



Vigh Sándor József

Hálózatok mérési eljárásai

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Távközlési üzemi tevékenység

A követelménymodul száma: 0910-06 A tartalomazonosító száma és célcsoportja: SzT-005-50

HÁLÓZATOK MÉRÉSE

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

Elkészült egy távközlési hálózat fizikai kiépítése és szerelése szimmetrikus kábelek segítségével. A feladat a megrendelő részére átadni az új létesítményt és ehhez az előírt méréseket végrehajtani.

Ismertesse kollégáival a végrehajtandó mérési eljárásokat!

SZAKMAI INFORMÁCIÓK

1. Mérések felosztása

A hálózatépítés célja egy jó minőségű összeköttetés megvalósítása. Ahhoz, hogy ezt biztosítani lehessen, meg kell győződni a helyes működésről, a kiépített kapcsolat minőségéről. Ez azt jelenti, hogy mérésekre van szükség, melyek bizonyítják az átviteli paraméterek megfelelő betartását, a hálózat előírt tulajdonságait.

Ebben a jegyzetben megvizsgáljuk a fizikai hálózat mérési előírásait és a mérés elveit és az alkalmazott eszközeit. Mielőtt részletesen ismertetésre kerülnének a mérési elvek, határozzuk meg, mikor kell méréseket végezni. Az alábbi eseteket különböztetik meg:

- gyári mérések,
- kiépítés–telepítés mérései,
- átadás–átvételi mérések,
- üzemeltetés–fenntartási mérések,
- hibahelykeresés,
- tanúsító, minősítő mérések.

A gyári mérések az építés szempontjából azért fontosak számunkra, mert az eszközökhöz mellékelik ezek eredményeit. Ezért lemérni újból csak probléma esetén kell. Ráadásul ezekhez sok esetben speciális eszközökre is szükség van.

Az építés, beruházás folyamán szükség van mérésekre. Vannak olyan esetek, melyeknél nem elegendő az átvételkor a méréseket elvégezni, ilyen például a kötések előtt az egyes illesztések minőségének ellenőrzése. Amennyiben ezt a legvégén a teljes szakasz kiépítését követően végeznék el, hiba esetén az egész kötetést lehetne előlről kezdeni, az adott helyszínre újra kitelepülni. Ide tartoznak a bekötéshez szükséges azonosító mérések is.

Egy beruházás, egy kiépített szakasz elkészültét és annak minőségi igazolását jelentik az átadás-átvételi mérések. Ez alapján veszi át a megrendelő az építőktől a kész „terméket”, esetünkben a kiépített hálózatot. Itt nem csak a paraméterek igazolásáról van szó, hanem a teljesítményének a biztosításáról is. Ez azt jelenti, hogy hosszú idejű méréseket is kell végezni annak igazolására, hogy folyamatos működésre alkalmas a hálózat. Tipikus a 72 órás időtartamú mérés, de létezik – például központok esetében – 1 hónapig tartó minősítő eljárás.

Az elkészült beruházásokat a későbbiekben is folyamatosan ellenőrizni kell. Ezeket nevezik üzemeltetés-fenntartási méréseknek. Például az optikai hálózatokon üzem közben az úgynevezett sötétszálon vizsgálják az átviteli paramétereket.

Egy nagyon fontos területe az üzemeltetésnek a hibahelykeresés. Ez egy összetett folyamat. Sok esetben mérésekkel határozzák meg a hiba pontos helyét. Ezt követően helyre kell állítani az összeköttetést. Legvégül az adott szakaszt, elemet újra le kell mérni hasonlóan, mint az átadás-átvételi mérések esetében.

Vannak olyan mérések is, melyeket nem biztos, hogy a telepítés közben végeznek el. Ilyenek lehetnek olyan speciális tanúsítványok, paraméterek beszerzése, igazolása, amely egy későbbi bővítést, új technológiára történő átállást, installálást tesznek lehetővé. Ilyen például egy kiépített működő hálózat vizsgálata abból a szempontból, hogy egy új átviteli mód bevezetésekor alkalmazható-e, vagy korlátozottan alkalmas, vagy cserére szorul.

A másik fontos kérdés, hogy melyik esetben mit kell mérni. Ha mindig minden paramétert megvizsgálunk, akkor a mérési idő meghosszabbodna, a költségek pedig megnövekednének. Ha nem definiálunk minden szükséges mérést, akkor a működésben okozhatnak problémát.

Az alábbi fő mérésfajtákat különböztethetjük meg egy fizikai hálózat beruházása során:

- fizikai paraméterek vizsgálata,
- átviteli paraméterek vizsgálata,
- teljesítés-igazolás,
- hibák és hibahelyek meghatározása.

A fizikai paraméterek alatt a kábelek mechanikai és elektromos tulajdonságainak vizsgálatát értjük. Ide tartoznak például – a teljesség igénye nélkül – a kábel átmérő, a hajlítási sugár, valamint a villamos paraméterek (elsődleges paraméterek) ellenállás, szigetelési ellenállás

Átviteli paraméterek alatt az átvitelt jellemző paramétereket értjük, melyek például a csillapítás, áthallás, diszperzió

Teljesítés-igazolásnál arra keresik a választ, hogy az adott hálózat megfelel-e a jel megfelelő átvitelére és ezen keresztül az előírt szolgáltatásokat teljesíti-e. Itt már nem a szálak és erek tulajdonságait vizsgálják, hanem a kiépített összeköttetésen az átvitt szolgáltatások minőségét. Hibás teljesítés nem csak minőségromlás következménye lehet, hanem rossz beállítás, elkötés is.

A hibahelyek meghatározása egy külön mérési eljárást alkotnak. Fontos meghatározni a szakadást, a rövidzárat, a nem megfelelő galvanikus csatolást, a reflexiós pontokat és azok pontos helyét.

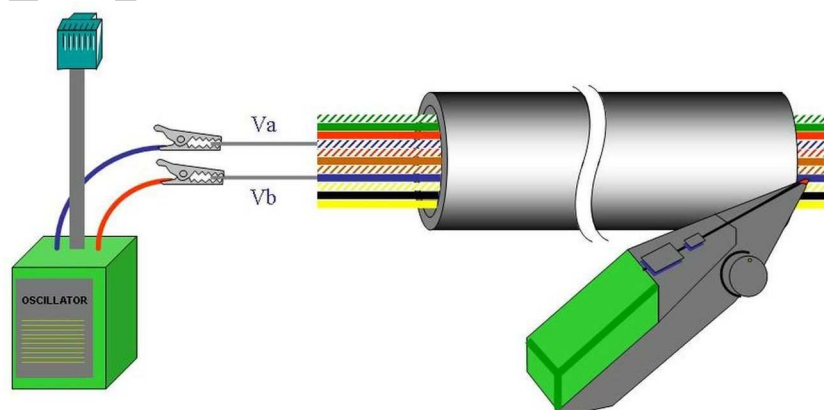
2. Szimmetrikus kábelek mérései a fizikai hálózat építése során

Régen a minősítés egyszerű átbeszéléssel történt. Ezt a módszert ma is alkalmazzák, de ez már nem elégséges eljárás.



1. ábra. Vonalak átbeszélése

Az erek egyeztetése és átbeszélése is a fenti módon történik. Ez egy elsődleges vizsgálat annak ellenőrzésére, hogy a beépített kábelek folytonosak-e és az erek közül melyek tartoznak össze. Ez utóbbi látszólag egyszerű, hiszen a távközlési kábelek színkóddal vannak ellátva, de figyelembe véve, hogy több száz szál is tartalmazhatnak és az azonos színek többször előfordulnak benne, előfordulhat elkötés is. A másik szempont ennél a mérésnél, hogy a kötések megfelelőek-e. Az erek egyeztetése egy teleppel működő kézibeszélővel történik, de lehet egyszerű (érpárazonosító) kézi műszer segítségével is.

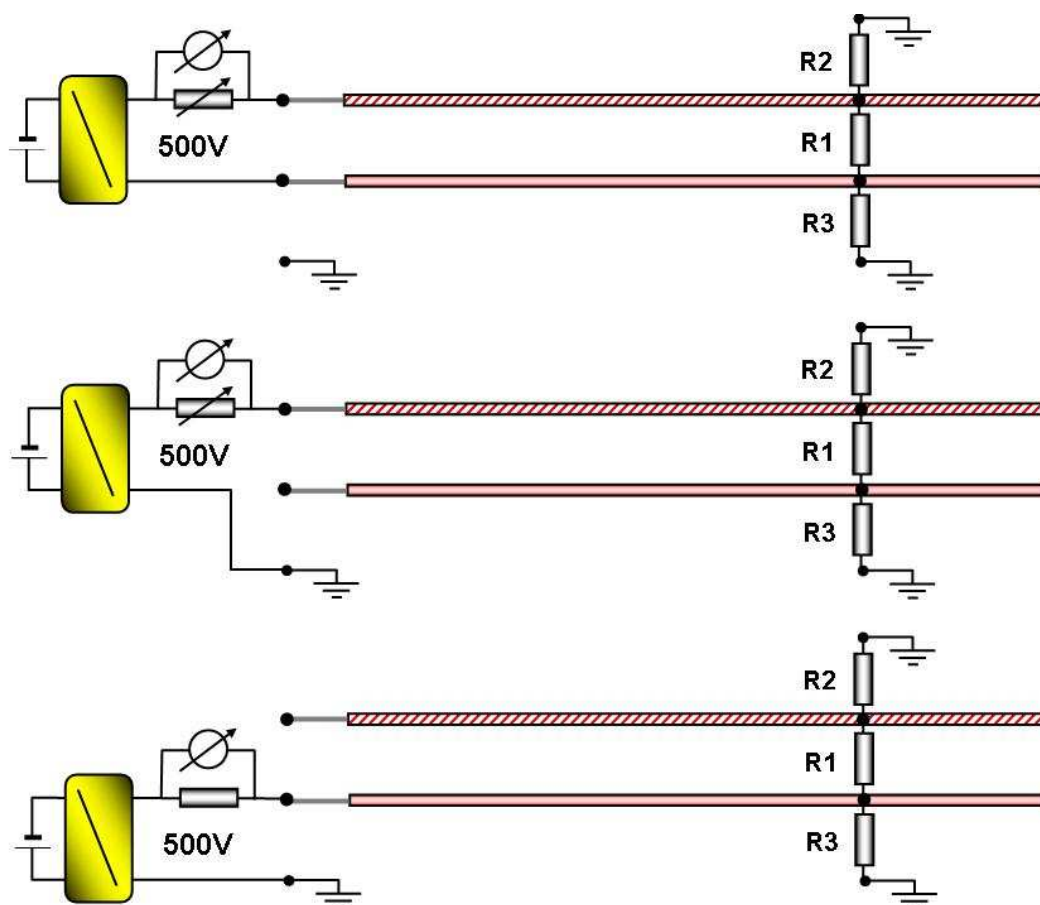


2. ábra. Érpárazonosítás

Erek egyeztetésénél az érpáraknak folytonosnak, és pozícióhelyesnek kell lenniük.

Fontos megvizsgálni, hogy az erek egymáshoz illetve a köpenyhez (esetleg földpotenciálhoz) képest mekkora átvezetéssel rendelkeznek. Ezeket nevezik szigetelési ellenállásméréseknek.

Az előírás 500V feszültségen (20°C-on) a szigetelési ellenállás nem lehet kevesebb, mint 5000 M Ω km.



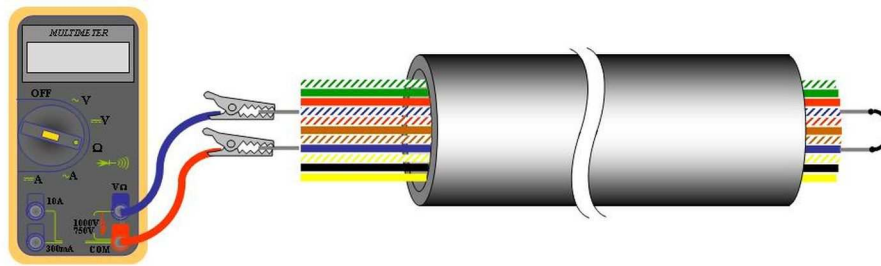
3. ábra. Szigetelési ellenállás mérése

Egy másik mérendő paraméter az erek ellenállása. Távközléstechnikában ezt nem alkalmazzák, helyette a hurokellenállást mérik. Ennek több oka is van. Egyrészt eleve érpárokat (érnégyeseket) alkalmaznak, másrészt egy ér mérését a két végén kellene egyszerre mérni. Sokkal egyszerűbb hurkot (rövidzárat) tenni az érpár végére és így vizsgálni a paramétereket. Előfordulnak kötéshibák a szakaszon, ezért a hurkolásokat keresztben is elvégezve kiszűrhetők, melyik ér kötése a hibás.

A hurokellenállás mértéke legfeljebb:

- 0,4 mm átmérő esetén < 300 Ω /km,
- 0,6 mm átmérő esetén < 130 Ω /km,
- 0,8 mm átmérő esetén < 73,2 Ω /km,

- 0,9 mm átmérő esetén $< 54,4 \Omega/\text{km}$, és
- az érel ellenállás különbség minden érátmérő esetén $\Delta R < 2 \Omega$.

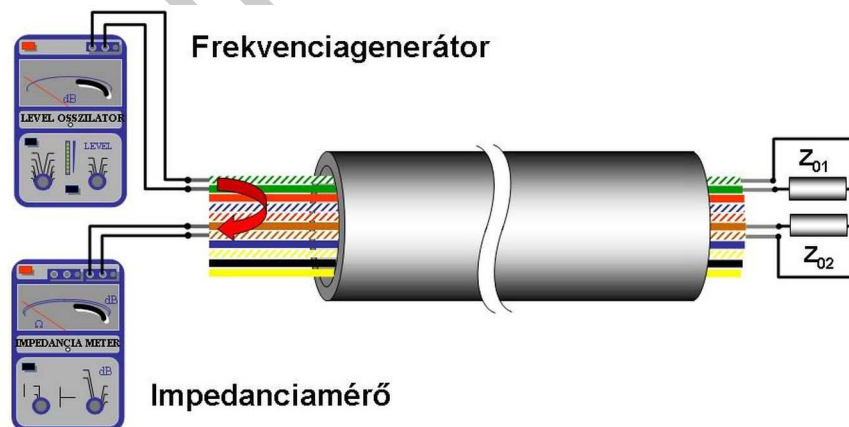


4. ábra. Hurokellenállás mérése

A párhuzamosan haladó érpárok között kapcsolat (csatolás) jön létre, az egyikben haladó jel a másik érpárban is megjelenik. Ezt a jelenséget nevezik áthallásnak. Mérési feladat ezért az áthallási csillapítás nagyságából a védettség megállapítása, amely a hasznos jel és az áthallott jel szintkülönbsége. Ezt 0,8, 1 és 1,5 kHz-en, az érpárok mindkét végén 600 -os lezárással kell vizsgálni. Rövid szakaszokon:

- 0,4 mm átmérőnél 500 m alatt,
- 0,6 mm átmérőnél 700 m alatt,
- 0,8 mm átmérőnél 1000 m alatt csak közelségi áthallási védettséget kell mérni.

Hosszabb szakaszok esetén mindkét végén a hálózatnak el kell végezni az eljárást. A távolvégi védettség a mért áthallási csillapítás és a szakaszcsillapítás különbségeként adódik. Az áthallási védettség mértéke meg kell haladja a 60 dB-t.



5. ábra. Áthallás mérése

Földelések ellenőrzése egy kicsit furcsának tűnhet, de kötelező minden olyan kábel esetén, mely alkalmaz földvezetékét. A másik ok, a kötéseken, kábelrendezőken – ahol 230V-os betáplálás is van – az érintésvédelmi szabályokat és a földelés jóságát mérni kell. Ez a földelővezető folytonosságának vizsgálatából és a földelés eredő szétterjedési ellenállásának méréséből áll.

Még egy fontos paraméter, mely befolyásolhatja a hálózat minőségét. A távközlési összeköttetésekben a külső környezeti hatások járulékos jeleket gerjesztenek. Ennek okozója lehet például a közelben lévő erősáramú hálózat, a vasút közelsége Ezt a hatást erősáramú befolyásnak nevezik. Nagyságát az erősáramú és a távközlési hálózat villamos jellemzői, kölcsönös geometriai helyzetük, a talaj jellemzői és a közelben lévő földelt vezetők határozzák meg.

A tervező feladata a megfelelő hálózat erősáramú védettségének előírása. Ehhez a megfelelő szabályok betartásán túl a kiépítendő nyomvonalon kell méréseket végezni. Ha nem lehet a kellő távolságokat megtartani az erősáramú hatásoktól, és befolyásolási veszély lép fel, akkor jó védőtényezőjű kábelt kell fektetni. A fektetés mélysége ebben az esetben több mint 1,5 m kell hogy legyen. A kábel fölé (0,5 m-re) egy acélrudat lehet lefektetni és azt leföldelni.

3. Hibahelykeresés a szimmetrikus hálózatokon

Kábelhibának neveznek minden olyan hatást, amely az átviteli úton az információ továbbítását akadályozza, minőségét lerontja.



6. ábra. Kábelhiba

Egy hálózaton belül nagyon sokfajta hiba lehetséges, ezért nagyon fontos ezeknek a beazonosításuk és mértékük minél pontosabb meghatározása. Vannak olyanok, melyek csak minőségromlást okoznak, de vannak olyanok is, melyek a távközlési szolgáltatás megszakadásához vezetnek.

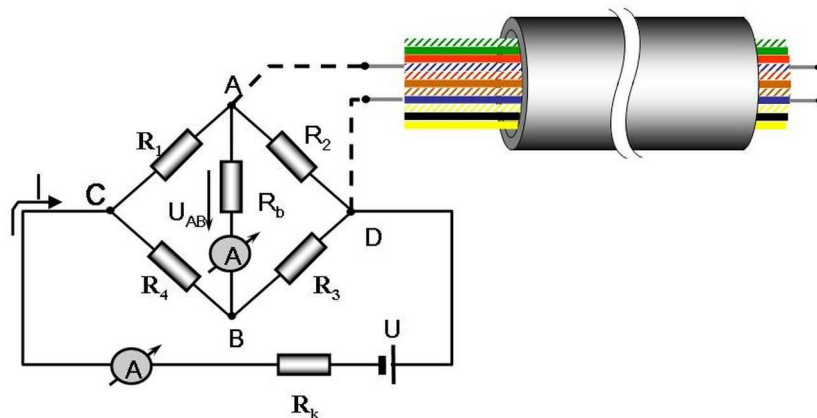
Hiba esetén fontos annak minél előbbi behatárolása és kijavítása. Ehhez pontos és megbízható műszerekre van szükség. A leggyakrabban előforduló hibák:

- szakadás,
- rövidzár,
- érelleállás növekedések (kontakt hibák),
- reflexiós hibák (impedancia illesztetlenség),
- áthallás,
- elektromos behatás,
- korróziós hibák.

A hálózat hibája esetén az első feladat a szolgáltatás visszaállítása. Ez nem biztos, hogy a hiba elhárításával tehető meg leggyorsabban.

Mérőhidak alkalmazása

A hidak már régóta alkalmazott mérőeszközök, melyek kialakításuktól függően képesek a kábelek elsődleges paramétereinek mérésére. A mérőhíd olyan négy-pólus, melynek bemenetére a híd tápláló áramforrás és az indikátor között a híd oldalágaiba kötött hídelemek létesítenek kapcsolatot.



7. ábra. Mérés Wheatstone-híddal

A mérés lényege, hogy megkeressük azt a pontot, amikor az R_b ellenálláson nem folyik áram. Ez akkor lehetséges, ha az A és a B pontok azonos potenciálon vannak. Ennek feltétele, hogy az egyes hídagban lévő ellenállások arányai megegyezzenek, azaz:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

Amennyiben például R_2 helyére a mérendő hálózatot kapcsolom, az R_3 potenciométerrel kiegyenlítve a hidat, a hurokellenállás értéke leolvasható.

A hídérzékenysége mutatja meg a kimeneti feszültségének (vagy áramának) változását a hídág elemeinek megváltoztatása esetén:

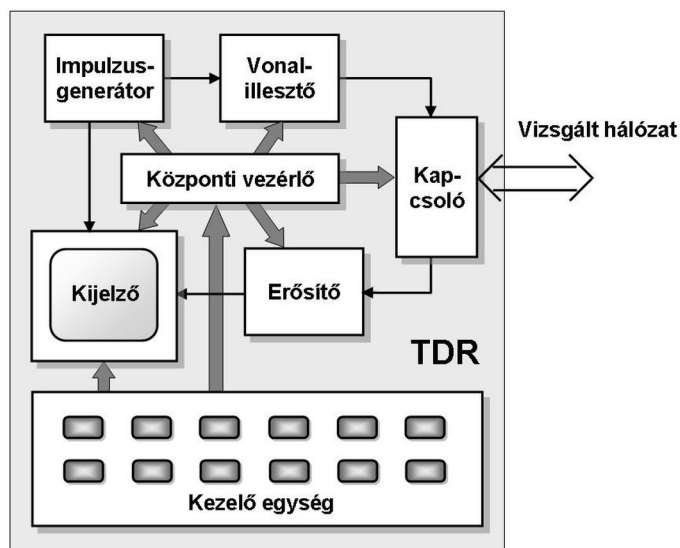
$$m = \frac{R_1}{R_4}, \text{ ahol } m \text{ az úgynevezett hídviszony.}$$

A mérés elve, hogy egy hibamentes szakasz mérését követően a hibás érpáron is elvégezve ugyanazt a mérést, a két eredményből meg lehet állapítani a hiba pontos helyét.

Reflexiós mérések

Egyre közkeletesebbé válnak a mai mérés technikában a reflexiós elven működő mérőberendezések, eszközök. Előnyük az eddigi technológiákkal szemben, hogy egy méréssel a teljes vonal paraméterei áttekinthetővé válnak. Ráadásul a mérést mindig elég egyik irányból elvégezni.

Az elv azon alapszik, hogy a hibahelyeken a kábel valamelyik paramétere megváltozik és ezáltal egy reflexiós pont keletkezik. Az innen visszaverődő jel mérhető eltérést mutat az ideálistól, a futásidéből pedig következtetni lehet a hibahelyre. A műszer felépítése az ábrán látható.



8. ábra. Reflexiómérő felépítése

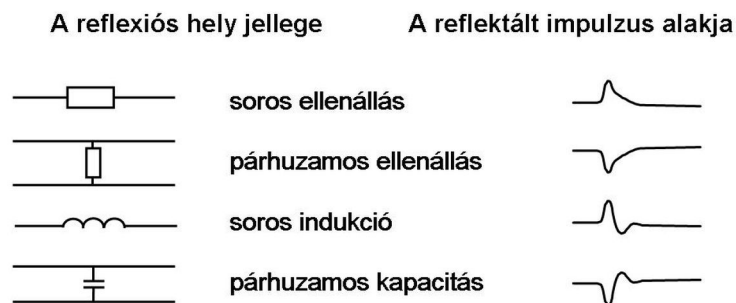
Egy impulzusgenerátor segítségével adott frekvencián egy mérőjelet bocsátanak ki a hálózat felé. Ezt illesztik a vonalhoz (optikai vonal esetén itt történik az elektromos-optikai átalakítás is). A mérőjel egy kapcsoló egységen keresztül jut a mérendő vonalba, a kiépített hálózatba. A reflektálódó jelet a kapcsoló az erősítő felé küldi tovább.

Ennek feladata lesz a beérkező jelnek a berendezéshez illesztése. A jelformálást, erősítést követően a jel összehasonlításra kerül a kiadott impulzus sorozattal és a képernyőre kerül. A kiértékelést a központi vezérlő egység végzi. A beállítások és értékelések kezelése természetesen a műszer előlapján lévő kezelő egységek segítségével történik.

A reflexiók helytől a visszavert impulzus nagyságát a reflexiók tényező határozza meg:

$$r = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}.$$

Mivel a reflexiók tényező komplex mennyiség, így értéke +1 és -1 között változhat. Például, ha az impedancia megnövekszik, akkor az r pozitív lesz. Az alábbi ábrán az egyes reflexiók hely típusának függvényében a reflektált jel alakját mutatja.



9. ábra. Reflexiók görbék

4. A kiépített vonal mérései

A fizikai hálózat kiépítését követően még meg kell vizsgálni, hogy a hálózat alkalmas-e az adott jel átvitelére, az igényelt szolgáltatások megvalósítására. Ezért ezen a hálózaton átküldenek hasonló jelfolyamot, mint amely az üzemi körülmények között előfordulhat, és megméri a teljesítés minőségét.

Az alábbi leggyakrabban alkalmazott mérési eljárásokat ismerteti a jegyzet:

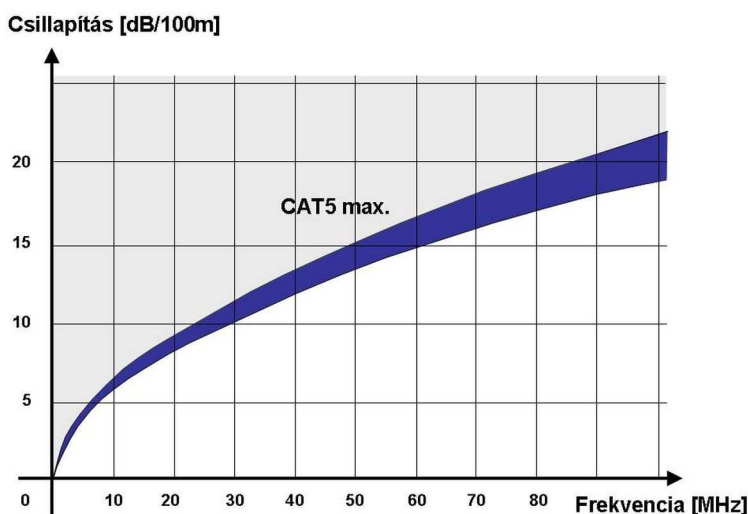
- csillapítás mérése,
- reflexiók csillapítása,
- hibaarány mérése,
- jelterjedési késleltetés (jelterjedési aszimmetria),
- jelalak vizsgálata.

A csillapítás vizsgálata a jel szintjének megállapítását követően kerül kiszámításra. Azt adja meg, hogy a hálózaton áthaladó jel szintje mennyivel lesz kisebb, mint a bemenetre érkező. Ezzel kapcsolatban az is fontos kérdés, hogy a reflektált hullámot (jelet) mennyire csillapítja a rendszer. Ezért fontos a reflexiós csillapítás mérése. A digitális átviteltechnikának a leggyakrabban alkalmazott mérése a hibarány mérés (BER = Bit Error Ratio). Ez fogja megmutatni, hogy az átküldött jel a hálózat végére mennyire hibásan érkezik meg. A régebben alkalmazott Jel/Zaj vizsgálatok az analóg hálózat jellemzője volt. A digitális átvitel korszakában a jelentősége lecsökkent, ezért erre a jegyzet nem tér ki. A jelkésleltetés azonban erősen kihathat a minőségre, különösen akkor, ha a két ér között eltérés található. A jelalakot csak ritkán vizsgálják, hiszen ha a hibaarány és az átvitel minősége kielégítő, akkor ez az eredmény nem ad újabb információt. Tárgyalása azért került be a jegyzetbe, mert hiba esetén előfordul, hogy a jelalak változásából lehet csak következtetni a hiba okára.

A csillapítás mérése határozza meg, hogy az adószintet és a vételi szintet hogyan kell beállítani, kell-e esetlegesen repeater-t, vagy erősítőt alkalmazni a vonalon. A csillapítás az:

$a = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}$ összefüggésből számítható.

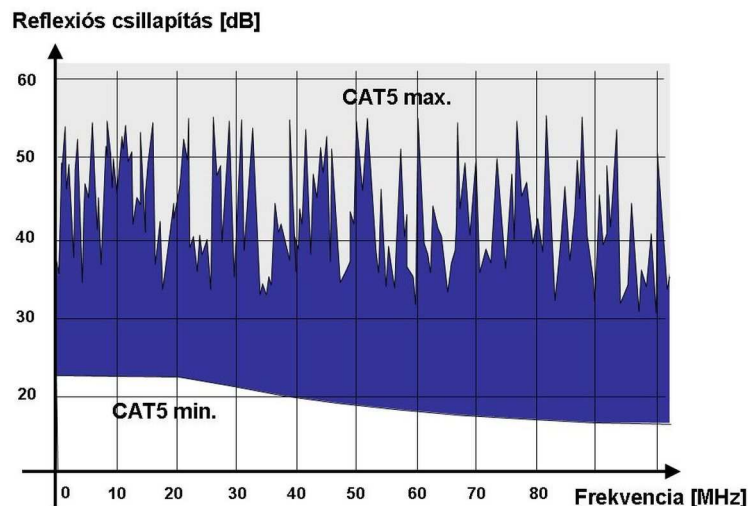
Példaként a CAT5-ös kábel csillapítását láthatjuk a frekvencia függvényében. A kék sáv az előírt értéktartományt tartalmazza.



10. ábra. CAT5 kábel csillapításgörbéje

A reflexiós csillapítás esetén a visszafele haladó jel nagyságát vizsgálják a haladó jeléhez képest. Ehhez már azonban speciális analizátorok szükségesek, ezért a kábel reflexiós csillapítását nem mérik le kiépítéskor, elfogadják a gyári adatokat.

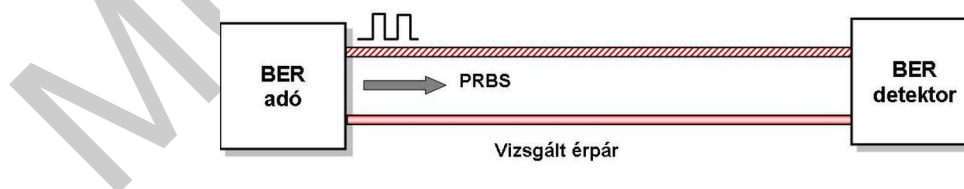
Mérésére akkor van szükség, ha hiba jelentkezik, hiszen egy kötésről, törésről, vagy akár a kábel nem megfelelő hajlításából származhat ilyen típusú veszteség. A kiépített vonalon átadás-átvételkor igény szerint mérhető. Példaként megint a CAT5-ös kábelre vonatkozó előírt mérési adatokat közöljük.



11. ábra. CAT5 kábel reflexiós csillapításgörbéje

A hibaarány mérés a leggyakrabban használt mérési módszer az átvitel minőségének meghatározására. Vizsgálatához hibaarány mérőre (hálózatanalizátorra) van szükség. A mérés elve igen egyszerűnek tűnik, megoldásában azonban igen sokféle lehet. A vonalra egy ismert jelsorozatot kell beadni és a másik végponton megszámolni, ebből hány bit a hibás. A hibaarány:

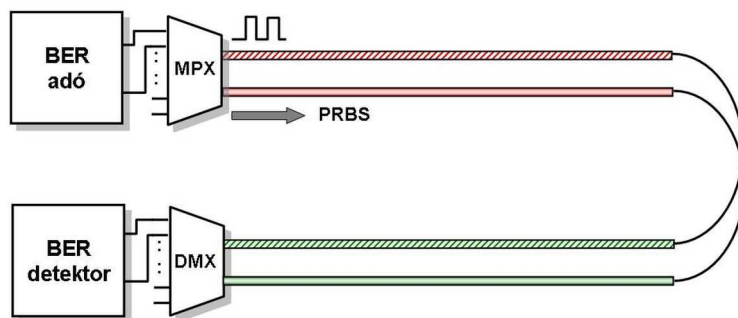
$$BER \text{ (hibaarány)} = \frac{\text{hibás bitek száma}}{\text{összes vizsgált bitszám}}.$$



12. ábra. Hibaarány mérési elve

Itt mindig az összes vizsgált bitet kell csak számítani, előfordul olyan eset, amikor a vonalon nem az összes áthaladó bitet használom fel a mérésre. Élő vonalon például az aktív csatornák nem használhatók fel a mérésre.

Az első gondot az ismert jel okozza. A vonal vizsgálatához egy álvéletlen (PRBS = Pseudo Random Bit Sequence) jelsorozatot biztosítanak. Ez azt jelenti, hogy olyan hosszú periódusidejű bitsorozatról van szó, mely a vizsgált eszköz, hálózat szempontjából véletlenszerűnek mondható. A másik gondot a két végpont jelenti. Ezt a távolságot oly módon hidalják át, hogy a hálózatot visszahurkolják, így a vételi oldal az adásoldalon, de egy másik vonalon megjelenik.



13. ábra. Hibaarány mérése valós hálózaton

Sokszor ezt a mérés berendezésen keresztül végzik el. Ennek oka, hogy a hibás biteket sok esetben nem a hálózat generálja, hanem a végberendezések nem megfelelő működése.

Amennyiben működő hálózaton szeretnénk hibaarányt mérni, ezt csak a szabad vezetékeken, vagy pedig a tényleges átvitel egy üres csatornáján keresztül valósíthatjuk meg. Van még egy speciális est, amikor a szinkronszót használjuk fel ismert jelsorozatként. Ennek hátránya, hogy a mérés igen lassúvá válik, hiszen a szabvány szerint sok millió bitet kell megvizsgálni egy hibaarány kiértékeléséhez.

A hibaarány szabványos értékei:

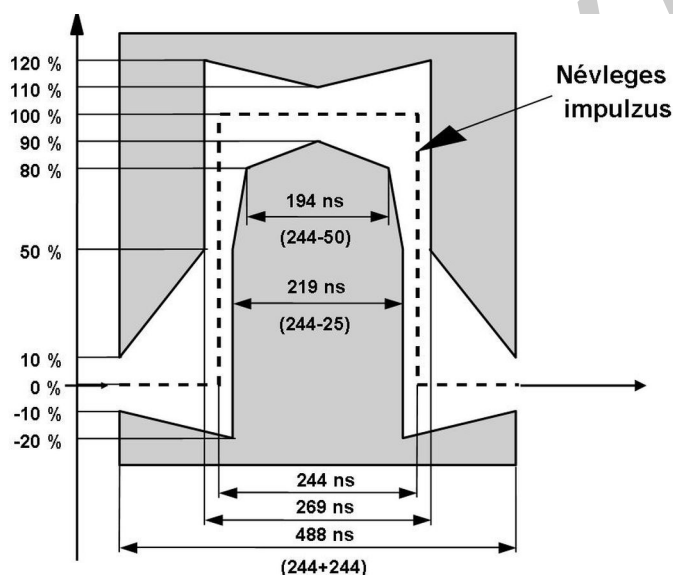
- $\geq 10^{-3}$ súlyos hiba, melynél megszakad az összeköttetés,
- $10^{-3} - 10^{-6}$ között nem súlyos hiba, az összeköttetésben hiba van, nem minden típusú átvitelre alkalmas a rendszer,
- $\leq 10^{-6}$ átvitel esetén megfelelő az összeköttetés.

A jelterjedési késleltetés kiszámítható, ha ismerjük az átviteli közeg paramétereit. Bár az elektromágneses jel sebessége a fény sebességével megegyezik vákuumban, de egy vezetőben a jel a vezetőképességnek megfelelően lelassul. Ez az alábbi összefüggésből számítható:

$v = \frac{c}{n}$, ahol v a jel terjedési sebessége közegben, c a fénysebesség értéke vákuumban és n az anyagra jellemző törésmutató.

A probléma csak ott van, hogy az anyagban lévő inhomogenitások megváltoztathatják ennek az értékét. Ez különösen akkor igaz, ha különböző típusú kábelekből épül fel a hálózat. Ezért ezt megfelelő műszerrel mérni kell. Baj igazán akkor van, ha egymás mellett haladó két ér nem egyforma és ezáltal az egyik jel késik a másikhoz képest. Ezt a jelenséget jelterjedési aszimmetriának nevezik. Mérésére csak ritkán kerül sor, amennyiben betartjuk az előírásokat. Mivel az aszimmetria értéke a távolsággal nő, ezért a maximális megengedett eltérésből kiszámítható a kábelhossz azon mérete, melyen belül nem szükséges a mérés.

Még egy ellenőrző mérés hiba esetén: a jelalak vizsgálata. A berendezések kimeneti és a hálózat végpontjain megjelenő jeleket szokták minősíteni. A mérés nagyon egyszerű. Egy oszcilloszkóppal a jelalak megtekinthető. A jelalak vizsgálatára különböző szabványokat alkottak, mely megadják egy maszk formájában a jel minimális és maximális értékeit minden időpontban. Példaként nézzük meg a 2048 kbit/s-os szabvány jel maszkját.



14. ábra. 2048kbit/s-os jel megengedett tűrése

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Ez a tananyagelemet csak az előző tartalomelemek – a hálózatépítés és hálózatszerelés (SzT003 és SzT004) – elsajátítását követően érdemes feldolgozni. Az egyes fogalmak szorosan épülnek az előző tartalomelemekre.

Ez a tananyagelem elméletigényes gyakorlattal sajátítható el. A műszerkezeléseket egy kiépített hálózaton, vagy művonalon kell bemutatni, és fázisonként egyénileg gyakoroltatni a diákokkal. A végén egy-egy komplex feladattal mindenki kipróbálhatja, hogy sikeresen elsajátította-e a tananyagot.

A tananyag felépítésénél egy elméleti bevezető az első lépés, melyben a méréseket elhelyezik a beruházás és üzemeltetés folyamatában. Ezután célszerű a méréselméletre rátérni. Ezt mutatja meg ez az elméleti anyag, melynek vázlata az alábbi:

Tananyag-vázlat:

1. Mérések felosztása

- Csoportosítása a rendszerben elfoglalt helye szerint (gyári mérések, kiépítés-telepítés mérései, átadás-átvételi mérések, üzemeltetés-fenntartási mérések, hibahelykeresés)
- Mérendő paraméterek szerint (elsődleges, másodlagos, teljesítés igazolás)

2. Mérések a hálózat telepítése alatt

- Érpárazonosítás
- Szigetelési ellenállás mérése
- Hurokellenállás mérése
- Áthallási vizsgálatok
- Erősáramú befolyásolás

3. Üzemeltetés-fenntartási mérések (hibakeresés)

- Hídmérések
- Reflexiós mérések

4. Kiépített vonal mérései

- Csillapítás mérése
- Reflexiós csillapítás mérése
- Hibaarány mérése
- Jelalak vizsgálata

Bár a méréselmélet előadás formájában is oktatható, de sokkal célravezetőbb, ha bemutató óra keretén belül. Ez azt jelenti, hogy az alapvizsgálatokat a tanár egy tényleges hálózaton (kábelszakaszon) szemlélteti.

A műszerek megismerése már úgyis csak laboratóriumi keretben, vagy kihelyezett (cégnél történő) tréningeken történhet.

Az eszközök megismeréséhez az alábbi készségek fejlesztésére is szükség van:

- *Információforrások kezelése*
- *Folyamatábrák olvasása*
- *Folyamatábrák készítése*
- *Diagram, nomogram olvasása, értelmezése*
- *Diagram, nomogram készítése*

A műszerekhez tartoznak gépkönyvek, használati útmutatók. Ezek értelmezése és kezelése alapvető feladat. Amennyiben ez a készség fejlesztésre szorul, úgy otthoni feladat keretében dolgoztassuk fel ezeknek a műszaki dokumentumoknak egyes részleteit, és ezt követően tárgyaljuk ki a csoporttal. Ehhez szorosan kapcsolódik a folyamatábrák olvasása, a diagramok értelmezése is. Ez szintén az említett feladattal fejleszthető.

A mérési eredmények feldolgozása lehetőséget biztosít a folyamatábrák és a diagramok készítéséhez. Tapasztalat, hogy fejből ilyen ábrák készítése már nem egyszerű feladat. Ezért minden mérést követően a jegyzőkönyv alapján meg kell követelni az eredmények és a folyamatok ábrázolását.

Az elsajátított ismeretek alkalmazásához szükség van módszer- és személyes kompetenciákra is:

- *Logikus gondolkodás (Módszerkompetencia)*
- *Ismeretek helyén való alkalmazása (Módszerkompetencia)*
- *Gyakorlatias feladatértelmezés (Módszerkompetencia)*
- *Numerikus gondolkodás, matematikai készség (Módszerkompetencia)*
- *Körültekintés, elővigyázatosság (Módszerkompetencia)*

A logikus gondolkodás, és az ismeretek helyén való alkalmazása nélkül a mérési feladatok nem oldhatók meg. A numerikus gondolkodás és matematikai készség a mérési jegyzőkönyvek készítésénél elengedhetetlenül fontos. Fejlesztésük ezen a szinten már csak a mérési feladatok önálló megoldásán keresztül fejleszthetők.

A mérőlaborba csak a megfelelő tűz-, és balasztvédelmi oktatást követően lehet belépni. Ezen felül minden egyes feladat előtt fel kell hívni a figyelmet a kellő körültekintésre és elővigyázatosságra.

Az anyagban található legfontosabb fogalmak és kifejezések:

Átadás-átvételi mérés a kiépített rendszeren történő összes mérés, mely igazolja a működőképességet.

Áthallás a párhuzamosan haladó érpárok között létrejött kapcsolat miatt megjelenő járulékos jelfolyam.

Erőssáramú befolyás a hálózatban gerjesztett jelek egy, a közelben lévő elektromágneses sugárzó, egy berendezés, vagy vezeték által.

Hibaarány a hibás bitek aránya a vizsgált bitekhez képest.

Hurokellenállás egy érpár egységnyi hosszának csillapítása

Kábelhiba minden olyan hatás, amely az átviteli úton az információ továbbítását akadályozza, minőségét lerontja.

Közelvégi áthallás a bemeneti oldalon egy másik kábelben (érpárban) megjelenő járulékos jel.

Mérőhíd olyan négy pólus, melynek bemenetére a hidat tápláló áramforrás és az indikátor között a híd oldalágaiba kötött hídelemek létesítenek kapcsolatot.

Reflexiós csillapítás a visszaverődött jel szintcsökkenése a haladó jelhez képest.

Sötétszál az optikai kábelben üzemszerűen nem alkalmazott szálak, melyek mérésre felhasználhatók.

Szigetelési ellenállás a vezetők szigetelésének ellenállása a földhöz képest.

Távolvégi áthallás a kimeneti oldalon keletkezett járulékos jel egy másik vezetékben.

Végül nagyon fontos, hogy végezze el az önellenőrző feladatokat. Próbálja meg először önállóan és csak ezután a megoldásokban leírtakkal összevetni. Mindig értékelje saját teljesítményét!

ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. feladat Párosítás

Különböző méréstípusokat soroltunk fel. Kérjük párosítsa össze őket az alattuk felsorolt kategóriákkal, hogy melyik mérést mikor kell elvégezni. Az eredményeket a felsorolás alatti táblázatba írják be!

Vigyázat! Egy kategóriához több méréstípus is tartozhat. Vigyázat! Egy kategóriához több méréstípus is tartozhat.

A	Érpárazonosítás	1	Gyári mérések
B	Hurokellenállás mérése	2	Kiépítés–telepítés mérései
C	Hibaaránymérés	3	Átadás–átvételi mérések
D	Fizikai paraméterek mérése	4	Üzemeltetés–fenntartási mérések
E	Szigetelési ellenállás mérése	5	Hibahelykeresés
F	Jelalak vizsgálata		
G	Kontakt hibák mérése		
H	Reflexió csillapítás mérése		
I	Áthallás		
J	Jelterjedési késleltetés		

Megoldás:

1	
2	
3	
4	
5	

2. feladat Hibajavítás

Egy kábelaknából ellopták az összes kábelt kötésekkel együtt. Állítson össze egy méréslistát! Milyen méréseket kell végrehajtani és miért?

Méréslista: _____

3. feladat Mérési technológia ismertetése

Átadás-átvétel esetén hibaarányt kell mérnie hálózatteljesítés számításához. Magyarázza el kollégájának, hogyan kell a mérést végrehajtani!

Mérés menete: _____

MEGOLDÁSOK

1. feladat Párosítás

1	D
2	A, E, I
3	B, C, H, I, J
4	C
5	F, G

2. feladat Hibajavítás

Első feladat az érpárok azonosítása. Sok esetben ehhez sem kell méréseket végezni, hiszen színkódok alapján is párosíthatók. Van azonban, amikor ez nem lehetséges, és csak méréssel állapítható meg egyértelműen az érkiosztás.

Amennyiben kábelt kell betoldani, a kábelhez tartozó paramétereket illik lemérni (szigetelési ellenállás).

Kötéslezárás ellenőrzése következik, itt műszeresen inkább csak érintésvédelmi vizsgálatok vannak.

A megjavított összeköttetések minőségét teljes körűen ellenőrizni és dokumentálni kell. Ide tartoznak a hurokellenállás mérése, a hibaarány vizsgálata, az áthallás mérése.

3. feladat Mérési technológia ismertetése

A hibaarány mérése:

- A fizikai hálózat hurkolása (a távolvégen két érpár összekötése, ezáltal a jel visszafordítása)
- Álvéletlen jel bemenetre kapcsolása (a szabványban meghatározott jelfolyam egyik érpárra kötése)
- Kimenetet a detektorhoz kell kötni (másik érpár a hibaaránymérő bemenetére csatlakoztatva)
- Hosszú idejű mérés (72 óra) időtartamának beállítása (mérési paraméterek beállítása)
- Mérés indítása
- Mérés kiértékelése (a kapott adatok feldolgozása, működési jellemzők számítása, értékelése)
- Jegyzőkönyv készítése (dokumentálás)

ESETFELVETÉS

Elkészült egy távközlési hálózat fizikai kiépítése és szerelése optikai kábelek segítségével. A feladat a megrendelő részére átadni az új létesítményt és ehhez az előírt méréseket végrehajtani.

Ismertesse kollégáival a végrehajtandó mérési eljárásokat! Részletezze, melyiket mikor és hol kell végrehajtani!

SZAKMAI INFORMÁCIÓK

5. Optikai hálózatok mérése

Az optikai hálózatok mérésekor többnyire igen szigorú követelményeknek kell eleget tenni, különösen igaz ez a nagytávolságú összeköttetéseket megvalósító egymódusú szálak esetén, ahol rendkívül kicsi a magátmérő (9–10 μm), valamint igen nagy a sáv szélesség. Az egymódusú tulajdonság határozott előnnyel is jár a tekintetben, hogy szemben a multimódusú szálak bizonytalan, gyakran változó módusmező eloszlásával, itt minden esetben csak egy jól definiált mezőeloszlással kell számolnunk. Ez nagyban növeli a mérések biztonságát és reprodukálhatóságát, valamint azt jelenti, hogy már néhány paraméter mérésevel a szál tökéletesen és egyértelműen jellemezhető. Ezen felül a mérések nagyobb biztonsága és jobb reprodukálhatósága kisebb mérési szórást eredményez.

Az első paraméter a mechanikai tulajdonságai a szálnak. Ennek mérése gyári mérés, mikroszkóppal hiba esetén ellenőrizhető. Egy kis táblázatban felsoroljuk a főbb szálparamétereket különböző típusú szálak esetén.

Paraméter	G.651 Multimódusú szál	G.652 Monomódusú szál	G.653 Eltolt diszperziójú szál	G.654 Minimál csillapítású szál
Módusmező (mag) átmérője	50 μm + 10%	9–10 μm + 10%	7–8.3 μm + 10%	10.5 μm + 10%
Köpeny átmérője	125 + 2 μm			
Módusmező koncentr. hiba	2.5 μm	1 □m		
Köpeny köralakhiba	2 %			
Levágási hullámhossz	–	1280 nm	1270 nm	1350 nm
Kromatikus diszperzió (1300/1550 nm)	–	0.093ps/(nm.km) 18 ps/(nm.km)	– 3.5 ps/(nm.km)	– 20 ps/(nm.km)
Fajlagos csillapítás (1300/1550 nm)	dB/km (850 nm–en)	0.36 dB/km 0.22 dB/km	0.36 dB/km 0.22 dB/km	– 0.19 dB/km

6. Csillapítás mérése

A csillapítás méréséhez különféle műszerekre van szükségünk a mérés módszerétől függően. A jegyzetben a három legelterjedtebb módszerrel ismerkedünk meg és a hozzájuk tartozó alapvető műszerekkel. Ezek:

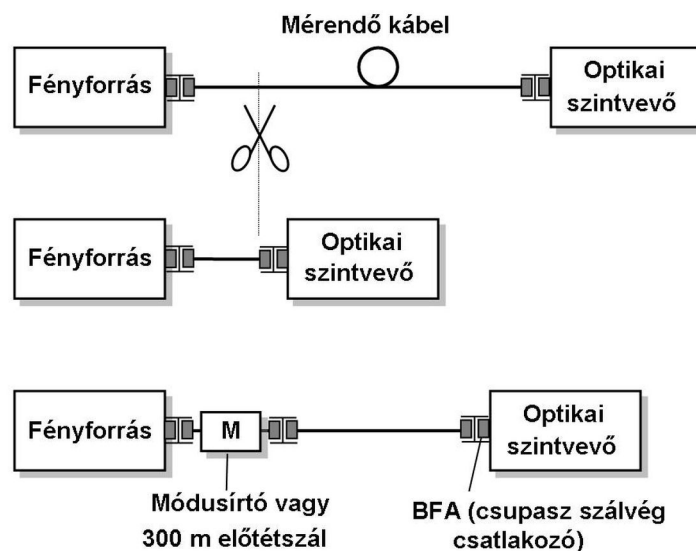
- a visszavágásos módszer,
- a beiktatásos csillapításmérés módszere,
- a visszaszórásos (vagy reflexiós) csillapításmérés módszere.

Az első kettőhöz – mely átvilágításos elven működik – szükség van egy stabil fényforrásra, egy optikai teljesítménymérőre valamint tartozékaikra, és szükség esetén optikai csillapítóra. A harmadik módszer egy speciális műszert, úgynevezett visszaszórásmérőt (OTDR) vagy reflektométert igényel.

Visszavágásos csillapításmérés módszere

A kétpontos mérési technikák közül a visszavágásos csillapításmérés módszerét csak olyan helyen alkalmazhatjuk, ahol nem probléma, ha a szálból mérés közben le kell vágni egy darabot. Ezért ezt a módszert gyárakban a kábelek végellenőrzéseként, valamint telepítés közben az egyes szakaszok kiépítésénél ellenőrzésként alkalmazzák. Olyan helyeken, ahol elkerülendő a szálak "visszavágása", a beiktatásos csillapításmérés módszerét alkalmazzák. Ilyen például a kiépített átviteli szakaszokon történő mérések, ahol a kábelek már csatlakozóval szereltek.

A visszavágásos csillapításméréshez szükség van egy fényforrásra és egy optikai teljesítménymérőre. A hitelesítés után kezdődik a mérés, a fényforrásból csatoljunk be fényt a kiválasztott szálba, a másik végére rácsatlakoztatva a teljesítménymérőt mérjük meg a teljesítmény értékét. Az adóoldali illesztést nem szabad megbontani, mert az újabb csatlakoztatásnál más értéket csatolunk be az optikai szálba. Ezt követően 1 m-re vágjuk el az optikai szálát, és a kapott rövid szálvégre egy BFA-t (csupasz szálvég csatlakozót) szerelve, mérjük meg így is a kimenő teljesítményt.



15. ábra. Visszavágós csillapításmérés módszere

A szál csillapítását a két szint különbségéből számíthatjuk ki:

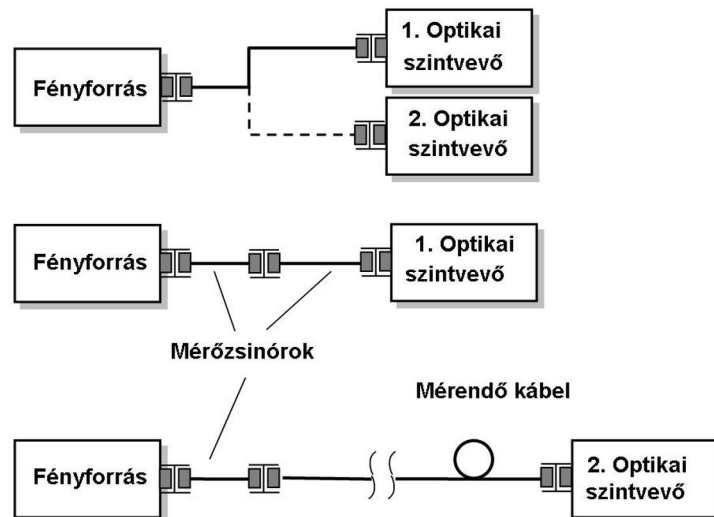
$$a = P_1 [\text{dBm}] - P_2 [\text{dBm}] \quad [\text{dB}], \text{ ha dB-ben írja ki a csillapítás értéket.}$$

A mérési eredményt meghamisíthatja a köpenyben terjedő módusokból származó fénytelsítmény, ezért olyan helyen kell visszavágni a szálát, ahol ezek a módusok már nem érezhetőek. Ez azt jelentené, hogy kb. 300 m-t kellene a kábelből eltávolítani, mely már nem megengedhető veszteség. Ennek elkerülésére több módszer is van, be kell helyezni egy módusírtót, vagy egy legalább 300 m hosszú előtétszálát a mérendő szál elé.

Beiktatásos csillapításmérés módszere

A beiktatásos módszer elve, hogy egy rövid optikai vonal helyére, melynek csillapítása elhanyagolható, beteszük a kiépített hálózatot és a két mérés különbségéből a csillapítás már kiszámolható. Ennél a mérésnél két teljesítménymérőt kell alkalmazni, mivel kiépített szakasz méréséről van szó, így a kábel két végpontja egymástól akár 100 km-re is lehet.

A mérést a műszerek hitelesítése után a referenciaérték meghatározásával kezdjük. Ehhez összeállítjuk a mérést úgy, hogy a fényforrás és a teljesítménymérő közé módusírtót és egy rövid patch-kábelt helyezünk és azt rögzítjük a detektorhoz.



16. ábra. Beiktatásos csillapításmérés módszere

A mérést szétszedve a mérőzsinór helyére behelyezve a mérendő kábelt kell elhelyezni és elvégezni a mérést. Ezt 3-szor meg kell ismételni oly módon, hogy az optikai rendezőre való csatlakoztatást mind a fényforrás oldalon, mind pedig a teljesítménymérő oldalán bontani kell. A mért értékek közötti eltérés nem lehet nagyobb, mint 0.4 dB. A kétirányú mérési eredményekből az előző fejezetben leírt módon kiszámíthatjuk a csillapítás értékeket, és azok számtani átlagát tekintjük a beiktatásos csillapítás értéknek.

Reflexiós csillapításmérés módszere

A reflexiós csillapításmérést OTDR-ek (OTDR = Optical Time Domain Reflectometer) = optikai visszaszórásmérő) segítségével valósítják meg. Különböző kivitelben kaphatók, vannak laboratóriumi célra, hordozható típusok a hálózati mérésekhez, egyszerű kézi műszerek hibakereséshez, de léteznek laptop-ba szerelhető modulok is.

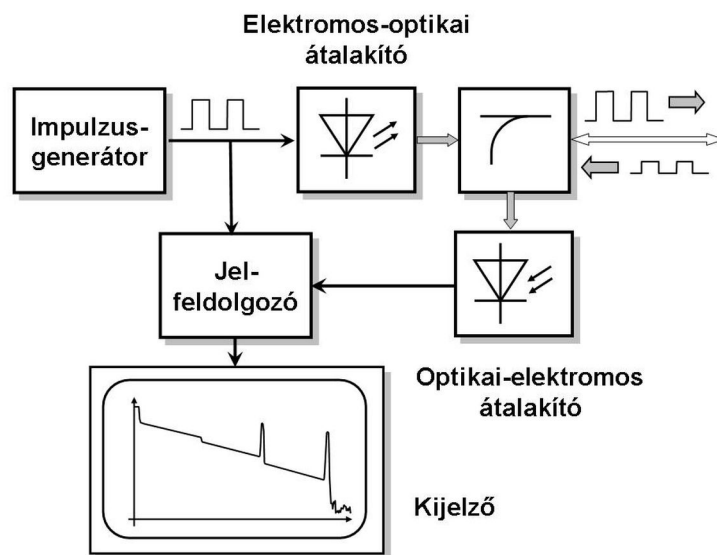
Az OTDR-ek alkalmasak:

- szakaszcsillapítás mérésére,
- kötéscsillapítás mérésére,
- reflexiós csillapítás mérésére és
- hibahely keresésére.



17. ábra. Különböző OTDR típusok

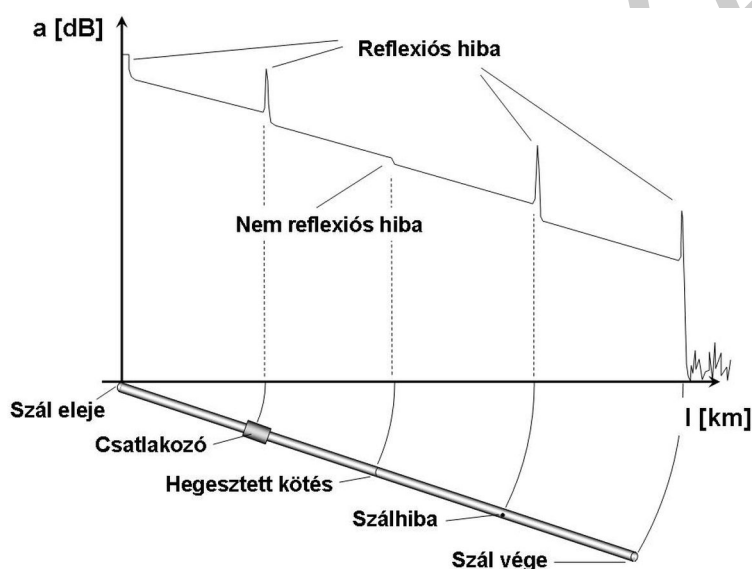
A reflexiós elven működő mérőműszerek az úgynevezett OTDR-ek felépítése látható az ábrán.



18. ábra. OTDR működése

A műszer egy generátor segítségével egy impulzus sorozatot állít elő, melyet az elektromos-optikai átalakító fényimpulzusokká alakít. Ez az optikai adó – mely tulajdonképpen egy lézerdíóda – egy optikai csatolón keresztül csatlakozik a mérendő fényvezető szálra. A Rayleigh szóródás miatt az optikai szakasz minden egyes pontjáról verődik vissza fény. A visszaérkező fényimpulzusokat az optikai csatoló a detektorba irányítja, ahol megtörténik az optikai jelek elektromos jellé való átalakítása. Erősítés után ezt a jelet ki kell értékelnünk, majd megfelelő formában azt kijelesznünk.

A visszavert jel nagysága arányos lesz a megtett út csillapításával. Hogy mekkora ez a szakasz, azt pedig úgy kapjuk meg, hogy a törésmutató értékéből meghatározva a fény sebességét, valamint a visszaverődés idejét mérve kiszámítjuk a távolságot. A két érték ismeretében felrajzolhatjuk a szál csillapítás görbét a távolság függvényében. Ezt végzi el az analizátor számunkra és jeleníti meg az eredő függvényt a képernyőn.



19. ábra. OTDR csillapításgörbéje

Az ábrán jól látható, hogy a várt monoton csökkenő görbe helyett törésekkel, helyi kiugrásokkal (reflexiókkal) szabdalts görbét kapunk. Látható, hogy alapvetően két különböző fajta hibahellyel találkozhatunk:

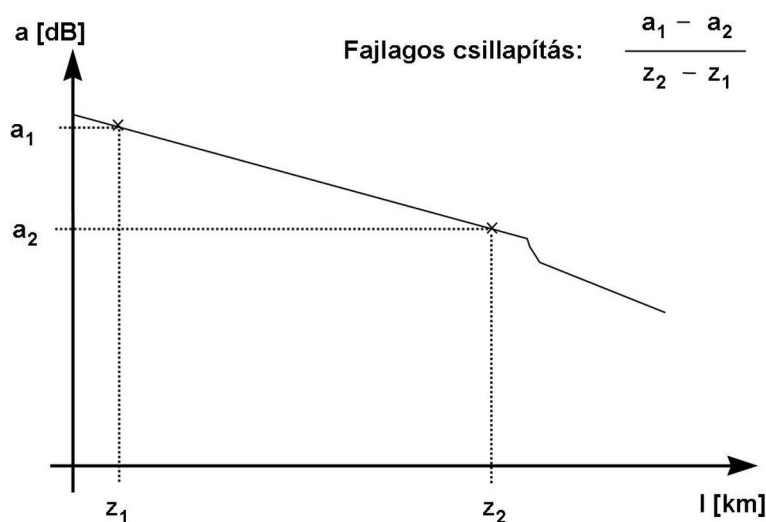
Nem reflexiós hibahely, ahol egyszerűen csillapítás ugrás van. Ilyen hibát okoznak a hegesztett kötések valamint a szálban lévő mikrohajlatok.

Reflexiós hibahely, mely olyan mintha erősítene egy ponton, azonban törésmutató változás miatt itt több a visszavert jel. A csatlakozós kötések, a szálban keletkezett repedések vagy szennyeződések okozzák az ilyen hibákat.

Ha a hiba olyan jellegű, hogy a fény nem tud továbbhaladni, a műszer ezt úgy értékeli, hogy ott vége a szálnak. A szál végét – mint hibahelyet – a reflexiós hibák közé sorolhatjuk. A szál kezdetén is találunk ilyen reflexiós csúcsot, ez a fénynek a szálba történő becsatlakozásakor keletkezik.

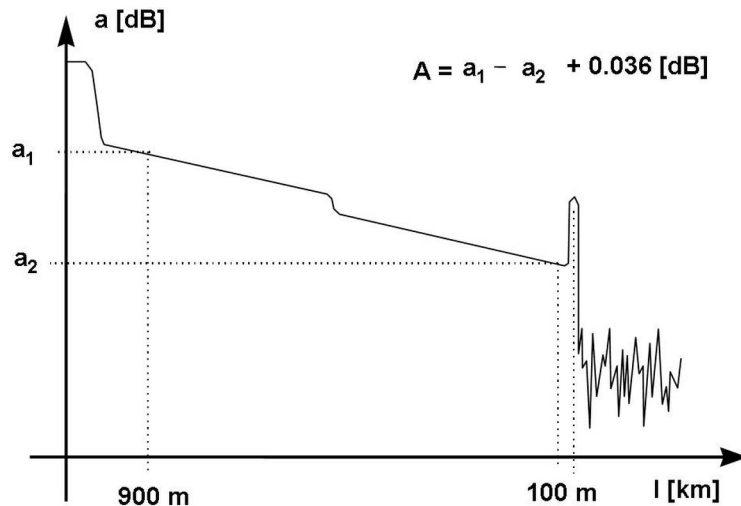
Szakaszcsillapítás mérés

Egy tetszőleges szakasz csillapításának mérése nagyon egyszerűvé válik a visszaszórás mérő alkalmazásával. Kijelölünk két pontot a műszer kijelzőjén megjelenő ábrán. A csillapítást a két pontnak a függőleges skálára történt kivetítéséből kapott értékek különbségeként számíthatjuk. Amennyiben a kapott eredményt elosztjuk a két pont kilométerben megadott távolságával megkapjuk a kábel adott szakaszának fajlagos csillapítását dB/km-ben. Természetesen ezeket az értékeket nem kell nekünk kiszámítanunk, a műszer elvégzi helyettünk.



20. ábra. Szakaszcsillapítás mérése

Ha két olyan pont között nézzük az adatokat, mely között nincs hibahely vagy kötés, akkor a fényvezető szál fajlagos csillapítás értékét kapjuk meg. Sajnos az ábrán látható hibahelyeknél nem lehet pontosan mérni, a műszer különböző számításokkal tudja csak kiértékelni a jelet.

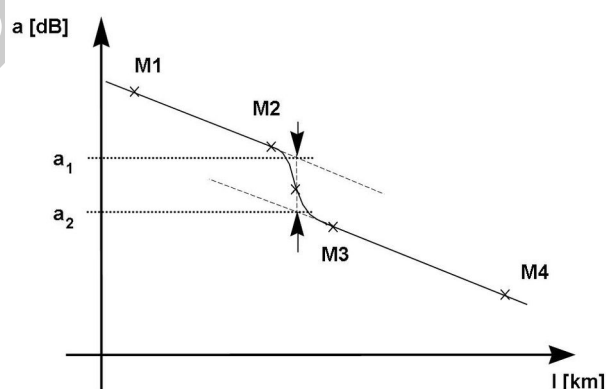


21. ábra. Valós szakasz mérése

A teljes átviteli szakasz csillapításának megállapításánál egy kis probléma merül föl, mivel a bemeneti csatlakozó reflexiója miatti úgynevezett holtzóna, és a szálvégénél lévő reflexió csúcs meghamisítja az eredményt. Olyan esetben, amikor a műszer nem képes kiértékelni a két pont közötti eredményt, akkor két pontot kell az OTDR ábráján megjelölni, az egyiket a szakasz kezdőpontjától 900 méterre, a másikat a szakasz végétől 100 méterre visszafelé. E két pont között kell a csillapítás értéket meghatározni, és a mért értékhez 1 km szál átlagos csillapítását hozzáadni.

Kötési csillapítás mérése

Egy kötés csillapításának értéke elméletileg a csillapítás ugrások (illetve veszteségek) mértéke, mely a közvetlen a kötés előtt és utána felvett pontok közötti csillapítás értékéből lenne számítható.



22. ábra. Kötéscsillapítás mérése

Az ábrán jól látható, hogy a lépcső nem túl nagy meredeksége miatt a felvett két pont között távolságban is van különbség. Ez mérési hibát eredményez, hiszen a két kurzor közötti szakasznak is van csillapítása, amit figyelembe kell venni. Ezen segítettek a négy pontos módszer segítségével. Nevét onnan kapta, hogy négy kurzor pontot helyezünk el a görbén, kettőt a kötés előtt, és kettőt utána olyan helyen, ahol a fent említett hatások nem érvényesülnek.

A két-két ponton a műszer átfektet egy-egy egyenest és az ötödik kurzor pontnál – melyet a kötésnél helyezünk el – megadja a köztük levő szintkülönbséget, azaz a csillapítást.

Az elmondottakból következik, hogy ez a műszer alkalmas hibahely keresésre is, hiszen az egyik oldalról bemérve meg tudja mérni, hogy a mérés helyétől számítva hány kilométerre van a hiba és az milyen jellegű. Ezek a hibahelyek adódhatnak rossz kötésekben, melyek az előírt értéknél nagyobb csillapításúak, vagy adódhatnak szakadásból, ilyenkor a mért görbének hirtelen vége szakad. A hibák pontos helyét a műszer méter pontosan képes megadni. Egy probléma van csak, hogy a műszer optikai hosszat mér, amely hosszabb, mint a kábel hossza. A kábel szerkezetétől függően ez a különbség 0.5 % – 2 %, de egyes esetekben elérheti az 5 %-ot is.

Ezt az eltérést kiszámíthatjuk, ha ismert például egy kötés tényleges helye (l_1). Ekkor a mért értékekből, az említett kötés optikai hosszából (z_1) és a hibahely optikai hosszából (z_2) meghatározható a hibahely tényleges távolsága (l_2):

$$l_2 = \frac{(z_2 \cdot l_1)}{z_1}$$

Csatlakozók reflexiós csillapításának mérése

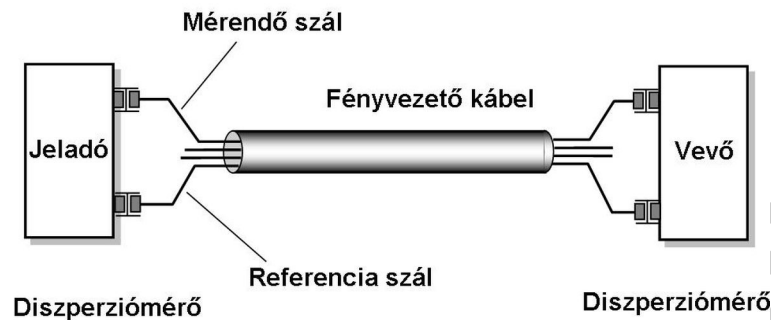
A reflexiós jelenségek teszik lehetővé az OTDR-eken történő méréseket. Vannak azonban hátrányai is, mint például hogy a visszavert hullám modulálja az adó által kibocsátott fényt, növelve ezzel a fényforrás zaját. Ezért előírják a csatlakozók reflexiós csillapítás értékét. Ez minimum 35 dB kell hogy legyen.

Az OTDR-en kapott görbén megjelenő reflexiós kötések, melyek mint helyi csúcsok jelentkeznek, alkalmasak a reflexiós csillapítás értékének meghatározására. Ezeknek a "csúcsoknak" a magassága arányos a reflexió értékével. Ebből képesek a műszerek kiszámítani a reflexiós csillapítás értékét.

Diszperzió mérése

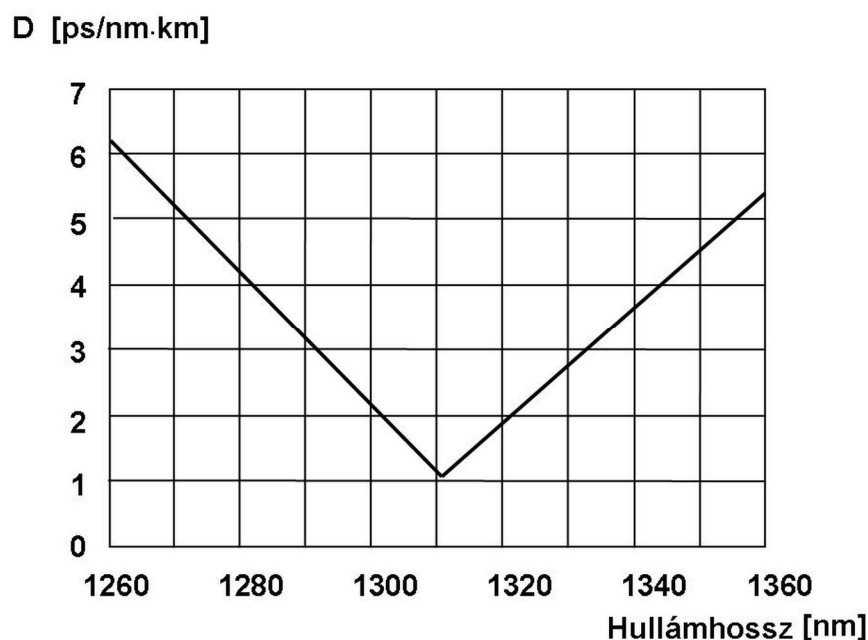
A diszperzió, vagy fényoszóródás jelensége a jel "elkenődéséhez", torzulásához vezet, mely a távolság arányában nő. Ezért különösen hosszabb szakaszok esetén (>40 km), már nem csak a csillapítás, hanem a diszperzió is korlátozó tényezővé válik. A kromatikus diszperzió erősen hullámhossz függő, 1310 nm-en az értéke nulla. Mind a kisebb, mind pedig a nagyobb hullámhosszak felé ez az érték nő. Például 1550 nm-en a fajlagos diszperzió érték maximálisan 20 ps/nm/km lehet.

Ennek mérése egy erre a célra készült diszperzió mérővel történhet. A mérési összeállítás az ábrán látható. A mérés kezdetén kábel egy tetszőleges erét referenciának tekintjük, és ezt csatlakoztatjuk az adó referencia kimenetéhez. Az ér másik végén lévő csatlakozót a vevő referencia bemenetéhez csatlakoztatjuk. A kábel ereit az adó mérés feliratú kimenetéhez és a vevő mérés feliratú bemenetéhez egymás után csatlakoztatva meghatározható az egyes erek kromatikus diszperzió értéke.



23. ábra. Diszperzió mérése

Az ITU-T szabvány szerint a diszperzió értékét (nem eltolt diszperziójú szálak esetén) az 1300-nm-es ablakban a fenti görbe határozza meg. Abszolút értékben írják elő a tűrést, a maximális megengedett diszperziót.



24. ábra. Diszperzió szabványos megengedett értéke 1300 nm-en

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Ez a tananyagelemet csak az optikai alapismeretek elsajátítását követően lehet megérteni. Addig a mérőeszközök nem kezelhetők. Amennyiben nincs ilyen végzettsége a diáknak, csak bemutató jellegű mérések szervezhetők ebből a részből. Az egyes fogalmaknál pedig ki kell térni azok rövid magyarázatára.

Ez a tananyagelem elméletigényes gyakorlattal sajátítható el. A műszerkezeléseket egy kiépített hálózaton, vagy művonalon kell bemutatni, és fázisonként egyénileg gyakoroltatni a diákokkal. A végén egy-egy komplex feladattal mindenki kipróbálhatja, hogy sikeresen elsajátította-e a tananyagot.

Érdemes az anyagot és a méréseket lépésenként követni és bemutatni. Ehhez nyújt segítséget az alábbi vázlat.

Tananyag-vázlat:**5. Visszavágásos csillapításmérés**

- Mérés alkalmazása
- Mérési összeállítás

6. Beiktatásos csillapításmérés

- Mérés alkalmazása
- Mérési összeállítás
- Mérések kiépített hálózaton

7. Mérés OTDR-rel)

- OTDR-ek működése
- Szakaszcsillapítás mérése
- Kötéscsillapítás mérése

8. Diszperziómérés

- Mérés alkalmazása
- Mérés menete

A csillapításmérések bemutató jelleggel oktathatók. Ezt követően mérővonalon egyéni méréseket kell előírni, hogy mindenki begyakorolhassa a fogásokat.

Az OTDR megismerése, kezelésének elsajátítása több órát is igénybe vehet. Érdemes különböző beállításokat, eredmények kiértékelést gyakoroltatni. Amennyiben OTDR nem áll rendelkezésre, akkor külső helyszínen, egy cégnél kell azt a feladatot elvégezni.

Az eszközök megismeréséhez az alábbi készségek fejlesztésére is szükség van:

- *Információforrások kezelése*
- *Folyamatábrák olvasása*
- *Folyamatábrák készítése*
- *Diagram, nomogram olvasása, értelmezése*
- *Diagram, nomogram készítése*

A műszerekhez tartoznak gépkönyvek, használati útmutatók. Ezek értelmezése és kezelése alapvető feladat. Amennyiben ez a készség fejlesztésre szorul, úgy otthoni feladat keretében dolgoztassuk fel ezeket a műszaki dokumentumoknak egyes részleteit, és ezt követően tárgyaljuk ki a csoporttal. Ehhez szorosan kapcsolódik a folyamatábrák olvasása, a diagramok értelmezése is. Ez szintén az említett feladattal fejleszthető.

A mérési eredmények feldolgozása lehetőséget biztosít a folyamatábrák és a diagramok készítéséhez. Tapasztalat, hogy fejből ilyen ábrák készítése már nem egyszerű feladat. Ezért minden mérést követően a jegyzőkönyv alapján meg kell követelni az eredmények és a folyamatok ábrázolását.

Az elsajátított ismeretek alkalmazásához szükség van módszer- és személyes kompetenciákra is:

- *Logikus gondolkodás (Módszerkompetencia)*
- *Ismeretek helyén való alkalmazása (Módszerkompetencia)*
- *Gyakorlatias feladatértelmezés (Módszerkompetencia)*
- *Numerikus gondolkodás, matematikai készség (Módszerkompetencia)*
- *Körültekintés, elővigyázatosság (Módszerkompetencia)*
- *Kézügyesség (Személyes kompetencia)*

A logikus gondolkodás, és az ismeretek helyén való alkalmazása nélkül a mérési feladatok nem oldhatók meg. A numerikus gondolkodás és matematikai készség a mérési jegyzőkönyvek készítésénél elengedhetetlenül fontos. Fejlesztésük ezen a szinten már csak a mérési feladatok önálló megoldásán keresztül fejleszthetők. A kellő körültekintésre és elővigyázatosságra fel kell hívni a figyelmet. Ilyenek a lézerek veszélyei, a szálak alkalmazása és a műszerek érintésvédelme.

Nagy szerepet játszik a kézügyesség az optikai méréseknél. A fogásokat is érdemes begyakoroltatni a diákokkal.

Az anyagban található legfontosabb fogalmak és kifejezések:

Csupasz szálvég csatlakozó a megtisztított és merőlegesre letört szálvégre közvetlenül feltehető csatlakozó típus mérésekhez.

Egymódusú szál, melyben egyetlen egy útvonalon terjedhet a fény.

Előtétszál, melyet méréskor a műszer és a hálózat közé iktatnak, be, hogy a hálózat pontosabb mérése érdekében.

Fajlagos csillapításnak nevezzük a szál kilométerenkénti csillapítás értékét.

Holtzóna az OTDR-en azon hibahelyek környéke, ahol nem lehet pontos méréseket végrehajtani.

Kromatikus diszperzió, fénytől függő, a jel időbeli szóródása, mely anyagi jellemzőktől és a fénytől (annak törésmutatójától) függ.

Levágási hullámhossz, mely megadja, hogy a szál mely hullámhossztól kezdve viselkedik egymódusúként.

Mikrohajlat a szálban gyártás folyamán keletkezett "hullámosság".

Módusirtó egy olyan eszköz, mely a köpenyben terjedő fényt kiszűri.

Módusmező, az a terület a szálban, ahol a módusok terjednek.

Multimódusú szál, melyben több módusban, több úton terjedhet a fény.

OTDR, visszaszórásmérő, mely reflexiós elven képes a hálózat paramétereit vizsgálni.

Végül nagyon fontos, hogy végezze el az önellenőrző feladatokat. Próbálja meg először önállóan és csak ezután a megoldásokban leírtakkal összevetni. Mindig értékelje saját teljesítményét!

ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK**1. feladat Teszt**

Összeállítottunk egy tesztet az optikai méréselmélet témaköréből. Töltsd ki a kérdések alatt található táblázatot, a megfelelő rublikába egy X-et helyezve. Egy kérdésre csak egyetlen válasz elfogadható.

1. Mekkora a monomódusú szálak mag/héj átmérője?

- A 50/250 μm
- B 50/125 μm
- C 10/125 μm
- D 8,3/125 μm

2. Mekkora a minimál csillapítású szál fajlagos csillapítása 1550 nm-en?

- A 2,5 dB/km
- B 0,36 dB/km
- C 0,22 dB/km
- D 0,19 dB/km

3. Melyik csillapításmérési módszer nem alkalmazható a kiépített vonalon?

- A Visszavágós csillapításmérés módszere
- B Visszaszórós csillapításmérés módszere
- C Beiktatós csillapításmérés módszere
- D Reflexiós csillapításmérés módszere

4. Miért van szükség módusirtóra?

- A Hogy kevesebb módus terjedjen a szál magjában.
- B Hogy a köpenyben terjedő módusokat kiszűrje.
- C Hogy a más hullámhosszú módusokat kiszűrje.
- D Nincs rá szükség, anélkül is pontos a mérés.

5. Miért van szükség két optikai szintvevőre a beiktatós módszer alkalmazásánál?

- A Mert egy mérés sohasem pontos, így két vevővel kell mérni.
- B Mert a hálózat távlegén mért eredményt hasonlítjuk össze az 1 m-es patch-kábel eredményével.
- C Mert a hálózatot mindkét irányból le kell mérni, így mind a két végére vevőt kell illeszteni.
- D Hogy legyen tartalék eszközünk meghibásodás esetére.

6. Mire nem használható az OTDR?

- ASzakaszcsillapítás mérésére.
- B Hibahely keresésére.
- C Reflexiós csillapítás mérésére.
- D Diszperzió mérésére.

7. Melyik hibatípus okoz nem reflexiós jellegű hibát az OTDR diagramján?

- A Hegesztett kötés.
- B Csatlakozós kötés.
- C Szálban lévő hiba.
- D A szál vége.

8. Hogyan lehet valós szakaszt mérni OTDR-rel két hibahely között?

- A A két hibahely közötti szintkülönbséget egyszerűen leolvassa a diagramról.
- B Négy pontos módszer segítségével.
- C A hibahelyektől távolabb egy-egy mérhető szakaszon felvéve két pont szintkülönbségéhez az eltérés fajlagos csillapítását hozzáadva.
- D A reflektált hullámok nagyságából számítható.

	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

2. feladat OTDR használata

Elkészült egy távközlési hálózat fizikai kiépítése és szerelése optikai kábelek segítségével. A feladat a megrendelő részére átadni az új létesítményt és OTDR segítségével meg kell mérni a szakasz csillapítását!

Ismertesse a végrehajtandó mérési eljárást! Részletezze, a végrehajtás fázisait és azok magyarázatát!

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat Teszt

	A	B	C	D
1			X	
2				X
3	X			
4		X		
5		X		
6				X
7	X			
8			X	

2. feladat OTDR használata

Szakaszmérés OTDR-rel:

- A szál végére csatlakozó szerelése (csupasz szálvég csatlakozóval, vagy a hálózat végére csatlakoztatott pigtail segítségével)
- OTDR csatlakoztatása (a csatlakozót az optikai kimenethez illesztik)
- Mérési paraméterek beállítása (hullámhossz, mérőjel...)
- Mérés
- Szakaszmérés kiértékelése (a kapott diagramon 900 mre egy pont, majd a vége előtt 100 m-re egy másik pontot felvéve, a kettő közti szintkülönbséget számítva és 1 km szál csillapítását hozzáadva.)
- Mérési jegyzőkönyv készítése (dokumentálás és szóbeli értékelés)

IRODALOMJEGYZÉK

Elek Attila: Nyomvonalas távközlési hálózatépítési technológiák kézikönyve Magyar Elektronikai és Infokommunikációs Szövetség, Budapest, 2006.

Rónai András: Rézvezetős mérés és hibabehatárolás (ppt előadás) MATÁV Oktatási Igazgatóság, Budapest, 2004.

Vigh Sándor: Optikai hálózatok, Puskás Tivadar Távközlési Technikum ; Budapest, 2000.

MUNKANYAG

A(z) 0910-06 modul 005-ös szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
33 523 03 1000 00 00	Távközlési műszerész
54 523 03 0010 54 01	Beszédátviteli rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 02	Elektronikus hozzáférési és magánhálózati rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 03	Elektronikus műsorközlő és tartalomátviteli rendszertechnikus
54 523 03 0010 54 04	Gerinchálózati rendszertechnikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
15 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.
Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató