

Magistrala MOST

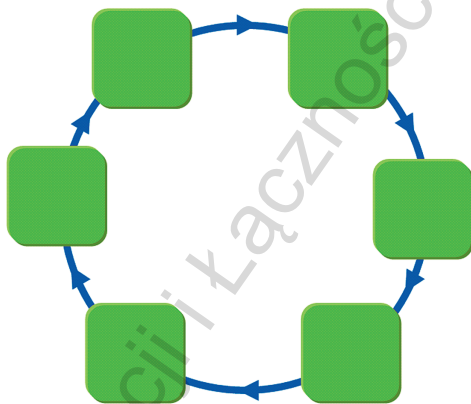
Magistrala MOST (ang. *Media Oriented System Transport*) jest stosowana w pojazdach samochodowych przede wszystkim do łączenia w sieć systemów informatycznych i multimedialnych (ang. *Infotainment*), ponieważ umożliwia bardzo dużą szybkość transmisji danych. Współczesne magistrale MOST (MOST-25) działają z szybkością transmisji bitowej do 25 Mbit/s, przy czym w samochodzie Mercedes typu W211 magistrala osiąga szybkość transmisji brutto 22 Mbit/s, a w modelu Audi A8 – maksymalną szybkość 21,2 Mbit/s. W samochodzie Toyota Lexus producent instaluje magistralę MOST-50, która może pracować z szybkością transmisji danych do 50 Mbit/s. Jeszcze nowsze magistrale MOST powinny transmitować dane z szybkością do 150 Mbit/s.

Magistrala MOST stanowi twórcze rozwinięcie magistrali D2B, która była często stosowana w samochodach Mercedes. W celu rozwoju magistrali MOST utworzono konsorcjum (MOST Cooperation, www.mostcooperation.com), do którego należą m.in. Audi, BMW, Mercedes, Volkswagen, Porsche, Bosch, Vector i wiele innych firm. Wspólnie opracowują one specyfikacje dla systemu magistrali MOST.

8.1. Sieci światłowodowe

Magistrala MOST zwykle jest budowana w topologii pierścieniowej. Oznacza to, że dane zawsze są tak długo przekazywane od jednego sterownika do następnego, aż dotrą do sterownika, który je wysłał na magistralę (rys. 8.1). Transmisja danych przebiega wyłącznie w jednym kierunku. Przy tym w jednym systemie mogą być zainstalowane najwyżej 64 sterowniki.

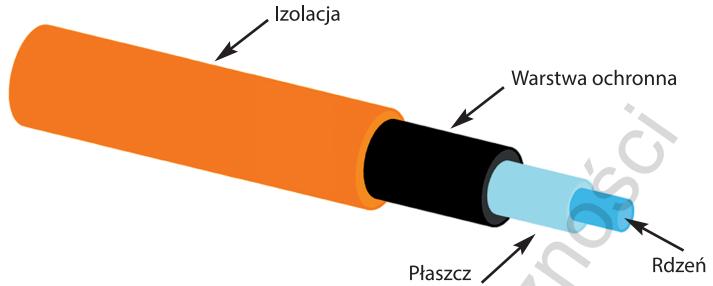
Teoretycznie ten system magistrali może być instalowany w dowolnej innej topologii, jak również może zostać wykonany w wersji z przewodami elektrycznymi albo ze



Rys. 8.1. Magistrala MOST o topologii pierścieniowej

światłowodami. Jednakże dla tego systemu ustaliła się już pierścieniowa konfiguracja sieci z połączeniami za pomocą światłowodów. Zaletą transmisji danych za pomocą światłowodów polega na tym, że zakłócenia elektromagnetyczne nie mają żadnego wpływu na przekazywanie danych. Ponadto ten sposób transmisji sam też nie wytwarza zakłóceń. Transmisja odbywa się za pośrednictwem sygnałów świetlnych, które są przekazywane od jednego sterownika do drugiego. W samochodach osobowych stosuje się światłowody polimerowe, które podczas transmisji wykazują wprawdzie większe straty (tłumienie sygnału) w porównaniu ze światłowodami z włóknem szklanym, ale za to mogą być zaginane na mniejszym promieniu.

Ponadto sygnały optyczne mogą być transmitowane także wzdłuż zagiętego kabla, do czego wykorzystuje się zjawisko całkowitego odbicia. Występuje ono wtedy, kiedy wiązka światła wychodząca z materiału o dużej gęstości optycznej pada pod możliwie płaskim kątem na powierzchnię z materiału o mniejszej gęstości optycznej. Rdzeń światłowodu jest wykonany z przezroczystego materiału. Rdzeń jest

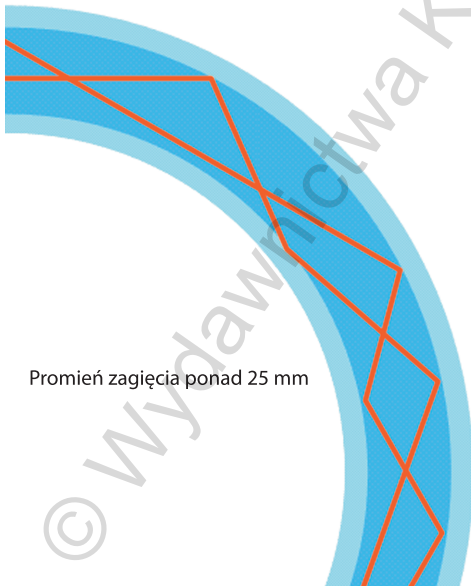


Rys. 8.2. Budowa światłowodu

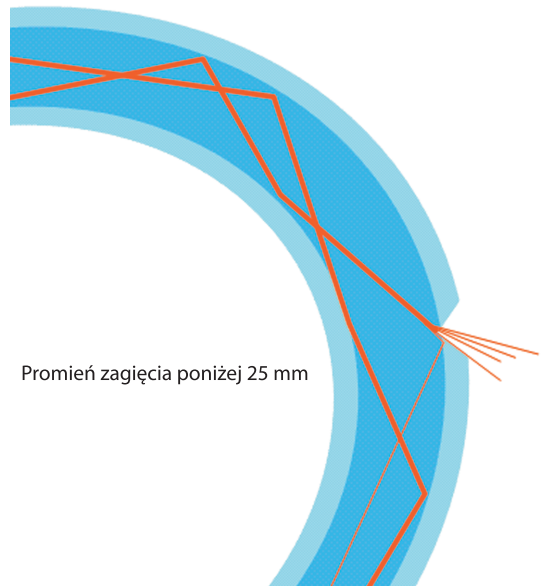
otoczony przez płaszcz ochronny wykonany także z przezroczystego materiału, przy czym materiał rdzenia ma większą gęstość optyczną niż materiał płaszcz ochronnego. Przezroczysty płaszcz ochronny wokół rdzenia jest pokryty warstwą lakieru ochronnego, wokół której występuje kolejna osłona kabla (rys. 8.2). Jeżeli teraz na rdzeń zostanie skierowany sygnał świetlny ze sterownika, to ten sygnał przemieszcza się wzdłuż światłowodu. Jeżeli kabel światłowodowy ma zagięcie, to światło odbija się od powierzchni granicznej i zachodzi odbicie całkowite. Promień krzywizny kabla nie może być mniejszy niż 25 mm.

Przy krzywiznach o mniejszym promieniu materiał kabla może ulec uszkodzeniu. Ponadto przestaje wówczas zachodzić zjawisko całkowitego odbicia, ponieważ wiązka światła trafia na powierzchnię między rdzeniem a płaszczem pod zbyt ostrym kątem. Światło może częściowo uchodzić z przewodu i przez to dochodzi do tłumienia sygnału w przewodzie (por. rys. 8.3 i 8.4).

W tym przypadku przez tłumienie rozumie się straty powstające podczas transmisji światła. Występują one zarówno w światłowodzie, jak i w połączeniach (złączach) wtyczkowych. Wielkość tych strat określa współczynnik tłumienia podawany w dB.



Rys. 8.3. Odbicie całkowite w kablu



Rys. 8.4. Uchodzenie światła w przewodzie o zbyt małym promieniu zagięcia

Współczynnik tłumienia (A) może być określony za pomocą pomiarów lub obliczeń. Jeżeli po transmisji światła jego wiązka dochodzi do odbiornika tylko z połową mocy sygnału, to tłumienie na odcinku transmisji jest równe 3 dB.

Współczynnik tłumienia można obliczyć za pomocą wzoru

$$A = 10 \lg (N_w/N_o)$$

gdzie:

N_w – moc wysyłana,

N_o – moc odbierana.

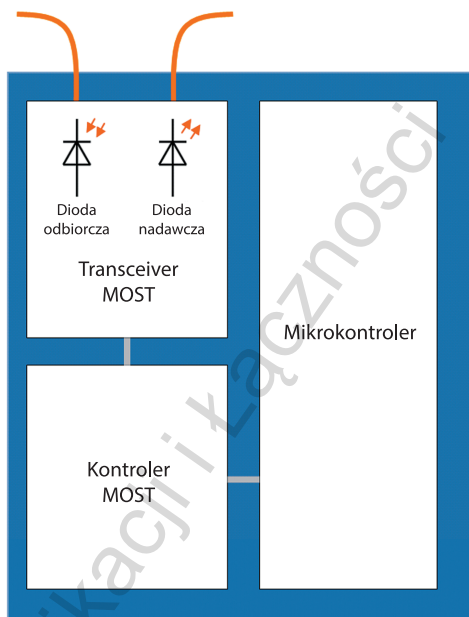
Tłumienie występuje w różnych miejscach drogi transmisji i jego wartości są dodawane, tworząc tłumienie całkowite, co można zapisać jako

$$A_c = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

8.2. Budowa sterowników MOST

Sterowniki do magistrali MOST (rys. 8.5) są zbudowane nieco inaczej niż na przykład sterowniki CAN. Wynika to już choćby z tego, że w magistrali MOST transmisja danych odbywa się za pośrednictwem zmodulowanej wiązki światła. Na wejściu sygnału danych sterownika MOST znajduje się fotodioda, a na wyjściu dioda LED (emitująca światło).

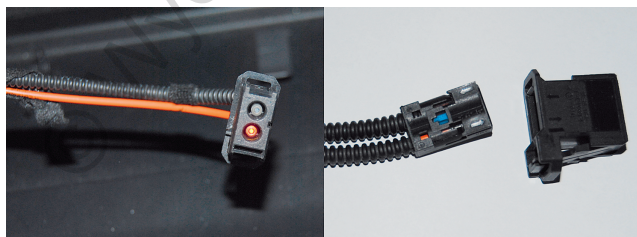
Dane optyczne są odbierane przez fotodiodę, a następnie, wspólnie z transceiverem MOST przetwarzane na sygnały elektryczne (transceiver – nadajnik/odbiornik). Sygnały te są przekazywane dalej wewnątrz sterownika przez kontroler MOST do mikrokontrolera sterownika i przetwarzane przez niego. Odbierane dane optyczne



Rys. 8.5. Budowa sterownika MOST

nie zawsze są najpierw przetwarzane na sygnały elektryczne, nawet wtedy, kiedy nie są użyteczne dla sterownika. W celu wysłania dane te są z powrotem przetwarzane w wiązkę światła przez transceiver MOST i diodę nadawczą (z reguły zwykłą diodę świecącą LED), a potem wysyłane do następnego sterownika magistrali.

Zaletą tej metody polega na tym, że wartości tłumienia w światłowodach się nie sumują. Jeżeli sterownik może odczytywać słabe sygnały świetlne i przetwarzać je w sygnały elektryczne, to sygnały te, po przetworzeniu danych, są wysyłane z pełną mocą wiązki do następnego sterownika. Przy tym wejście nie może zostać zamie-



Rys. 8.6. Wtyczka do sterownika MOST

nione z wyjściem sterownika. Aby światłowod został podłączony prostopadle do wejścia i wyjścia, przewody do sygnału wejściowego i wyjściowego są umieszczone razem w jednej wtyczce (rys. 8.6).

8.3. Zarządzanie magistralą

W systemie magistrali MOST powstają zróżnicowane zadania, które są przejmowane przez różne sterowniki. Jednym z zadań jest na przykład zarządzanie systemem. Do tego zadania należy wyłączenie magistrali, jak również wytwarzanie sygnałów taktujących, a także ustalanie szybkości transmisji oraz generowanie segmentów komunikatów. Diagnostowanie systemu magistrali, jak również połączenie z innymi systemami magistral są realizowane przez sterownik-menedżer diagnostowania systemu. Przeważnie to zadanie przejmuje centralny sterownik (Gateway), natomiast zarządzanie systemem magistrali MOST z reguły jest prowadzone przez jeden ze sterowników, który jest dołączony tylko do magistrali MOST.

System multimaster i master/slave

Magistrala CAN jest nazywana systemem multimaster, ponieważ każdy podłączony do niej sterownik ma prawo wysyłać dane na magistralę. Natomiast magistrala MOST działa w systemie master/slave. Oznacza to, że jeden ze sterowników podłączonych do magistrali, tzw. sterownik-master (sterownik nadrzędny) zarządza systemem i jest odpowiedzialny za wysyłanie komunikatów. W systemie magistrali MOST zawsze łączy się 16 komunikatów w jeden blok i wysyła jako blok (blok komunikatów jest nazywany także superramką). Rozmiar bloku jest zawsze taki sam, tzn. zawsze jest transmitowana ta sama liczba bajtów.

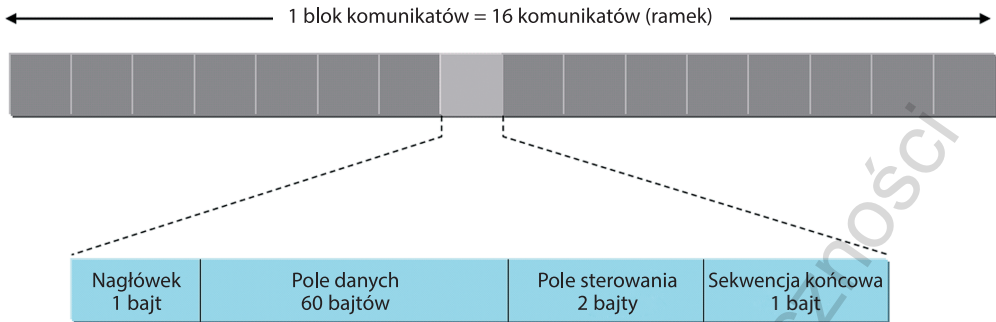
Jeżeli sterownik-master wysyła tylko jeden blok komunikatów, dla każdego sterownika-slave, czyli sterownika podległego, którym jest każdy sterownik inny niż master podłączony do tej magistrali, są przydzielone obszary wewnątrz komunikatu, zdefiniowane na stałe, w których wolno mu za-

pisywać swoje dane. Taka metoda nazywa się synchroniczną transmisją danych. Jeżeli któremuś ze sterowników slave nie wystarcza przydzielonego miejsca na dane, to musi te dane podzielić na części. Wówczas występuje asynchroniczna transmisja danych. Komplet danych jest zbierany, łączony w całość i przetwarzany przez odbiornik. Tę metodę przesyłania danych można porównać z pociągiem. Sterownik-master systemu wysyła pociąg i określa przy tym, do którego wagonu (komunikatu) mogą wsiąść określone osoby (dane od sterowników slave). Także miejsca wewnątrz wagonów są przydzielone. Ten „pociąg” startuje od sterownika zarządzającego systemem (sterownik-master) i do niego wraca. Uwaga: ten „pociąg” nigdy nie może być wysyłany sam przez siebie, ponieważ przybywa on tylko w określonych chwilach czasu.

8.4. Struktura bloków danych komunikatu MOST

Blok danych w systemie MOST składa się zawsze z 16 ramek, czyli 16 komunikatów (rys. 8.7). Długość jednego bloku (czas transmitowania) wynosi 363 μ s, a jednego komunikatu – 22,67 μ s. W szeroko rozpowszechnionym systemie MOST-25 jeden komunikat ma zawsze 64 bajty długości, w systemie MOST-50, który jest zainstalowany na przykład w samochodach Toyota Lexus, w tym samym czasie może być transmitowanych 128 bajtów. W systemie MOST-25 w jednym komunikacie może być transmitowanych 60 bajtów danych użytkownika, natomiast w systemie MOST-50 – 117 bajtów.

Ramka transmisyjna w MOST-25 zaczyna się zawsze od nagłówka. W nagłówku (ang. *Header*) przekazywane są m.in.: sygnał startu komunikatu, dane do synchronizacji oraz dodatkowe informacje dotyczące podziału danych na synchroniczne i asynchroniczne. Pole sterowania zawiera dane dotyczące sterowania. Sekwencja



Rys. 8.7. Format komunikatu MOST

końcowa (ang. *Trailer*) dostarcza dalszych informacji sterujących i tych o statusie ramki oraz umożliwia sprawdzenie, czy podczas transmisji nie wystąpił błąd danych.

zanim sterownik-master wstrzyma transmisję danych. Sterowniki na magistrali reagują na brak sygnału optycznego przez przejście w stan „uśpienia” (ang. *Sleep Mode*).

8.5. Start systemu

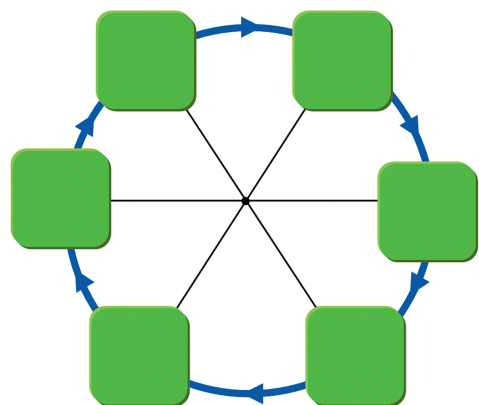
Każdy sterownik podłączony do magistrali MOST (sterownik-slave) jest w stanie „wybudzić”. W tym celu wysyła on specjalnie modulowaną wiązkę światła do następnego sterownika, który z kolei przekazuje go do kolejnego węzła tej sieci. Gdy sygnał dotrze do sterownika-master zarządzającego magistralą, wówczas wysyła on modulowany „sygnał-master”. „Sygnał-master” jest odczytywany kolejno przez wszystkie sterowniki na magistrali i również przekazywany dalej. Kiedy „sygnał-master” obiegnie magistralę (patrz rys. 8.1) i z powrotem dotrze do sterownika-master, sterownik ten wtedy wie, że wszystkie sterowniki na magistrali są w stanie „wybudzonym” i rozpoczyna transmisję danych.

8.6. Wyłączanie systemu

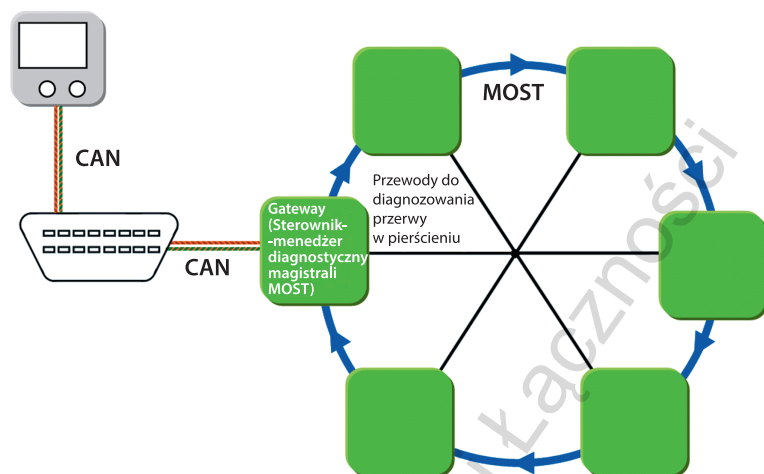
Gdy magistrala ma zostać wyłączona, sterownik-master wysyła modulowany sygnał do tego przeznaczony, który zawiadamia sterowniki na magistrali o operacji wyłączenia. Następnie sterownik-master czeka przez określony czas, w którym pozostałe sterowniki mogą przygotować wyłączenie,

8.7. Wykrywanie uszkodzeń magistrali MOST na przykładzie samochodu Audi A8

W pojazdach samochodowych magistrala MOST jest instalowana w konfiguracji pierścieniowej. Ponieważ transmisja danych w tej magistrali przebiega zawsze tylko w jednym kierunku, komunikacja nie bę-



Rys. 8.8. Okablowanie elektryczne do diagnozowania przerwy w pierścieniowym obwodzie światłowodowym



Rys. 8.9.
Połączenie
z testerem
systemu

dzie możliwa, kiedy magistrala w pewnym miejscu zostanie przerwana. Wtedy trzeba odsonić oraz sprawdzić wszystkie kable i sterowniki, ponieważ diagnozowanie sterowników odbywa się za pośrednictwem magistrali MOST. Aby ominąć ten warunek, do każdego sterownika połączonego magistralą MOST, oprócz światłowodów, są podłączone dodatkowe przewody elektryczne. Połączenia elektryczne tworzą system o konfiguracji gwiazdy (rys. 8.8).

Za pośrednictwem przewodów elektrycznych odbywa się tzw. diagnozowanie przerwy w pierścieniu, które można przeprowadzić za pomocą testera systemów pojazdu. Samodiagnozowanie systemu, takie jak odczytywanie rejestru błędów pojedynczych sterowników na magistrali, jest tu raczej niemożliwe. Sprawdza się tylko, czy:

- obwody elektryczne sterownika są sprawne;
- występuje napięcie zasilające sterownik,
- jest dostępne połączenie diagnostyczne,
- sterownik może odbierać sygnały optyczne.

Jeżeli pierścień jest przerwany, za pomocą testera systemów pojazdu sterownik-menedżer diagnostyczny magistrali MOST może przeprowadzić tzw. diagnozowanie przerwy w pierścieniu.

Na przewody elektryczne podaje się napięcie około 12 V. Przed rozpoczęciem diagnozowania przerwy w pierścieniu te-

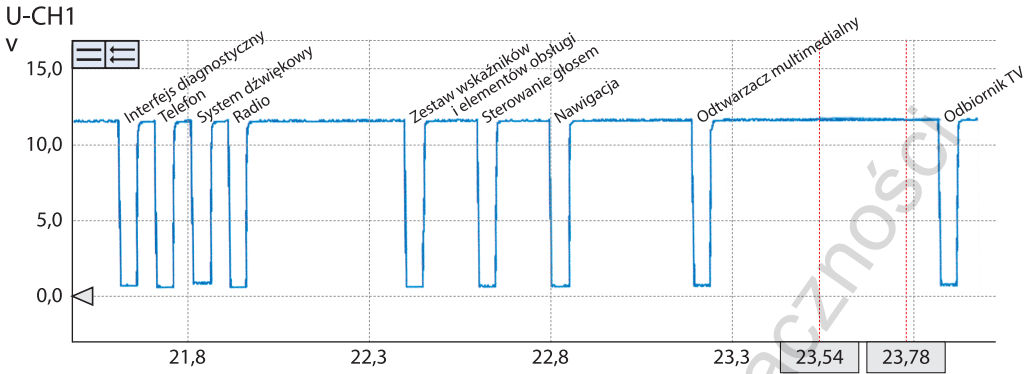
ster zmniejsza na kilka sekund napięcie na przewodach do wartości bliskiej 0 V. W tym czasie sterowniki podłączone do magistrali przygotowują się do diagnozowania. Po 10–15 sekundach sterownik-menedżer diagnostyczny wysyła rozkaz przeprowadzenia operacji diagnozowania (rys. 8.9). Od sterowników żąda on, aby:

- sprawdziły elektryczne napięcie zasilające,
- wysłały sygnał optyczny,
- sprawdziły, czy rozpoznają sygnał optyczny na swoich wejściach.

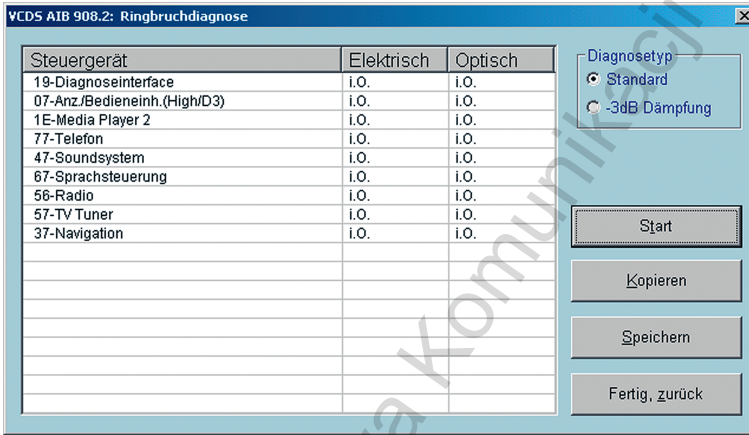
Potem każdy sterownik, w ustalonych odstępach czasu, wysyła sygnał zwrotny. Na podstawie odpowiedzi sterownik-menedżer diagnostyczny systemu może ustalić, czy każdy z pozostałych sterowników jest elektrycznie sprawny oraz czy odebrał on na wejściu sygnał optyczny.

Po wysłaniu rozkazu dokonania diagnozowania menedżer diagnostyczny z powrotem podaje napięcie około 12 V na przewody elektryczne magistrali. W dokładnie ustalonej chwili poszczególne sterowniki powinny wówczas wysłać swoje odpowiedzi (rys. 8.10 i 8.11).

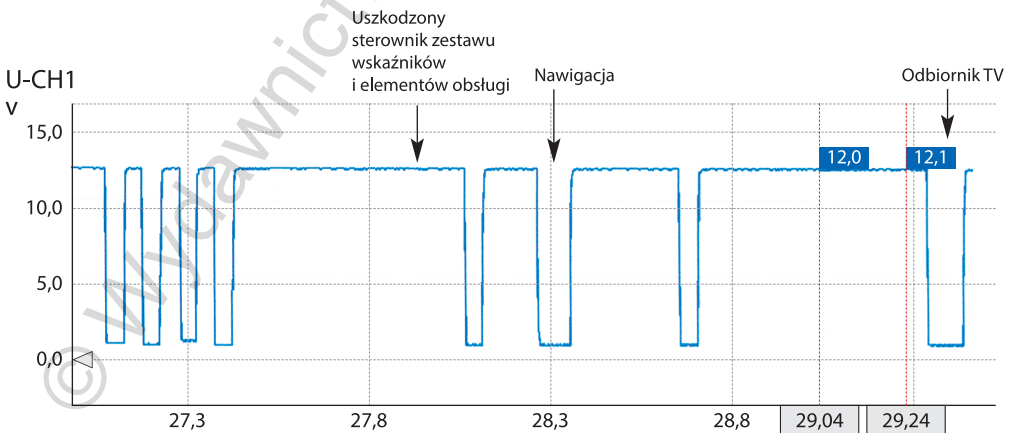
Na rysunku 8.12 widać, że sterownik zestawu wskaźników i elementów obsługi nie wysłał komunikatu zwrotnego. Na tej podstawie menedżer diagnostyczny może stwierdzić, że w tym sterowniku występuje uszkodzenie elektryczne. Może to ozna-



Rys. 8.10. Obraz poprawnej odpowiedzi sterowników



Rys. 8.11. Widok ekranu testera diagnostycznego



Rys. 8.12. Komunikaty zwrotne zawierające informacje o uszkodzeniach

czać, że napięcie zasilające ten sterownik nie jest prawidłowe lub ten sterownik nie otrzymał rozkazu przeprowadzenia diagnostowania przerwy w pierścieniu. W tym przypadku muszą zostać sprawdzone przewody diagnostyczne. Impulsy komunikatów zwrotnych sterowników nawigacji oraz odbiornika telewizyjnego są szersze od innych. Na tej podstawie menedżer diagnostyczny może ustalić, że obydwa te sterowniki zgłaszają uszkodzenie optyczne.

Gdy sterownik zgłasza uszkodzenie optyczne (rys. 8.13), oznacza to, że do wejścia optycznego tego sterownika nie dochodzi wiązka światła (sygnał optyczny). Wcześniej wszystkie sterowniki otrzymały rozkaz wysłania sygnału optycznego i je

wysłały, a sterownik odbiornika telewizyjnego nie mógł wysłać sygnału optycznego. Przyczynami uszkodzenia mogą być:

- uszkodzenie nadajnika optycznego,
- uszkodzenie przewodów między tym sterownikiem a odbiornikiem telewizyjnym,
- uszkodzenie wejścia odbiornika telewizyjnego.

Przyczyną sporadycznych usterek może być również za duże tłumienie sygnału optycznego na drodze sygnału między dwoma sterownikami. Aby to stwierdzić menedżer diagnostyczny może przeprowadzić diagnostowanie przerwy w pierścieniu w inny sposób. W rozkazie o diagnostowaniu przerwy w pierścieniu

Rys. 8.13. Lista uszkodzeń na ekranie testera diagnostycznego

Steuergerät	Elektrisch	Optisch
19-Diagnoseinterface	i.O.	i.O.
07-Anz./Bedieneinh.(High/D3)	Fehler	Fehler
1E-Media Player 2	i.O.	i.O.
77-Telefon	i.O.	i.O.
47-Soundsystem	i.O.	i.O.
67-Sprachsteuerung	i.O.	i.O.
56-Radio	i.O.	i.O.
57-TV Tuner	i.O.	Fehler
37-Navigation	i.O.	Fehler

Rys. 8.14. Diagnostowanie przerwy w pierścieniu za pomocą wiązki światła o połowie mocy

Steuergerät	Elektrisch	Optisch
19-Diagnoseinterface	i.O.	i.O.
07-Anz./Bedieneinh.(High/D3)	i.O.	i.O.
1E-Media Player 2	i.O.	i.O.
77-Telefon	i.O.	i.O.
47-Soundsystem	i.O.	i.O.
67-Sprachsteuerung	i.O.	i.O.
56-Radio	i.O.	Fehler
57-TV Tuner	i.O.	i.O.
37-Navigation	i.O.	i.O.

przesłanym do sterowników na magistrali informuje je zatem, że musi zostać przeprowadzony test optyczny za pomocą wiązki światła o połowie mocy znamionowej. Wówczas wszystkie sterowniki wysyłają słaby sygnał optyczny. Odczytanie sygnału przez następny sterownik w pierścieniu oznacza, że połączenie optyczne między danymi dwoma sterownikami jest sprawne. Jeżeli natomiast sterownik nie może odczytać sygnału wysłanego do niego, oznacza to, że tłumienie w połączeniu optycznym do tego sterownika jest zbyt duże.

Na rysunku 8.14 sterownik „Radio” zgłasza uszkodzenie optyczne podczas diagnozowania prowadzonego z połową mocy wiązki światła (3 dB). Oznacza to, że należy sprawdzić wszystkie połączenia optyczne, które prowadzą do sterownika „Radio”, a więc: wtyczkę przy sterowniku „Radio”, światłowód oraz wtyczkę przy sterowniku, który w pierścieniu magistrali znajduje się przed sterownikiem „Radio”.

Podsumowanie

Magistrala MOST wydaje się systemem bardzo kosztownym. W razie wyposażenia samochodu w pokładowe urządzenia wideo często jednak wykorzystuje się tę magistralę. Dane wideo można przesyłać również przewodami elektrycznymi, lecz wymaga to znacznie większej liczby przewodów i w rezultacie okazuje się także droższe w realizacji.

Magistrala MOST ma wiele zalet. Światłowody są nieczułe na zakłócenia elektromagnetyczne oraz nie wytwarzają zakłóceń. Ponadto jest ona bardzo niezawodnym systemem i można ją diagnozować w prosty sposób. Poza tym umożliwia przesyłanie wielkiej ilości danych z dużą szybkością. Wprawdzie podobną do magistrali MOST-25 szybkość transmisji można uzyskać w systemie FlexRay, lecz w niektórych aspektach system MOST jest znacznie korzystniejszy. Natomiast w magistrali MOST-150 szybkość transmisji będzie osiągała aż 150 Mbit/s, a więc wartość nieosiągalną dla innych systemów transmisji danych.