

1. Ogólna charakterystyka ćwiczenia

Okablowanie strukturalne stanowi uniwersalną infrastrukturę teleinformatyczną umożliwiającą realizację w sposób prosty i uporządkowany złożonych i niezawodnych systemów przesyłania informacji oraz energii elektrycznej w ramach różnych systemów instalowanych w obiektach budowlanych. Do systemów tych zaliczyć można m.in. komputerowe sieci lokalne, wewnętrzne sieci telefoniczne oraz różne systemy sterowania i nadzoru.

W zakresie przesyłania informacji współczesne systemy okablowania strukturalnego wykorzystują przede wszystkim dwa rodzaje mediów: czteroparowe skrętkowe miedziane kable nieekranowane oraz kable światłowodowe. Kable miedziane wykorzystywane są głównie do realizacji tzw. okablowania poziomego łączącego gniazda użytkowników poprzez krosownice z urządzeniami aktywnymi sieci takimi jak koncentratory, przełączniki, centrale telefoniczne. W małych sieciach są one także używane w całym okablowaniu. Natomiast podstawowym zastosowaniem światłowodów w okablowaniu strukturalnym jest obecnie tzw. okablowanie pionowe budynków łączące poszczególne części objęte okablowaniem poziomym oraz okablowanie międzybudynkowe.

Celem niniejszego ćwiczenia jest poznanie i badanie wybranych parametrów skrętkowych kabli miedzianych używanych w okablowaniu strukturalnym.

2. Przygotowanie do zajęć

Przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia należy zapoznać się z następującymi materiałami:

- Całość niniejszej instrukcji
- „Vademecum teleinformatyka II”, rozdział 27 („Testowanie okablowania”)
- Instrukcja obsługi testera LT 8100 firmy Wavetek

Informacje zawarte w podanych powyżej źródłach stanowią minimum wiedzy teoretycznej **niezbędnej** do przystąpienia i prawidłowego wykonania ćwiczenia.

3. Określenie badanych parametrów okablowania

Parametry miedzianych kabli skrętkowych używanych w systemach okablowania strukturalnego mogą być podzielone na trzy kategorie:

1. Parametry mechaniczne:

- mapa połączeń (*Wire Map*)
- długość toru transmisyjnego (*Wire Length*)

2. Parametry propagacyjne:

- stałoprądowa rezystancja pętli (*DC Resistance*)
- impedancja falowa (*Impedance*)
- pojemność elektryczna (*Capacitance*)
- tłumienie (*Attenuation*)
- straty odbiciowe (*Return Loss*)
- opóźnienie propagacji (*Delay*)
- rozrzut opóźnienia (*Delay skew*)

3. Parametry związane z kompatybilnością elektromagnetyczną:

- przesłuchy (*Crosstalks*)
- straty zakłóceń współbieżnych
- tłumienność sprzężeniowa
- impedancja sprzężeniowa

Poniżej podano znaczenie mierzonych w ramach ćwiczenia parametrów okablowania.

Mapa połączeń

Stanowi odwzorowanie rzeczywistego przebiegu przewodów pomiędzy złączami badanego kanału. Test ten umożliwia wykrycie takich nieprawidłowości jak nieciągłość łącza, zwarcie oraz istnienie par odwróconych, skrzyżowanych lub rozdzielonych.

Długość toru transmisyjnego

Stanowi informację o fizycznej długości toru przez który przesyłany jest sygnał. Znajomość tego parametru jest niezbędna do stwierdzenia zgodności wykonanego łącza z odpowiednimi normami. Bezpośredni pomiar tego parametru (np. taśmą mierniczą) jest bardzo utrudniony ponieważ po zainstalowaniu kabla zazwyczaj nie jest on bezpośrednio dostępny na całej długości, a skręcenie przewodów powoduje, że rzeczywista długość toru transmisyjnego jest inna (większa) od długości kabla. Dlatego pomiar tego parametru wykonywany jest metodą pośrednią, polegającą na pomiarze czasu transmisji impulsu elektrycznego przenoszonego w badanym torze. Ponieważ prędkość propagacji impulsu zależna jest od konstrukcji kabla i w typowych przypadkach zawarta jest w przedziale od 0.6 do 0.9 prędkości światła, pomiar tą metodą wymaga znajomości prędkości propagacji impulsu elektrycznego w danym kablu. Dlatego w mierniku należy podać parametr NVP (*Nominal Velocity of Propagation*) określający prędkość impulsu w stosunku do prędkości światła np. NVP=0.65. Miernik może też umożliwić wyznaczenie wartości NVP przy znanej długości kabla.

Rezystancja stałoprądowa pętli

Jest to rezystancja mierzona na jednym końcu toru po zwarcie drugiego końca.

Impedancja falowa (charakterystyczna)

Impedancja, której dołączenie na końcu kabla powoduje, że impedancja mierzona na wejściu kabla będzie taka sama jak dołączona na końcu. Parametr ten może być wyznaczony np. z czwórnikowego modelu linii transmisyjnej (patrz wykład z linii długiej).

Pojemność elektryczna

Jest to pojemność elektryczna występująca pomiędzy przewodami danej pary kabla. Zazwyczaj podawana jest w stosunku do jednostkowej długości kabla (np. pF/m).

Tłumienie

Jest to parametr określający straty poziomu sygnału w torze transmisyjnym.

Straty odbiciowe

Jest to parametr określający ile razy sygnał na wejściu toru jest większy od pojawiającego się na wejściu sygnału odbitego.

Opóźnienie propagacji

Jest to czas, w jakim impuls jest przenoszony z jednego końca toru na drugi.

Rozrzut opóźnienia

Jest to różnica pomiędzy największym i najmniejszym opóźnieniem, wyznaczana na podstawie zmierzonych opóźnień dla każdej z par.

Przesłuchy

Przesłuch jest to zjawisko polegające na przenikaniu sygnałów pomiędzy poszczególnymi parami przewodów w kablu. Przesłuchy mogą być charakteryzowane ilościowo m.in. przez następujące parametry:

NEXT (Near-End Crosstalk) – mierzony jako stosunek podanego napięcia testowego (U_1) do napięcia zaindukowanego w sąsiedniej parze przewodów (U_{2n}). Generowanie sygnału testowego i pomiar napięcia indukowanego są realizowane z tego samego końca kabla. Parametr ten powinien być mierzony osobno dla obu końców kabla.

$$NEXT = 20 \log \frac{U_1}{U_{2n}} \text{ [dB]}$$

PS NEXT (Power Sum Near-End Crosstalk) – jest to parametr określający wpływ sumarycznego pola od sygnału transmitowanego w trzech parach przewodów na sygnał indukowany w parze czwartej. Generowanie sygnałów testowych (U_{1a} , U_{1b} i U_{1c}) i pomiar napięcia indukowanego (U_{2n}) są realizowane z tego samego końca kabla. Parametr ten jest istotny w systemach wykorzystujących jednocześnie wiele par do transmisji sygnału.

$$PS NEXT = 20 \log \frac{\sqrt{U_{1a}^2 + U_{1b}^2 + U_{1c}^2}}{U_{2n}} \text{ [dB]}$$

EL FEXT (Equal-Level Far-End Crosstalk) – jest określany podobnie jak *NEXT*, ale poziom sygnału indukowanego jest mierzony na końcu odległym od generatora. Ponieważ sygnał, który dochodzi do końca toru ma poziom zmniejszony ze względu na tłumienie wyznaczana ekwiwalentna wartość *EL FEXT* jest korygowana o wartość tłumienia *ATTN*:

$$EL FEXT = (20 \log \frac{U_1}{U_{2f}}) - ATTN \text{ [dB]}$$

PS EL FEXT (Power Sum Equal-Level Far-End Crosstalk) - jest to parametr określający wpływ sumarycznego pola od sygnału transmitowanego w trzech parach przewodów na sygnał indukowany w parze czwartej. Generowanie sygnałów testowych (U_{1a} , U_{1b} i U_{1c}) i pomiar napięcia indukowanego (U_{2f}) są realizowane na przeciwnych końcach badanego kabla.

$$PS EL FEXT = (20 \log \frac{\sqrt{U_{1a}^2 + U_{1b}^2 + U_{1c}^2}}{U_{2f}}) - ATTN \text{ [dB]}$$

ACR (attenuation to crosstalk ratio) – jest to różnica pomiędzy *NEXT* i tłumieniem (*ATTN*) wyrażonymi w dB. Wartość *ACR* wskazuje, jak amplituda sygnału odbieranego z odległego końca toru będzie zakłócana przez przesłuchy bliskie.

PS ACR (Power Sum Attenuation to Crosstalk Ratio) – jest to różnica pomiędzy *PS NEXT* i tłumieniem (*ATTN*) wyrażonymi w dB.

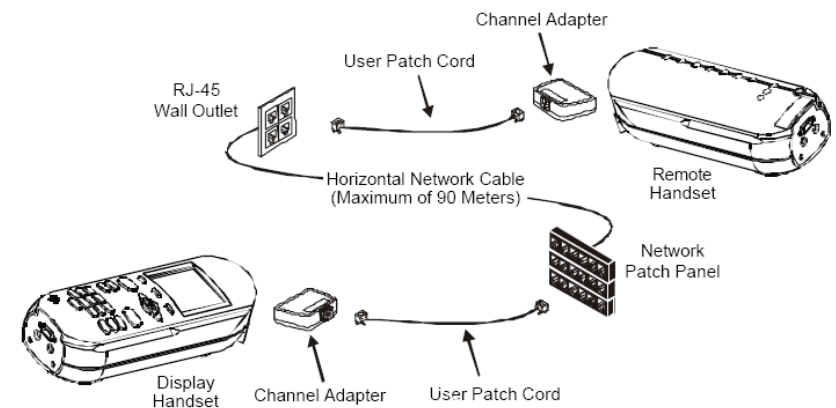
4. Charakterystyka testera okablowania typu LT 8100 firmy Wavetek

Tester okablowania LT 8100 umożliwia wykonywanie pomiarów parametrów łączy kablowych w zakresie częstotliwości do 100MHz. Składa się on z jednostki lokalnej wyposażonej w klawiaturę i wyświetlacz oraz jednostki zdalnej zawierającej diodowy wskaźnik stanu oraz przycisk wyłączający. Zasilanie testera może odbywać się z akumulatorów NiMH znajdujących się w obu jednostkach lub poprzez zasilacze sieciowe. Obie części testera (lokalna i zdalna) posiadają gniazda do przyłączania mierzonych kabli poprzez odpowiednie adaptery. Miernik wyposażony jest też w szeregowy port RS-232C umożliwiający przesłanie do komputera PC wyników wykonanych pomiarów.

W zakresie pomiarów kabli skrętkowych możliwe są dwie konfiguracje pomiarowe:

- pomiar łączy stałego (*basic link*) pomiędzy gniazdem ściennym, a gniazdem w krosownicy. Wówczas do pomiaru używa się adapterów zawierających odcinki kabla zakończone wtykami RJ-45.
- Pomiar całego kanału (*channel link*) pomiędzy wtykiem do karty sieciowej komputera, a wtykiem do urządzenia aktywnego (np. koncentratora). W porównaniu z pomiarem łączy stałego pomiar kanału uwzględnia więc także kable krosujące oraz kable przyłączeniowe komputerów. Do pomiaru parametrów całego kanału używane są adaptory zakończone gniazdami RJ-45.

Poniższy rysunek pokazuje konfigurację miernika dla pomiaru w trybie *channel link*.



5. Plan wykonywania ćwiczenia laboratoryjnego

Informacje pomocnicze

Aby uniknąć konieczności oczekiwania na dostateczne naładowanie akumulatorów w mierniku, w trakcie wykonywania ćwiczenia zaleca się zasilanie miernika ze znajdujących się w komplecie zasilaczy sieciowych.

Wykonanie ćwiczenia

1. Zapoznać się z budową miernika i jego wyposażeniem.
2. Wykonać kalibrację miernika. W tym celu należy połączyć obie części miernika poprzez łączówkę kalibracyjną i po włączeniu jednostki lokalnej miernika postępować zgodnie z komunikatami wyświetlanymi na ekranie jednostki lokalnej.
3. Wykonać kilka próbnych pomiarów parametrów jednego z dostępnych w laboratorium kabli. Należy przy tym wykorzystać zarówno funkcję testu

automatycznego jak i możliwość pojedynczego wykonywania wybranych pomiarów (opcja *Analyze*).

4. Wykonać pomiary mapy połączeń trzech krótkich kabli znajdujących się na stanowisku laboratoryjnym (kable w kolorach niebieskim, zielonym i czerwonym). Zinterpretować uzyskane wyniki. W szczególności należy wyjaśnić przyczynę negatywnego wyniku testu połączeń dla kabla czerwonego.
5. Wykonać pomiary podanych przez prowadzącego parametrów dla jednego z kabli w przypadkach:
 - kabla ułożonego luźno na podłodze,
 - kabla zwiniętego w zwój o średnicy ok. 20cm.

Określić, które parametry zmieniają się w sposób istotny przy zmianie sposobu ułożenia kabla.

6. Wykonać pomiary tych samych parametrów co w punkcie 5 dla kabla z wykonanymi na nim ścisłymi węzłami. Określić, które z mierzonych parametrów ulegają istotnemu pogorszeniu w wyniku silnego mechanicznego odkształcenia kabla.

Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy zamieścić schematy układów pomiarowych, wyniki wykonanych pomiarów oraz wnioski dotyczące wpływu ułożenia i stanu kabla na jego parametry.

6. Wymagania BHP

Zgodnie z podanymi na pierwszych zajęciach i potwierdzonymi przez studentów zasadami obowiązującymi w pomieszczeniu, w którym odbywają się ćwiczenia. Stosowny regulamin BHP jest też wywieszony w pomieszczeniu laboratorium.

7. Literatura

1. Praca zbiorowa: Vademecum teleinformatyka, tom II. Wydawnictwo IDG, Warszawa, 2002.
2. Instrukcja obsługi miernika LT 8100 firmy Wavetek (dostępna w laboratorium oraz do pobrania z internetowej strony laboratorium).