynosić 2 km. Dla linii opartej na włóknach jednomodowych długość nie może przekroczyć 14 km.

## Złącza

Jako złącza dla systemu PROFINet wykorzystywane są dobrze znane standardy RJ45 oraz M12. Umożliwiają one prosty montaż już na obiekcie, wykorzystując łatwo dostępne narzędzia.

Do połączeń wewnątrz szaf aparaturowych służą przede wszystkim, zgodne z wykorzystywanym poza przemysłem standardem, złącza RJ45 ze stopniem ochrony IP20. Połączenia poza szafami muszą spełniać wysokie wymagania biorąc pod uwagę środowisko instalacji. W takich przypadkach używa się złącz RJ45 ze stopniem ochrony IP65 lub IP67 oraz złącz M12.

Złącza RJ45 o stopniu ochrony IP65/IP67 są wyposażone we wzmacnianą obudowę z zatraskowym zamkiem chroniącym przed wypadnięciem wtyku z gniazda. Dostępne są również podobne modele o stopniu ochrony IP68.

Złącza RJ45 dla systemu PROFINet występują w wersjach 4 oraz 5 określonych w normie IEC 61076-3-106.

Złącze M12 używane w systemie PROFINet jest wersją ekranowaną z kodem D określoną w normie IEC 61076-2-101.

Podstawowym typem wtyku dla sieci światłowodowej jest wtyk (dupleksowy) typu DC zgodny z ISO/IEC 11801. Gniazdo jest opisane w IEC 60874-14. Urządzenia są dostarczane z gniazdem oraz kablem połączeniowym zakończonym wtykiem. Istnieje również możliwość używania złącz BFOC/2.5 zgodnych z IEC 60874-10.

**PROFIBUS PNO Polska**  
[www.profibus.org.pl](http://www.profibus.org.pl)