



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve: Tóth-Sáfrány Edina Rita

2021.

Hallgató törzskönyvi száma: T006819/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport: Villamos energia rendszerek



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Tóth-Sáfrány Edina Rita

Szaktervezési szám: SZD21090213451825

Törzskönyvi szám: T006819/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (Budapest)

Specializáció: Villamosenergetika specializáció

Villamosenergia-rendszerek modul

A dolgozat címe: Jelátalakítás, optikai jelátvitel

A dolgozat címe angolul: SIGNAL CONVERSION, OPTICAL SIGNAL TRANSMISSION

A feladat részletezése: 1.) Szakirodalom (Optikai jelátvitel: Optikai adó, Optikai vevő)

2.) Optikai szál használata a villamosenergia-iparban

3.) Optikai hálózatok konfigurációi (Aktív optikai hálózat, Passzív optikai hálózat)

4.) Optikai jelátvitel villamosenergia-ipari alkalmazása

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

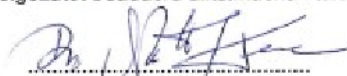
A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 07.

P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021. 12. 07.

Toth-Sáfrány Edina Rita
hallgató aláírása

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni férjemnek, édesanyámnak, nagymamámnak és nagybátyámnak a támogatást és biztatást, mely nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el. Szeretném megköszönni még konzulensemnek Dr. Novothny Ferenc tanár úrnak a segítségét, melyet dolgozatom megírása közben kaptam.

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS.....	6
1. OPTIKAI JELÁTVITEL.....	7
1.1. Optikai adó.....	8
1.1.1. LED (Light Emitting Diode).....	9
1.1.2. LÉZER.....	9
1.2. Moduláció.....	12
1.2.1. Intenzitásmoduláció.....	12
1.3. Optikai veszteségek.....	13
1.4. Optikai vevő.....	14
2. OPTIKAI SZÁL HASZNÁLATA A VILLAMOS-ENERGIA-IPARBAN.....	16
2.1. Az információ-továbbítás fizikai leírása.....	16
2.2. Az optikai szál kialakítása.....	17
2.3. Az optikai kábelek előnyei és hátrányai.....	20
2.4. Optikai szálak alkalmazása a magyarországi villamos energia iparban.....	21
2.5. Optikai kábelezés gyakorlati kivitelezése.....	22
3. OPTIKAI HÁLÓZATOK KONFIGURÁCIÓI.....	24
3.1. Aktív optikai hálózat.....	25
3.2. Passzív optikai hálózat.....	26
4. OPTIKAI JELÁTVITEL VILLAMOS-ENERGIA – IPARI ALKALMAZÁSA.....	30
4.1. Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) útvonal általános ismertetése.....	30
4.2. Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) útvonalnál használt berendezések.....	32
4.2.1. SIEMENS SWT3000 védelmi és jelátviteli berendezés.....	33
4.2.2. SIEMENS FOBox konverter.....	35
4.3. Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) kapcsolat létrehozásához szükséges munkálatok.....	35
4.3.1. Kiinduló alállomáson végrehajtandó munkálatok.....	35
4.3.2. A cél alállomáson végrehajtandó munkálatok.....	37
4.4. További követelmények a Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) útvonal kialakítása során.....	38
ÖSSZEFOGLALÁS.....	40
SUMMARY.....	42
ÁBRAJEGYZÉK.....	43
IRODALOMJEGYZÉK.....	44

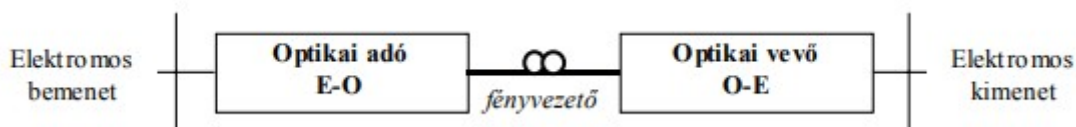
BEVEZETÉS

Néhány évvel ezelőtt még misztikumnak számított volna, ha valaki optikai szálakat szeretett volna alkalmazni, használni, ma már át és átszövik mindennapjainkat. Ebből is látszik, hogy a mai technológiai világ fejlődése nagyon gyorsan zajlik és a különböző iparágaknak köztük a villamos energia iparágnak, ha nem szeretnének lemaradni akkor fejlődniük kell velük együtt. A mai villamos energia iparnak egyre jobban kezd szerves részévé válni az optikai szálakon keresztül történő optikai jelátvitel. Optikai jelátvitel alatt azt a folyamatot értjük manapság, amikor először digitalizálják a jeleket és az így nyert elektromos impulzusokat fényimpulzusokká alakítják át. Az optikai adó a legtöbb esetben lézer-dióda, míg az optikai vevő pedig fotodióda. Az információt az optikai kábelek esetében a fény továbbítja, ami több tíz km áthidalását is lehetővé teszi és érzéketlen a külső zavarokra. A magyarországi villamos energia iparban az optikai jelátvitelt egy nemzeti optikai jelátviteli gerinchálózat kiépítésében hasznosították, mely úgynevezett OPGW (Optical Ground Wire) technológiával létrehozott távvezeték nyomvonalon halad. Az OPGW technológia lényege, hogy már gyárilag elhelyezték a legfelső, villámhárításra szolgáló vezetékekbe az optikai szálakat. Az előzetes tervek szerint az országos optikai hálózat teljes hossza el fogja érni a 15 000 kilométert 2022-ben. Ebből is látszik, hogy mennyire fejlődő technológiáról van szó.

Szakdolgozatom témájául a jelátalakítás, optikai jelátvitelt választottam, mivel a mai villamos energia iparban napi szinten alkalmazzák ezt a technológiai megoldást. Dolgozatomban szeretnék az optikai jelátvitel villamos energia – ipari alkalmazására egy általános gyakorlati példát bemutatni, mely segítségével meg tudhatjuk, hogy milyen folyamatokra, milyen berendezések alkalmazásával lehet felhasználni ezt a nagyon gyorsan terjedő és fejlődő optikai jelátalakítási technológiát. Az általam választott gyakorlati példa a 400 kV-os alállomásokon lévő távolsági védelmi készülékek közötti jelátvitel során alkalmazott Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) útvonal bemutatása lett.

1. OPTIKAI JELÁTVITEL

Az 1. ábra szemlélteti az optikai átviteli rendszer egyszerűsített blokkvázlatát [1].



1. Ábra: Optikai átviteli rendszer blokkvázlata [1]

Először az elektromos információ más néven az átviendő jel megérkezik az átviteli rendszer bemenetére, melynek segítségével a fényhullám valamilyen tulajdonságát fogjuk tudni modulálni. A második lépésként az optikai jelet, mely az információt hordozza továbbítjuk. Harmadik lépésként a továbbított jelet visszaalakítjuk elektromos információvá a vevőben. Az átviteli folyamat végén elektromos jel jelenik meg a kimeneten. A folyamat során minden esetben a fény intenzitását moduláljuk ez az úgy nevezett intenzitásmoduláció, mivel jelenleg bonyolultabb modulációt nem éri meg alkalmazni. A pillanatnyi teljesítmény arányos az átviendő jellel intenzitásmoduláció esetén. Ebből következik, hogy nemlineáris kapcsolat áll fenn az átviendő jel és az amplitúdó között. A digitális átvitel esetén az amplitúdó moduláció és az intenzitás közti különbségnek nincs nagy jelentősége legtöbbször, de fontos az analóg moduláció szempontjából. Az optikai hullámvezető az átviteli közeg, melynek az átviteli tulajdonságai szabják meg az átvitel minőségét. Itt kell megemlítenünk, hogy az átvitelt befolyásolják még az optikai generátorok, detektorok tulajdonságai is. A legfontosabb elemei az összeköttetési rendszernek:

- az optikai adó vagyis az elektromos-optikai átalakítás,
- az optikai vevő vagyis az optikai-elektromos átalakítás,
- az összeköttetést megvalósító fényvezető vagyis az optikai szál.

Az átviteli sebesség és a jelcsillapítás szerint jellemezhetjük az összeköttetést.

Fontos paraméterek az optikai csillapítás szempontjából:

- a kimeneti optikai teljesítménye az adónak,
- az összeköttetés csillapítása, mely a következőket tartalmazza a be- és kicsatolás csillapítását, a szálcscillapítást és végül a csatlakozók veszteségét,
- a vevő érzékenysége, amelyet a következők határoznak meg a fotonok sörétzaja és az elektromos erősítő termikus zaja.

Itt kell megemlítenünk, hogy a termikus zaj elhanyagolhatóan kicsi nagy frekvenciákon ebből következik, hogy nincs termikus zaja az optikai eszközöknek. Ezeket szokták úgy nevezett THz-es nagyságrendű jelekként említeni.

A következő paraméterek határozzák meg az átviteli sebességet:

- az adó sebessége, mely azt jelenti, hogy a kimeneti optikai jel intenzitása milyen sebességű változását tudja lekövetni a moduláló jelnek,
- az optikai szál diszperziója,
- a vevő sebessége.

Az összeköttetés minőségét számos más paraméter is befolyásolhatja úgy, mint páratartalom, árnyékolás, öregedés, nedvesség stb [1].

1.1. Optikai adó

Manapság a jel előállítására általában lézerdiódákat használnak. Némely alkalmazásokban LED is előfordulhat, mint optikai adó feltételezve, hogy a szükséges paraméterek megengedek [1].

1.1.1. LED (Light Emitting Diode)

A LED nem koherens fényt bocsát ki, ebből kiindulva a kibocsátott fénysugár nagy átmérőjű. Ebből adódóan a becsatolási veszteség szintén nagy lesz.

Jellemzői még a következők:

- nagy vonalszélesség (50-100 nm),
- kis teljesítmény (100 μ W),
- olcsó.

Kis távolságú összeköttetésekre körülbelül méteres nagyságrendben, kis modulációs sebességnél körülbelül 50 Mbit / s esetén használható [1].

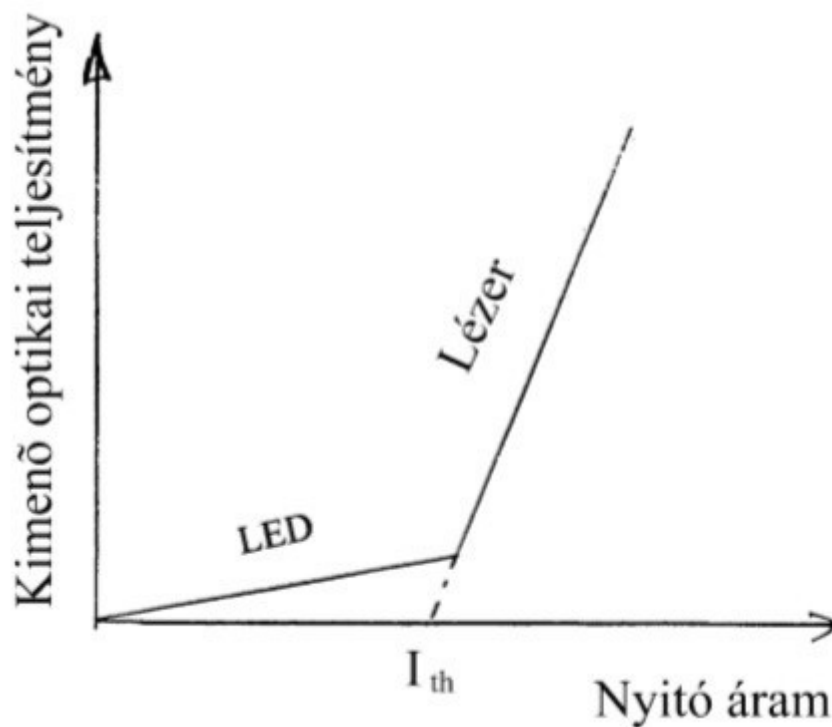
1.1.2. LÉZER

Jellemzői:

- keskeny átmérőjű a kibocsátott fénysugár,
- nagyobb teljesítmény,
- keskeny emissziós spektrum,
- drágább.

A lézer koherens fényt bocsát ki magából az előfeszítő áram hatására. Maga a műszer minden elektrontól fotont nem képes előállítani. Azt, hogy hány %-os az átalakítás a konverziós veszteség adja meg.

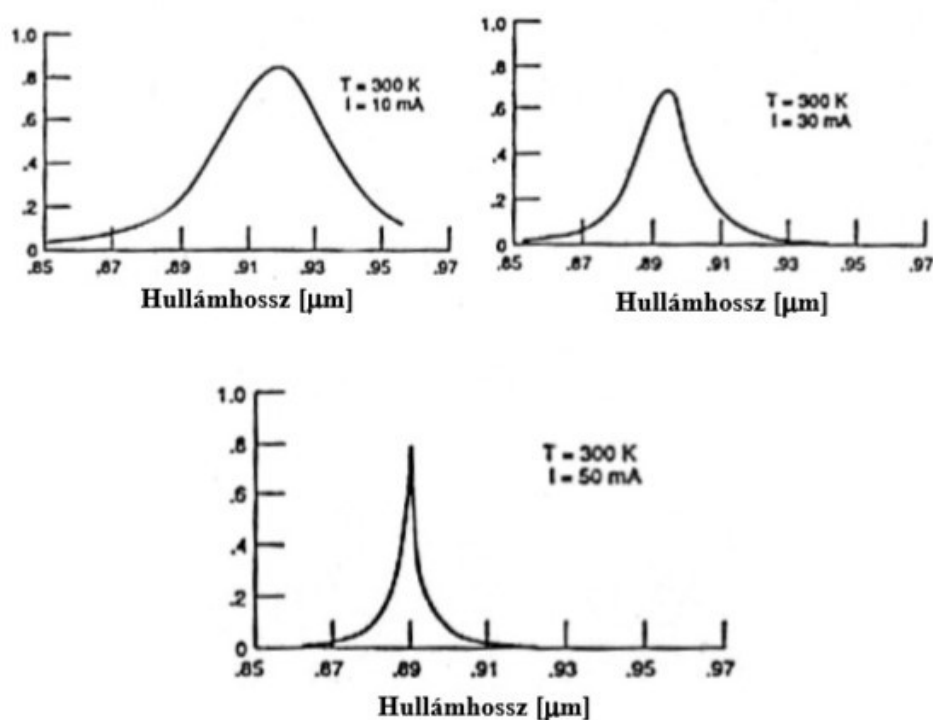
A 2. ábra szemlélteti a teljesítmény – áram karakterisztikáját a félvezető lézereknek [1].



2. Ábra: A gerjesztő áram függvényében a lézardióda kimenő teljesítménye [1]

A 2. ábrából jól látszik, hogy van a karakterisztikának egy töréspontja más néven küszöbáram (I_{th}), mely feletti tartományban beszélhetünk lézer működésről. Természetesen fénykibocsátás van a küszöbáram alatt is, de ebben a tartományban a LED viselkedéséhez hasonló a műszer viselkedése. Jól látható a 2. ábrán a konverziós tényező vagy nyereség, mely a küszöbáram feletti tartomány lineáris szakasz meredeksége. A konverziós tényező vagy nyereség megmutatja, hogy 1 mA moduláló áramingadozás hatására hány mW fényteliesség-változás következik be.

A 3. ábrán a lézer optikai spektruma látható [1].



3. Ábra: Beindulása a lézerműködésnek [1]

Egy lézervedióda által kibocsátott optikai spektrum fejlődését láthatjuk a 3. ábrán az előfeszítés függvényében. Az első spektrumon széles spektrumot láthatunk, mely kis árammal történő gerjesztés hatására alakul ki. A második spektrumon észrevehetjük, hogy növelve a gerjesztő áramot vagyis közeledve a küszöbponthoz a spektrum szűkül. Végül, de nem utolsósorban az utolsó spektrumon az figyelhető meg, hogy beindul a lézerműködés, mivel a gerjesztéssel a küszöbpont fölé kerültünk. Összességében elmondhatjuk, hogy a lézerműködés beindulása jól észrevehető a 3. ábrán. Egy vonalnak felelne meg ideális esetben az átvitelre kerülő optikai jel spektruma azonban a valóságban zajszávszélességről beszélhetünk, mivel zajosabb a spektrum. Az okozza a lézer zaját, hogy nem mindig ugyanannyi foton hagyja el a lézert [1].

1.2. Moduláció

A moduláló jel függvényében lehetőségünk van elméletileg az optikai vivő számos paraméterének változtatására. Figyelembe kell vennünk a moduláció során, hogy melegíti az eszközt az elveszett elektromos teljesítmény, emiatt leromlik, megváltozik a kristályszerkezet vagyis a jó hőelvezetés kialakítása elengedhetetlen feltétel. A különböző modulációs lehetőségek közül általában az intenzitásmodulációt használják, melynek oka az egyszerűségében rejlik [1].

1.2.1. Intenzitásmoduláció

Jellemzői:

- Egyszerű konstrukció,
- Nagy teljesítményű mikrohullámú erősítő szükséges hozzá,
- Közvetlenül lehet detektálni,
- A modulációhoz szükséges teljesítményt egy meghajtó áramkör biztosítja,
- Közvetlen modulációs eljárás,
- Korlátozott modulációs mélység.

A modulációs mélység vagy más néven modulációs index fontos paramétere az így modulált optikai jelnek. A modulációs index definíciója a következő [1]:

$$m = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}} \quad (1.1)$$

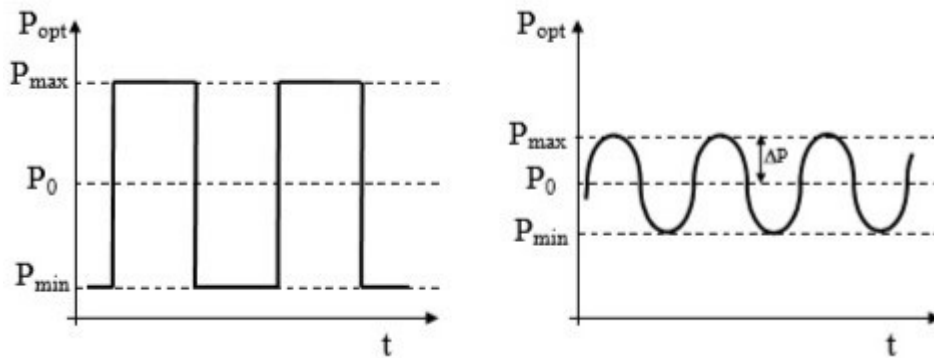
Színuszos moduláció esetén a következőképpen néz ki a modulációs index [1]:

$$m = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}} = \frac{\Delta P}{P_0} \quad (1.2)$$

$$P_{\max} = P_0 + \Delta P \quad (1.3)$$

$$P_{\min} = P_0 - \Delta P \quad (1.4)$$

A 4. ábrán látható a digitális és szinuszos moduláció esetén a modulációs mélység meghatározása [1].



4. Ábra: Digitális és szinuszos moduláció esetén a modulációs mélység meghatározása [1]

1.3. Optikai veszteségek

Az optikai szálba be kell csatolni a lézer kimeneti jelét ehhez illeszteni kell a két eltérő geometriai felépítésű eszközt egymáshoz. Sajnálatosan ez a becsatolás nem veszteségmentes, általában 1-3 dB becsatolási veszteséggel kell számolni. A tervezés során figyelembe kell vennünk az átviteli közegként használt optikai szál legfontosabb tulajdonságait, melyek a következők:

- az egyszerre terjedni képes módusok száma,
- a szóródási jelenségek,
- a csillapítás.

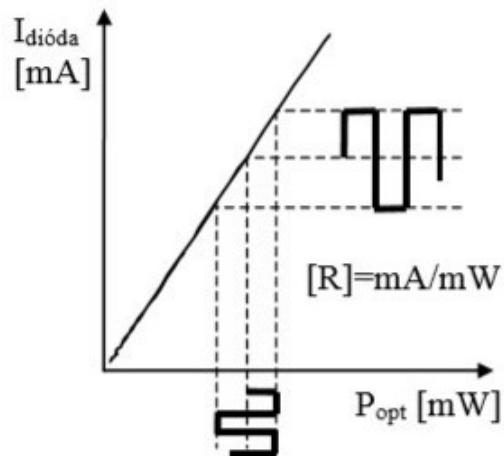
A szál csillapításán kívül figyelembe kell venni a hegesztések (körülbelül 0,05 dB) és az optikai csatlakozók (0,1..0,4 dB) csillapítását is, amikor az összeköttetés veszteségét számoljuk. Reflexiót generál, csillapítással rendelkezik minden optikai csatlakoztatás vagyis amikor optikai szál-levegő-optikai szál átmenet történik. A gyakorlatban emiatt a

technológia által megengedett hosszúságú darabokból hegesztéssel állítják össze a hosszú vezetékeket. Üvegszálakat alkalmaznak az optikai hálózatokban [1].

1.4. Optikai vevő

Általában a vevőben fotodióda végzi az optikai-elektromos átalakítást. A két különböző elem illesztéséről ezen a részen ismét gondoskodni kell. Az optikai vevő esetében általában kisebb a kicsatolási veszteség, mint a becsatolási veszteség, ennek oka abban keresendő, hogy a lézerdiódához képest a fotodióda tipikusan nagyobb méretű. A beérkező fotonokat elnyeli a fotodióda, mely következtében elektromos töltéshordozók keletkeznek benne. Természetesen elektront nem minden foton generál. Jellemezhetjük a bejövő optikai teljesítmény-generált fotoáram karakterisztikával. Az eszköz érzékenységet (R-Responsivity) a karakterisztika meredeksége adja meg, ebből megtudhatjuk, hogy hány mA fotoáram keletkezik 1mW belépő optikai teljesítmény hatására. A keletkező áram is követi az intenzitásmodulált belépő optikai jel időbeli változásait.

Az 5. ábra szemlélteti a fotodióda karakterisztikája [1].

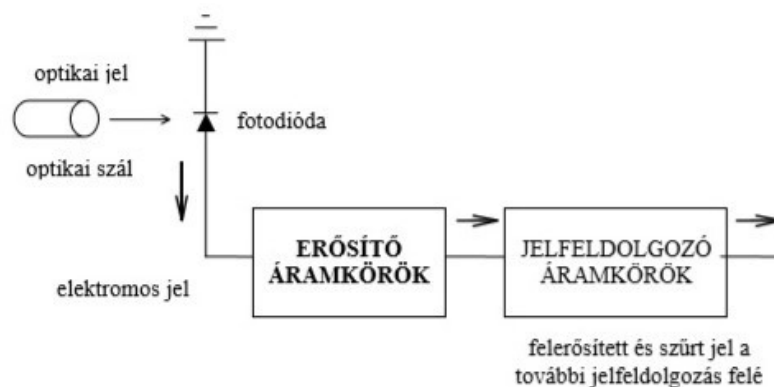


5. Ábra: A fotodióda karakterisztikája [1]

A terhelő ellenállás csatlakozik a vevő kimenetére. A következő szempontokra fontos figyelni a rendszer tervezése során:

- megfelelő legyen az érzékenysége,
- tudja követni a nagy sebességű működést,
- a vevő által hozzáadott zajt vegye figyelembe.

A 6. ábra egy általános blokkvázlatot mutat be egy optikai vevőkészületről [1].

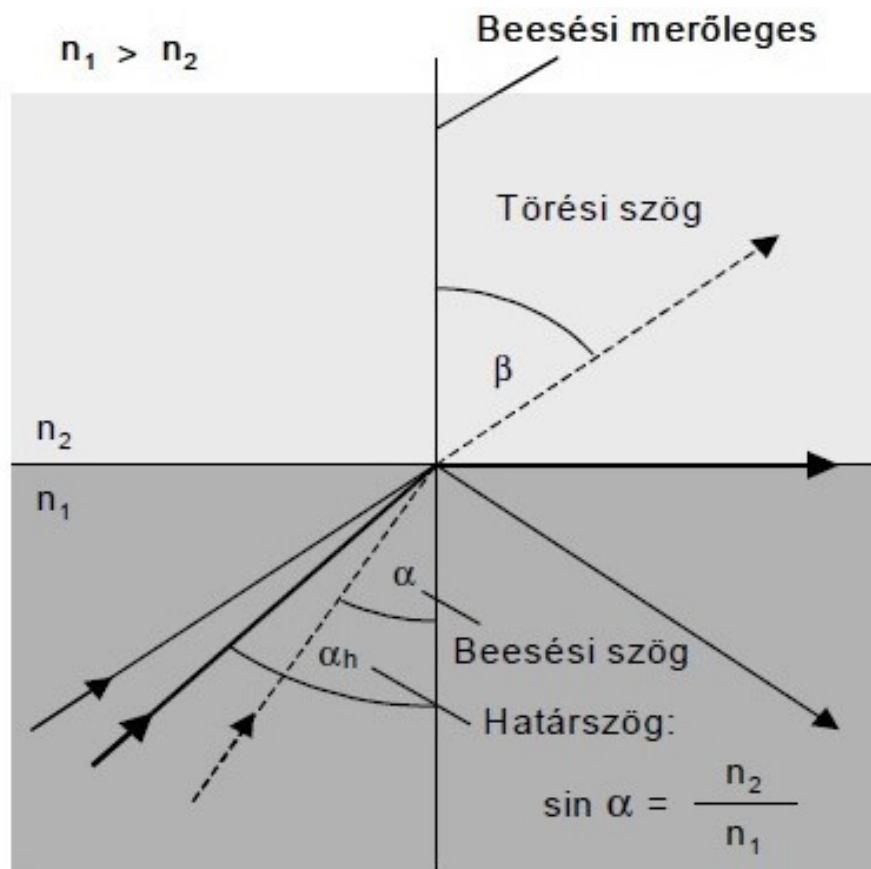


6. Ábra: Általános blokkvázlat egy optikai vevőkészületről [1]

2. OPTIKAI SZÁL HASZNÁLATA A VILLAMOS-ENERGIA-IPARBAN

2.1. Az információ-továbbítás fizikai leírása

A fényvisszaverődés elvén alapul az információtovábbítás az optikai szálban. A fény teljes visszaverődést szenved, amikor a beesési szög elég nagy, vagyis meghaladja azt a bizonyos határszöget, továbbá a nagyobb törésmutatójú közegből a kisebb törésmutatójú közegbe nem tud kilépni. A fény teljes visszaverődését a 7. ábra szemlélteti. A 7. ábrán emellett láthatjuk a fénytörés jelenségét is [5].



7. Ábra: Teljes visszaverődés és fénytörés [5]

Az ismert Snellius-Descartes törési törvényből könnyen és egyszerűen meg tudjuk határozni a határszög értékét [5]:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.1)$$

Teljes visszaverődés határán a törési szög $\beta = 90^\circ$ értéket vesz fel. A törési törvényt a következő formában írható fel a teljes visszaverődés határán [5]:

$$\sin \beta = \frac{n_1 \sin \alpha_h}{n_2} \quad (2.2)$$

$$\sin \beta = \sin 90^\circ = 1 \quad (2.3)$$

$$1 = \frac{n_1 \sin \alpha_h}{n_2} \quad (2.4)$$

A törési törvényt tovább alakítva megkapjuk a határszög (α_h) értékét [5]:

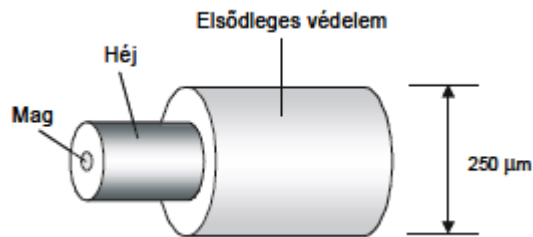
$$\frac{n_2}{n_1} = \sin \alpha_h \quad (2.5)$$

$$\alpha_h = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (2.6)$$

2.2. Az optikai szál kialakítása

Az optikai szál felépítése 3 részből tevődik össze: mag, héj, védőréteg. A szál legbelső részén található a mag, melynek a törésmutatója nagyobb, mint az őt körül vevő héjé. A szál mechanikai védelmében játszi szerepet a védőréteg, mely a héjat és a héjjal együtt a magot is körül veszi.

A 8. ábra szemlélteti az optikai szál felépítését [5].

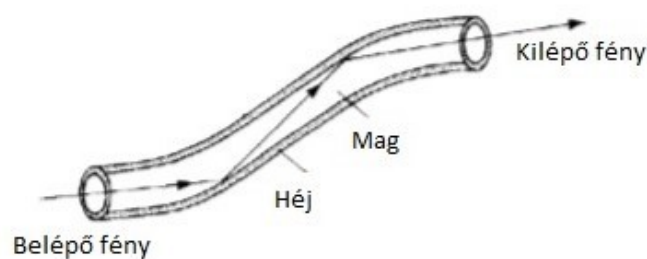


8. Ábra: Az optikai szál felépítése [5]

Kvarc vagy többkomponensű üveg a mag anyaga.

A héj anyaga szintén lehet kvarc, többkomponensű üveg, vagy műanyag.

A fényvezető szálban a szál tengelyével közel párhuzamosan haladó fénysugarak vezetését az biztosítja, hogy a belső mag törésmutatója nagyobb, mint a külső héj anyagának törésmutatója. A 9. ábra szemlélteti az optikai szálban a fény terjedését [5].



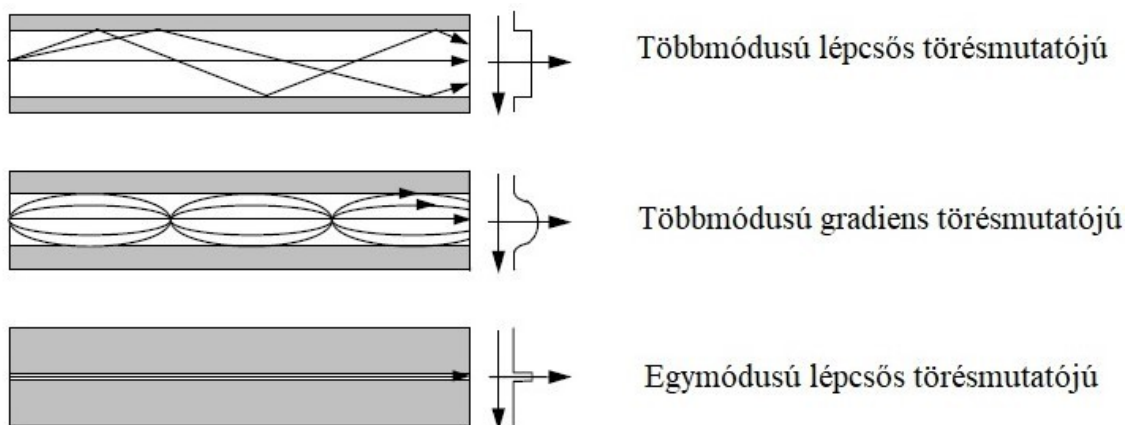
9. Ábra: Optikai szálban a fény terjedése [5]

A hullámhossz (λ) és a magátmérő (d_m) viszonyától függően egy- vagy többmódusú terjedést különböztetünk meg. Csak egymódusú terjedhet abban az esetben, ha elegendően kicsi (<10) a d_m / λ arány.

Háromféle típusú fényvezető szálak terjedtek el a gyakorlatban:

- egymódusú lépcsős törésmutatójú
 - ♦ a terjedő fény hullámhosszával azonos nagyságrendű néhány (1-10) μm a magátmérője, 100-150 μm a héj átmérője.
- többmódusú lépcsős törésmutatójú
 - ♦ 50-200 μm a magátmérője, 125-400 μm a héj átmérője.
- többmódusú gradiens törésmutatójú
 - ♦ 50 μm magátmérője, 125 μm a héj átmérője [5].

A 10. ábra szemlélteti a bemutatott háromféle típusú fényvezető szálakat [5].



10. Ábra: A háromféle típusú fényvezető szál [5]

A szokásos technológiával lehet fektetni az optikai szálakból kialakított kábeleket. Az így kialakított kábeleket az információátvitel szempontjából más kábelek közelsége nem zavarja. A meglévő rendszerekbe utólagosan is be lehet építeni őket kicsi tömegük és méretük következtében. A fent említett esetben az optikai kábelszerelvény integráns részei az elektromos / optikai és optikai / elektromos átalakítók. A kialakulható rezgések, valamint a deformációkkal szembeni kisebb ellenálló képessége gondot okozhatnak. Nagyvárosi környezetbe telepített rendszerekben jelenthetnek kockázati tényezőt a rezgések. Az optikai szálak szerelése manapság már megoldott.

Hidrogénlángos hegesztéssel a szálak megfelelő pozicionálása és előkészítése után kötések készíthetők. Megfelelő csatlakozók állnak rendelkezésre az oldható kötésekhez [5].

2.3. Az optikai kábelek előnyei és hátrányai

Számos előnyét különböztetjük meg az optikai kábeleknek az elektromos kábelekkel szemben úgy, mint:

- A veszteség nagyon kicsi, a minimális érték $\sim 0,15$ dB / km. Ez az érték 100-200 km ismétlő nélküli átviteli távolságot tesz lehetővé szemben a koaxiális kábelekkel, ahol ez csak néhány km.
- Nagyfokú flexibilitás, kis súly és kis méret.
- A sáv szélesség igen nagy, pl. a sáv szélesség és az átviteli távolság szorzatának értéke:
 - többmódusú gradiens törésmutatójú szálaknál ~ 1 Ghzkm,
 - egymódusú szálaknál ~ 100 Ghzkm,
 - ellenben ez az érték koaxiális kábelnél ~ 20 Mhzkm.
- Nagy zajvédetség, nem érzékenyek az elektromágneses interferenciára, nem zavarják a földhurkok.
- Nincs áthallás az egymáshoz közelfekvő vonalak között.
- Nagyobb a szál anyagának Young modulusa, mint a rézé.
- Egyszerű anyagokból előállíthatók úgy, mint üveg, kvarc.

Az optikai kábelek a következő hátrányokkal rendelkeznek az elektromos kábelekhez képest:

- Drágák a csatlakozóelemek és egyéb szerelvények hozzájuk.
- A deformációkkal szembeni hosszú idejű stabilitás mértéke még nem ismeretes esetükben.
- Az üveg törik a rugalmas határ fölött [5].

2.4. Optikai szálak alkalmazása a magyarországi villamos energia iparban

A 90-es években a fényvezető optikai kábelrendszerek létrehozását előtérbe helyezte Magyarországon is a nagy léptékben fejlődő távközléstechnika. A kezdetek óta részt vesz a Magyar Villamos Művek (MVM) OVIT Országos Villamostávvezeték Zrt. a magyarországi optikai jelátviteli gerinchálózat létesítésében, a fénykábelek üzemelő vagy újonnan épülő távvezetésekre való telepítésében adaptációs tervezéssel, szereléssel és méréssel teljes körű kivitelezőként [4].

Távközlési hálózatának fejlesztése során a Magyar Villamos Művek (MVM) Zrt. egy nagy kapacitású, korszerű és kimagasló megbízhatóságú rendszert építettek ki egy passzív (optikai gerinc) és aktív (átviteli és IP berendezések) elemekből. Ez a kiépített rendszer a rendszerirányítás távközlési igényeit teljes mértékben ki tudja elégíteni.

2012-ben megkezdte működését az MVM NET Zrt., mely az MVM Zrt. 100%-os tulajdonában lévő, de önállóan működő távközlési szolgáltató vállalata.

2013-ban a Nemzeti Távközlési Gerinchálózat (NTG) végpontjainak migrációjában és a járási székhelyek távközlési kapcsolatainak kiépítésében jelentős szerepet vállalt az MVM NET Zrt. Az állomások között úgynevezett OPGW (Optical Ground Wire) technológiával szerelt távvezetési nyomvonalon halad a gerinchálózat jelentős része. Ennek lényege, hogy az optikai szálakat már gyárilag elhelyezték a legfelső, villámhárításra szolgáló vezetékekbe [3].

A villamos átviteli gerinchálózatra épülnek javarészt az optikai összeköttetések. A távvezeték védővezetőiben (OPGW) található fényvezető szálak biztosítják a gerinchálózat nagy rendelkezésre állását, mely igazodik az országos villamos-ipari átviteli rendszer nyomvonalához. Megtalálhatóak még az ADSS és hagyományos földkábelekre épülő, többségében városi szakaszok az MVM NET Zrt. által üzemeltetett passzív hálózatban. Folyamatosan monitorozzák a hálózat gerincét biztosító optikai összeköttetéseket ezáltal rendkívül gyorsan tudják a hibát lokalizálni. Ennek következtében a hibajavítási idő jelentősen lerövidül. A szükséges magas rendelkezésre állást ezzel biztosítani tudják [2].

Várhatóan meghaladja a 15 000 kilométert az országos optikai hálózat teljes hossza 2022-ben, mely az MVM NET Zrt. elmúlt években megvalósított szisztematikus hálózatfejlesztésének a következménye lesz. Az MVM NET Zrt. által foglalkoztatott Network Operation Center (NOC) jól képzett, tapasztalt szakemberei gondoskodnak arról, hogy a fentebb nevezett hálózat a hét minden napján, napi 24 órában zavarmentesen működjön [3].

2.5. Optikai kábelezés gyakorlati kivitelezése

Számos területen alkalmazzák manapság az optikai hálózatokat, mivel az optikai hálózatok kiépítése és használata egyre kisebb költségbe kerül. Ennek következtében a hagyományos vezetékeket fokozatosan kiszorítja az optikai szál praktikusabb használata. Általánosságban a következő elemek szükségesek egy tetszőleges optikai hálózat kialakításához:

- optikai csatlakozók,
- optikai patch panelek,
- optikai kábel,
- aktív elemek és az őket befogadó szekrények [7].

Először az optikai kábeleket kell kiválasztani. Ennek során két lényeges szempontot kell figyelembe venni ezek a következők:

- az egyik a felhasználás helye,
- a másik pedig a kábelt érő külső behatások.

A kültéren és a beltéren használt kábelek eltérnek egymástól. A nedves környezetben alkalmazott kábelek esetében úgy, mint esős, ködös, zúzmarás környezetben alkalmazás esetén a vízhatlanságot biztosító rétegről gondoskodni kell. Továbbá vannak olyan kábelek, amelyek esetében fém védőréteget is alkalmazni kell, mivel ezek mechanikai hatásoknak vannak kitéve [7].

Következőként az optikai csatlakozókat kell kiválasztanunk, amelyekből többféle típus létezik, így a szabványok és a saját igényeink alapján választhatjuk ki a számunkra megfelelőt. A csatlakozók kialakításában a gyártók törekszenek arra, hogy megegyezzen a helyiségben felszerelésre került többi szerelvényével az optikai csatlakozók befogadását biztosító aljzatok kialakítása. Ez azt tartalmazza, hogy a külső megjelenés, az azonos méret a helyiségben megtalálható villamos szerelvényeknek egységes arculatot adjon [7].

Az optikai patch panelek szintén szerves részei egy optikai hálózatnak. Kettős szerepet játszanak. Egyrészt a törésektől, a mechanikai sérülésektől védik az optikai szálakat a fiókszerű kialakításukból adódóan. Másrészt feladatuk még az optikai csatlakozók fogadása mindkét irányból [7].

Napjainkban a csatlakozók és az optikai szálak összeszerelésére két eljárás terjedt el. A ragasztásos technológia az egyik, a másik pedig a gyors krimpelő technológia. A megfelelő minőségű és tartós csatlakozás létrehozásához mindkét előbb említett esetben gyakorlatra van szükség [7].

Végül de nem utolsósorban meg kell említenem az optikai rendező szekrényeket, amelyeket számos helyen úgy, mint a helyközi hálózatok, a gerinchálózat, a nagyvárosi hálózatok csomópontjain az optikai kábelek kifejtésére alkalmaznak. Az optikai kábelek megjelenése után a már meglévő hagyományos rendezők átalakításával történt meg az optikai rendezők kialakítása. Az új generációs optikai rendező szekrények, melyeket manapság alkalmaznak, külön kezelik a patching-et és külön a kötéseket. Ennek oka az, hogy a kötés menedzselése más feladatokat is igényel, míg az átrendezést a mai világban már napi szinten meg kell tudni valósítani. Továbbá meg kell említeni, hogy teljesen moduláris a rendező szekrények felépítése. Ennek előnye, hogy a felmerülő igénynek megfelelően tetszőleges méret és funkció építhető ki belőle [9].

3. OPTIKAI HÁLÓZATOK KONFIGURÁCIÓI

Az optikai hálózat konfigurációját meghatározzák az optikai átviteli közeg különféle átviteli megoldásai. A mai világban természetesen digitális a leggyakoribb átviteli mód. Az összeköttetés lehet szimplex vagy duplex is. Ez egy illetve két szálon is megvalósítható. Például a duplex kétszálas kivitel esetén azt jelenti, hogy az egyik szálon az egyik irányt, míg a másik szálon a másik irányt, vagyis a visszirányt bonyolítják le. Az optikai gerinchálózaton megvalósított összeköttetések ilyen kivitelben történnek. A legjobb minőséget nyújtó megoldás, mely emellett a legstabilabb is. Az egyszálas kiviteleket az előfizetői hálózatban kezdték el alkalmazni. Itt azt alkalmazzák, hogy hol az egyik, hol pedig a másik irány él ez az úgynevezett ping-pong módszer. Aszimmetrikus átviteli forma is létezik, amelynél csak egy irányban továbbítják az átviteli jeleket. Egyre gyakoribb az aszimmetrikus átvitel iránti igény, ahol a feltöltés sebessége ebben az esetben a sáv szélessége nem azonos a letöltéssel. Ez a különbség az Internet használatából adódik, mivel általában kevesebb jelet töltenek fel a világhálóra, mint amennyi jelet letöltenek onnan.

Két nagy csoportra oszthatók az optikai gerinchálózatok az aktív és a passzív optikai hálózatokra.

- Aktív optikai hálózatok: Ez esetben a csomópontokon aktív elemek találhatók, vagy erősítőt és regenerátort tartalmaz ez a hálózat.
- Passzív optikai hálózatok: Ennél a hálózathoz a két végpont között csak passzív eszközök találhatók.

A passzív optikai hálózatokat részesítik előnyben az aktív hálózattal szemben tervezéskor a következő okok miatt:

- kevesebb hibalehetőséget hordoznak magukban,
- olcsóbb eszközökkel építhetők ki,
- üzemeltetésük költsége is kisebb [8].

3.1. Aktív optikai hálózat

A legforgalmasabb hálózati szegmenséhez tartozik minden országban a gerinchálózat. A nagy távolságok hibamentes átvitele itt kulcs fontosságú olyan módon, hogy a 100 Mbit/s-ot is meghaladja a továbbítandó jel sebessége. Többszintű a magyarországi gerinchálózat.

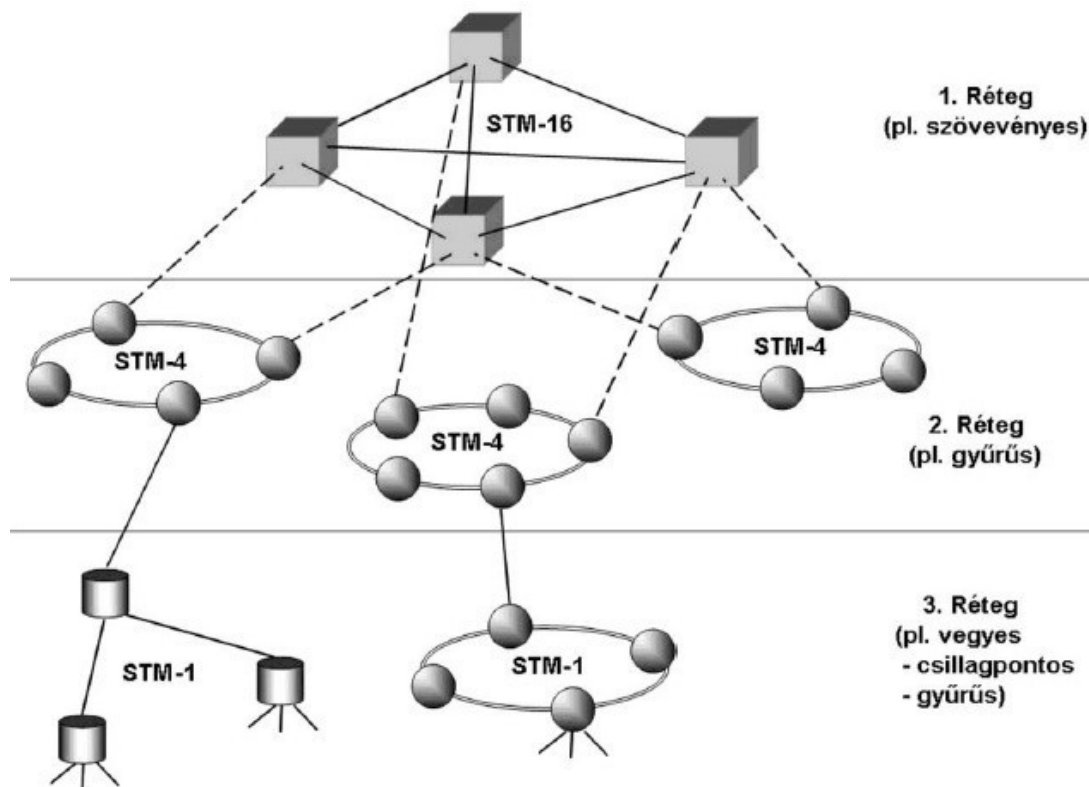
A maghálózat a legfelső szint, amely összeköti a főbb csomópontokat. Tervezéskor a legnagyobb kapacitású és legstabilabb hálózati síkot érdemes kiépíteni. Nagy problémát okoz a jel kiesés itt, mivel ebben a hálózati szintben már nagy-méretű és számú jeleket multiplexálnak és küldenek tovább. Szövevényes struktúrájú ez általában, mely annyit jelent, hogy fizikailag mindegyik mindegyikkel össze van kötve. Megállapítható, hogy ezzel a struktúrával egy tartalékolással ellátott stabil hálózat építhető ki. A meghibásodás elleni védelmet a szövevényes struktúra biztosítja. Könnyen található kábelelvágás, szakadás esetén kerülő útvonal, amelyre a forgalmat áterelhetjük, így a hálózat kiesés megszűnik.

A következő szinten lévő hálózat már gyűrűs szerkezetű, mely az egyik kedvelt hálózat kialakítási forma. Létrehozása során az állomásokat egyszerűen csak "láncrafüzzik" a topológiának megfelelően. Egy adott területet lát el egy-egy ilyen csomópont, vagyis az átviteli sebesség itt is nagy.

A szerkezet jellemzői a következők:

- a legkevesebb kábelből kiépíthető struktúra,
- olcsóbb,
- már nem annyira stabil tartalékolás szempontjából.

A nagyobb települések felfűzésére tökéletesen alkalmas ez a megoldás, mivel az optikai szakaszok 60 km nagyságrendűek lehetnek. Alapesetben Magyarországon nem szükséges alkalmazni erősítőt és regenerátort, mivel a távolságok nem haladják meg a 60 km-t. Továbbá aktív optikai elemek (multiplexerek) -találhatók a csomópontokon, melyek automatikusan helyreállítják a jelszintet. A 11. ábra egy réteges hálózat felépítését szemlélteti [8].



11. Ábra: Réteges hálózat felépítése [8]

Sokféle lehet a helyi hálózatok struktúrája. Azonban csillagpontos struktúrát alkalmaznak legtöbbször, tartalékkal rendelkező konfiguráció kiépítése csak egyes fontosabb felhasználók felé történik [8].

3.2. Passzív optikai hálózat

A hozzáférési hálózatokban terjedtek el a passzív optikai hálózatok. Ez abból ered, hogy itt a hálózatokat nagyon sokfelé kell szétosztani, így aktív megoldások esetén nagyon sok végberendezésre lett volna szükség. Az a feladata az elosztó hálózatnak, hogy minden felhasználó felé eljuttassa a jeleket. Az első széles körű alkalmazása során ezek a hálózatok általában szűrőket és splittereket (jelhasítókat) -tartalmaztak, melyek

segítségével a jeleket szétosztották. A teljesítmény alapján történt az osztás, azaz mindig az összes jel eljutott minden készülékig és ott a helyszínen már az adott előfizető dönthette el melyek a neki tetsző csatornák, amelyeket kiválaszthatott ezekből. Egyirányú, azaz szimplex összeköttetés biztosítására volt megfelelő ez a megoldás. Nem lehetett megvalósítani ezen az elven a vissza irányt, így ennek megoldására más megoldást kellett találni. Utána megjelentek a különböző típusú, azaz a duplex összeköttetések, melyekhez értelemszerűen megjelentek a kidolgozott szabványok és átviteli módok is. Természetesen nagyobb sávszélességet igényeltek a sokszámú csatorna átvitelek, így az úgy nevezett HFC (HFC = Hibrid Fiber and Copper) hálózatok jelentek meg, amelyekben csak a végső pár száz méteren alkalmaztak koax kábeleket addig a jel továbbítása optikai úton történt. Különböző struktúrák jelentek meg attól függően, hogy az optikai hálózatot meddig építették ki:

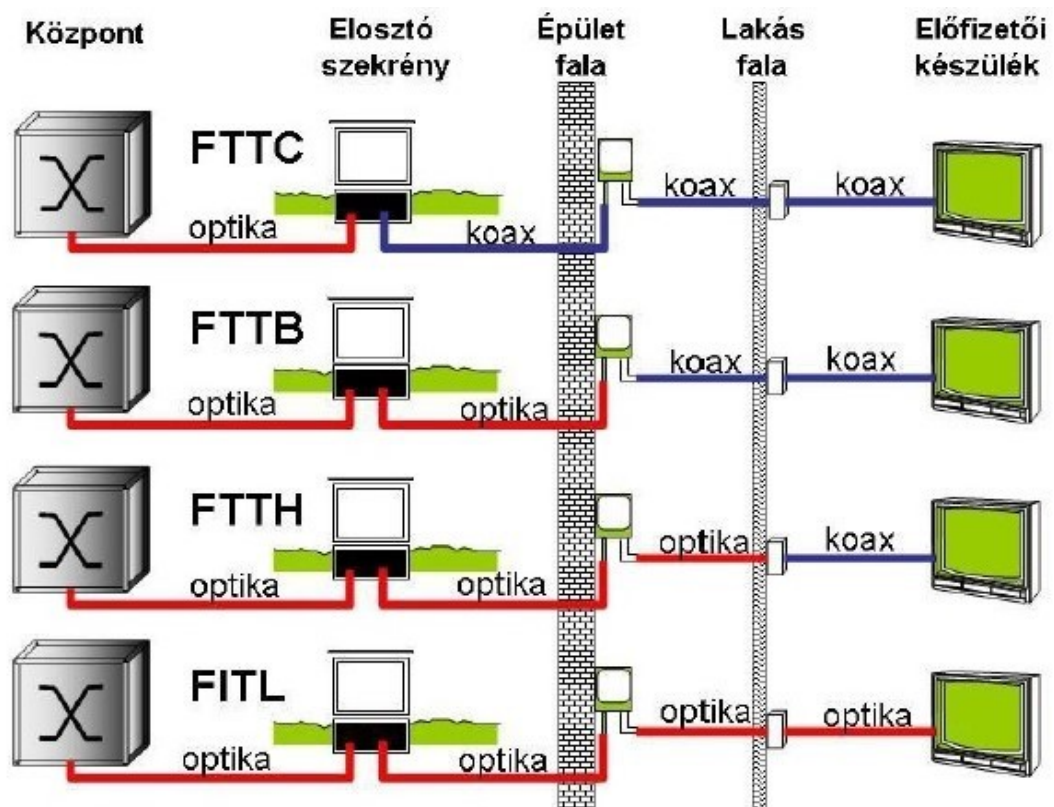
- FITL = Fiber in the Loop = optikai szál az előfizetőig,
- FTTH = Fiber to the Home = optikai szál a lakásig,
- FTTB = Fiber to the Building = optikai szál az épületig,
- FTTC = Fiber to the Curb/Cabinet = optikai szál az utcai rendezőig [8].

A szétosztást és a leágazást az utcán kell megoldani olyan területeken, ahol az épületben nem laknak sokan, itt az elosztási pontig vezetik az optikai kábelt. Az optikai jel egy alépítményben végződik, ahol megtörténik a jel elektromossá alakítása (FTTC). Jellemzően a családi házas övezetekben alkalmaznak ilyen struktúrát, de más területeken is elképzelhető.

Amikor az összekötés és a jel elektromossá alakítása is védett helyen történik (FTTB) vagyis az épületen belül, ez a megoldás már jobb ebből a szempontból, mint az FTTC. Lakótelepeken általános megoldás ez a forma.

Sajnos az átviteli jel sebességének növelésével egyúttal csökkennek az elektromosan áthidalható távolságok. Itt előfordulhat olyan eset is, hogy a jelet nem bírja továbbítani az épületen belül kiépített strukturált hálózat. Ilyenkor a lakásig célszerű vezetni a kiépítést (FTTH).

Az előfizetőig történő optikai kiépítés (FITL) tűnik a legjobb megoldásnak, viszont ehhez a végberendezéseknek speciális interfésszel kellene rendelkezniük, melyek jelenleg nem állnak rendelkezésre az előfizetők számára. A 12. ábra a megjelent különböző struktúrákat mutatja be szemléletesen [8].



12. Ábra: Különböző struktúrák megvalósításai [8]

A hálózaton attól függően, hogy milyen jelet továbbítanak a következőkre lehet bontani:

- TDM PON - Időosztásos átvitel passzív optikai hálózat,
- GPON - Gigabit-es átvitel passzív optikai hálózat,
- APON - Aszinkron átvitel passzív optikai hálózat,
- EPON - Ethernet átvitel passzív optikai hálózat,
- BPON - Szélessávú átvitel passzív optikai hálózat.

Az egyik leggyakrabban használt jeltovábbítási mód a TDM vagyis időosztásos multiplex átvitel. Az összes bemenő jelet tartalmazza minden leosztott jel, mely a splitterek vagyis a jelhasítók tulajdonsága és ezáltal ki kell választani és hozzá kell rendelni minden előfizetőhöz a neki szóló üzenetét a vételi oldalon [8].

4. OPTIKAI JELÁTVITEL VILLAMOS-ENERGIA – IPARI ALKALMAZÁSA

Gyorsan fejlődő világunk elengedhetetlen része az, hogy a villamos energia ipari megoldásai is tovább fejlődjenek és a meglévő szabályozások betartása mellett alkalmazzák a kor új technológiai megoldásait is. A mai világban az optikai jelátvitel alkalmazása egyre nagyobb jelentőséggel bír a villamos energia iparágban. A következőkben egy gyakorlati példa segítségével szeretném bemutatni, hogyan történik, milyen folyamatokon keresztül valósul meg az optikai jelátvitel villamos energia – ipari alkalmazása. Az általam bemutatandónak választott gyakorlati példa a 400 kV-os alállomásokon lévő távolsági védelmi készülékek közötti jelátvitel során alkalmazott Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) útvonal ismertetése, használt berendezések rövid ismertetése.

4.1. Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) útvonal általános ismertetése

A következőkben szeretném bemutatni, hogy hogyan zajlik a Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) kialakítása általánosságban két alállomás között. A kiinduló és a cél alállomáson is a védelmi jelátviteli berendezések egy védelmes szekrényben kerülnek elhelyezésre a többi védelmi berendezés mellett. A védelmi jelátviteli berendezések arra szolgálnak, hogy kiegészítsék a meglévő védelmi berendezések működését. Ezt a kiegészítő működést, úgy látják el, hogy két állapotú impulzusoknak, jeleknek a biztonságos átvitelére szolgálnak a megadott két alállomási pont között. A folyamat kiinduló helyszíne a reléház, ahol el vannak helyezve a védelmi berendezések, melyeknek a kiadott jelzései jelzőkábelén keresztül jutnak el a jelátviteli berendezésekhez. Az alkalmazott jelátviteli berendezések először fogadják a hozzájuk beérkező jelzéseket, majd továbbítják azokat a távvezeték túl oldalán levő alállomás irányába. A folyamat során a magas üzembiztonságra is oda kell figyelni és úgy kell

elvégezni a folyamatokat, hogy ennek minden teljes mértékben meg tudjon felelni. A következő megoldásokkal tudják biztosítani az előbb említett magas üzembiztonságot a védelmi jelátvitel esetén:

- két független jelátviteli úttat alkalmaznak a jeltovábbítás során, melyeknek az elnevezése 1. és 2. útvonal,
- két független védelmi jelátviteli berendezést alkalmaznak a folyamat során ezek a következők:
 - 1. útvonal: SIEMENS SWT3000,
 - 2. útvonal: SIEMENS SWT3000.

Mindkét alkalmazott jelátviteli útvonalon a távvezetékek esetében a következő jelek átvitelét kell megoldani a folyamat során:

- 1. szinkron jel adása majd vétele,
- 2. szinkron jel adása majd vétele, végül a
- távkioldás adása majd vétele.

Ezután szeretném ismertetni a fentebb említett első és második jelátviteli útvonalat.

Az első jelátviteli útvonalon először egy védelmi jelátviteli berendezés található, mely egymódusú optikai kártya kommunikációs interfésszel rendelkezik. A jel továbbítási folyamat során a fentebb említett védelmi berendezés által kibocsátott optikai jel az úgynevezett OPGW (Optical Ground Wire) technológiával felszerelt távvezeték nyomvonal segítségével tud a megadott cél állomásra eljutni. Az OPGW technológia ebben az esetben azt jelenti, hogy a továbbítandó optikai jel egy OPGW kábelben vagyis a legfelső, villámhárításra szolgáló kábelben kizárólag ennek a feladatnak az ellátására kijelölt szálpáron keresztül halad és viszi az információt a megadott célberendezés felé.

A második jelátviteli útvonalon először szintén egy védelmi jelátviteli berendezés található, mely ellentétben az első jelátviteli útvonalon található védelmi jelátviteli berendezéssel multimódusú optikai kártya kommunikációs interfésszel rendelkezik. Mivel a jelátviteli berendezésnél multimódusú interfészt alkalmaznak, ezért

a jelátviteli folyamat következő tagja egy multimódusú jelet átalakító modem. A jelátalakító modem segítségével tudják megoldani, hogy az egyik alállomáson az említett berendezés által kiadott jel az állomási DWDM hálózat segítségével kerülhessen a kiépített távközlési hálózatba majd a megadott cél alállomásra megérkezessen. A DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing = nagysűrűségű hullámhossz multiplexálás) hálózat egy olyan hálózat, mely képes az összes optikai kliens interfészeiről érkező jelek befogadására majd továbbítására is. A DWDM segítségével megoldható, hogy az optikai kábelben keresztül nagyszámú különböző frekvencián továbbítható legyen a küldött jel. A cél alállomásra beérkezve a kibocsátott majd továbbított jel először egy DWDM jelfeldolgozáson megy keresztül. Ezután az úgynevezett DDF (Digital Distribution Frame = digitális rendező keret) rendezőn megy keresztül a jel, ahol szintén történik egy átalakítás. A DDF rendezőn keresztül történik a hálózati végpontok kirendezése. A folyamat legvégén a fentebb említett átalakítások következtében létrejövő átalakított jelfolyam egy védelmi jelátviteli berendezéshez érkezik meg. Ez a védelmi jelátviteli berendezés a kiinduló alállomáson lévő védelmi jelátviteli berendezés párja a megadott cél alállomáson.

Összehasonlítva a két útvonalat megállapíthatjuk, hogy a második útvonallal ellentétben az első jelátviteli kommunikációs útja időosztásos (osztott) távközlési csatorna.

4.2. Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) útvonalnál használt berendezések

Szeretném bemutatni a következőkben részletesebben a védelmi jelátviteli összeköttetés (VJÖ) útvonalnál használt berendezések jellemző ismertetőit, leírásait.

4.2.1. SIEMENS SWT3000 védelmi és jelátviteli berendezés

A védelmi jelátviteli összeköttetés (VJÖ) útvonal során mindkét állomáson alkalmazott SIEMENS gyártmányú SWT3000 távolságvédelmi és jelátviteli berendezés rendelkezik optikai interfésszel. A 13. ábrán a SIEMENS SWT3000 védelmi és jelátviteli berendezés előnézeti képe látható.



13. Ábra: SIEMENS SWT3000 védelmi és jelátviteli berendezés [6]

A berendezés által előállított optikai jel megjelenik a berendezés előlapi LC optikai csatlakozóján. A berendezés által létrehozott majd az optikai csatlakozóján megjelenő optikai jelet távközlési berendezéshez közvetlenül hozzá tudjuk csatlakoztatni. Ha felmerül bármilyen ok miatt nem lehetne a távközlési berendezést közvetlenül csatlakoztatni a Siemens berendezéshez például optikai interfész hiányában, akkor egy FOBox típusú átalakító közbeiktatásával orvosolhatjuk a felmerülő problémát. A védelmi jelátviteli összeköttetés (VJÖ) útvonal során a berendezés FOM optikai modulja kerül alkalmazásra többek között a rövid hatótávolságú multimódusú

modul (FOS2), melyről ismeretes, hogy LC-csatlakozóval felszerelt optikai interfész kártya, amely a berendezés előlapján foglal helyet.

A SIEMENS gyártó által az SWT3000 védelmi és jelátviteli berendezésről közölt gyártói adatok összefoglalója, leírása a következők:

- Az SWT3000 távolságvédelmi és jelátviteli berendezés világszerte bevált megoldást szolgáltat a nagyfeszültségű hálózatban előforduló hibák rendkívül gyors azonosításában és a hibák leválasztásában. A kommunikációs hálózatokban az SWT3000 berendezés a távvédelmi jelzésekhez biztosítja a megbízhatóságot és az előírt maximális biztonságot a legrövidebb parancsátviteli idő mellett.
- Kétirányú és független parancsátvitel lehetséges.
- Akár 16 parancs digitális vonali interfész segítségével.
- Akár 4 parancs analóg vonali interfésszel.
- Bináris parancsjelzésekhez interfész modul (IFC-S).
- Optikai parancs interfész modul.
- A riasztásjelzéshez interfész modul (ALR) – 3 darab relé kimenettel és 1 darab bemenettel, mely az idő szinkronizáláshoz szükséges.
- Vonal interfész modulok:
 - 2 x szál, rövid hatótávolságú egymódusú modul (FOS1), rövid hatótávolságú multimódusú modul, (FOS2), nagy hatótávolságú modul (FOL1) vagy C37.94 (FOS3);
 - 1x analóg 2 vagy 4 vezetékes modul (CLE);
 - 1x Ethernet elektromos vagy optikai modul (TpoP).
- Tápegység
 - 2 féle (DC, AC/DC),
 - redundáns összeszerelés.
- Eseményrögzítő és parancsszámláló rész [6].

4.2.2. SIEMENS FOBox konverter

A védelmi jelátviteli összeköttetés (VJÖ) útvonal során a Siemens gyártmányú X.21–64 kbps, G703.6-2M optikai konverter segítségével tudják optikai jellé átalakítani az elektromos jelet és fordítva. A következőkben röviden ismertetni szeretném a berendezés műszaki adatait:

- Táp feszültsége: 48 V egyenáram (DC = direct current);
- Kommunikáció: X.21, G703.6 -on keresztül történhet;
- Csatlakozói:
 - optikai: LC csatlakozóval;
 - oldalán 15 pólusú SuB-D csatlakozóval (X.21, G703.6.) rendelkezik.

4.3. Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) kapcsolat létrehozásához szükséges munkálatok

4.3.1. Kiinduló alállomáson végrehajtandó munkálatok

A fentebb ismertetett első jelátviteli útvonal folyamatából tudjuk, hogy ennél az útvonalnál a kiinduló alállomáson a védelmi jelátviteli berendezés monomódusú optikai interfésszel rendelkezik, ezért a telepítési munkálatok során a tovább patchelések is ennek megfelelően kell, hogy kialakításra kerüljenek az alállomáson lévő vezénylő épületben található távközlési helység és a közös villamos berendezések helyiség irányú egymódusú optikai átkérő kábelek rendezői felületére. A tovább patchelési folyamat a következőképpen néz ki:

- A kiinduló hely a reléház, ahonnan kibocsátásra kerül az egymódusú optikai jelfolyam.
- A kibocsátott jelfolyam következő lépésként a reléházból a vezénylő épületben található távközlési helység optikai rendezőkeretébe érkezik.

- Optikai duplex patch kábeleket alkalmazva kerül a jelfolyam a fentebb említett optikai rendezőkeretből a megfelelő OPGW kábel kijelölt száaira.

A második jelátviteli útvonal ismertetéséből tudjuk, hogy a kiinduló alállomáson az első útvonallal szemben az alkalmazott védelmi jelátviteli berendezés multimódusú optikai interfésszel rendelkezik, ezért a telepítési munkálatok során a tovább patchelések is ennek megfelelően kell, hogy kialakításra kerüljenek az ezen az alállomáson lévő vezénylő épületben található távközlési helység és a közös villamos berendezések helyiség irányú multimódusú optikai átkérő kábelek rendezői felületére. A tovább patchelési folyamat a következőképpen néz ki:

- A kiinduló hely a reléház, ahonnan kibocsátásra kerül a multimódusú optikai jelfolyam.
- A kibocsátott jelfolyam következő lépésként a reléházból a vezénylő épületben található közös villamos berendezések helyiség közös optikai szekrényébe érkezik.
- A fentebb említett optikai szekrényből a jelfolyam a vezénylő épületben lévő távközlési helység megfelelő optikai rendezőszekrényébe érkezik szekrényen belüli átpatchelések következtében.
- Ezután a jelátalakító modemhez kell duplex optikai patch kábel alkalmazásával átpatchelni a multimódusú optikai jelfolyamot. Az említett távközlési helységben a modem szekrényébe kerül elhelyezésre ez a jelátalakító modem berendezés, melynek a feladata az, hogy átalakítsa a beérkezett multimódusú optikai jelet olyan formává, mely a DWDM rendszer csatlakozásához szükséges.

Mindkét útvonal esetében a reléházban vannak elhelyezve az említett optikai patch kábelek. Meg kell említeni, hogy külön védelem nélkül kell elhelyezni és vezetni a kábeleket a különböző szekrények között az optikai kábelcsatornán belül. Továbbá említésre szolgáló tény az, hogy a kialakításra kerülő optikai patch kábelek rágcsálók ellen védett úgynevezett páncélozott kivitelű optikai patch kábelek.

4.3.2. A cél alállomáson végrehajtandó munkálatok

A cél alállomáson az első jelátviteli útvonal esetén a védelmi jelátviteli berendezés monomódusú optikai interfésszel rendelkezik, ezért a telepítési munkálatok során a tovább patchelések is ennek megfelelően kell, hogy kialakításra kerüljenek az alállomáson lévő vezénylő épületben található távközlési helység és az irányítástechnikai helység irányú egymódusú optikai átkérő kábelek rendezői felületére. A tovább patchelési folyamat a következőképpen néz ki:

- A kiinduló hely a reléház, ahonnan kibocsátásra kerül az egymódusú optikai jelfolyam.
- A kibocsátott jelfolyam következő lépésként a reléházból a vezénylő épületben található távközlési helység optikai rendezőszekrényébe érkezik.
- Optikai duplex patch kábeleket alkalmazva kerül a jelfolyam a fentebb említett optikai rendezőszekrényből a megfelelő OPGW kábel kijelölt szálaira.

A második jelátviteli útvonal ismertetéséből tudjuk, hogy a cél alállomáson az első útvonallal szemben az alkalmazott védelmi jelátviteli berendezés multimódusú optikai interfésszel rendelkezik, ezért a telepítési munkálatok során a tovább patchelések is ennek megfelelően kell, hogy kialakításra kerüljenek az ezen az alállomáson lévő vezénylő épületben található távközlési helység és az irányítástechnikai helység irányú multimódusú optikai átkérő kábelek rendezői felületére. A tovább patchelési folyamat a következőképpen néz ki:

- A kiinduló hely a reléház, ahonnan kibocsátásra kerül a multimódusú optikai jelfolyam.
- A kibocsátott jelfolyam következő lépésként a reléházból a vezénylő épületben található irányítástechnikai helyiség közös optikai szekrényébe érkezik.
- A fentebb említett optikai szekrényből a jelfolyam a vezénylő épületben lévő távközlési helység megfelelő optikai rendezőszekrényébe érkezik szekrényen belüli átpatchelések következtében.

- Ezután a jelátalakító modemhez kell duplex optikai patch kábel alkalmazásával átpatchelni a multimódusú optikai jelfolyamot. Az említett távközlési helységben a modem szekrényébe kerül elhelyezésre ez a jelátalakító modem berendezés, melynek a feladata az, hogy átalakítsa a beérkezett multimódusú optikai jelet olyan formává, mely a DWDM rendszer csatlakozásához szükséges.

Mindkét útvonal esetében a szekrények között futó kábeleket lépésálló gégecsöves védelemmel kell ellátni és úgynevezett álpadlóban kell elhelyezni. Továbbá meg kell említeni, hogy külön védelem nélkül kell elhelyezni és vezetni az optikai patch kábeleket a pontosan erre a célra kialakított optikai kábelcsatornán belül.

4.4. További követelmények a Védelmi Jelátviteli Összeköttetés (VJÖ) útvonal kialakítása során

A védelmi jelátviteli összeköttetés (VJÖ) útvonal kialakítása során további követelmények vannak, amikre a kialakítás során oda kell figyelni és az előírt szabályokat be kell tartani például a szükséges munkavédelmi, környezetvédelmi és tűzvédelmi előírások. Meg kell említenünk még, hogy a felmerülő összes szerelési munkánál ott kell lennie helyi viszonyokat ismerő szakembernek is, aki a helyszíni felügyeletet biztosítja. Ügyelni kell a továbbiak arra is, hogy a szerelés, telepítés helyszínén már ott lévő és működő berendezéseket megvédjük vagyis a munkavégzés során nagyon figyelni kell a tisztaságra, pormentességre. Fontos, hogy az újonnan beépítésre kerülő kábeleket mindig feliratozni, kell hogy egyértelműen lehessen tudni hová tartoznak. Az optikai patch kábelek esetében a következőket kell betartani az egyes szekrények között műanyag gégecsőben kell vezetni, annak érdekében, hogy ne sérüljenek meg. Le kell zárni műanyag védősapkával a rendezőkön belül a nem használatban lévő optikai végződéseket.

Meg kell említeni még, hogy a szerelési folyamatok során nagyon fontos az összes ide vonatkozó munkavédelmi és biztonságtechnikai előírások betartása, ezekre fokozott gondot kell fordítani, különös tekintettel a következőre:

- a feszültség alatti munkavégzés, elhatárolás előírásai, mivel feszültség alatt lévő berendezések is üzemelhetnek az alállomáson a kivitelezési munkálatok során.

A beépítésre kerülő fényvezető szálak esetében fontos észben tartani, hogy könnyen be tudnak hatolni a bőrbe és behatolás után a testben vándorolva idegeket roncsolhatnak a fényvezető szálak esetleges töréséből származó száldarabok, ezért alapvető dolog, hogy a munkaterületről gondosan és kellő odafigyeléssel el kell távolítani ezeket a szálvégeket, továbbá külön zárható edényben szükséges gyűjteni őket.

Fentebbről ismeretes, hogy általában az optikai átviteli berendezések LÉZER diódákat használnak fényforrásként esetleg ritkább esetben LED-eket alkalmaznak. A lézerberendezések jellemzője, hogy egy sugárba koncentrálja az energiát, annak érdekében, hogy a fényvezetőszálba nagyobb energiát lehessen becsatolni. Lézer okozta károsodások jelentős része a szemén vagy a bőrön keresztül következik be, ezért a szerelési folyamatok során fokozott figyelmet kell fordítani erre. Általánosságban elmondható, hogy az elsődleges biztonsági előírás ebben az esetben a következő:

- A nyitott csatlakozóba vagy a optikai fényvezetőszálba a szál tengelyének irányába nem szabad bele nézni.

Természetesen telepítéskor foglalkozni kell a tűzvédelemmel is, a következőkben erről szeretnék egy kis összefoglalást bemutatni. A mindenkori érvényben lévő Tűzvédelmi Szabályzatokat és előírásokat minden körülmények között be kell tartani a munkavégzés során. Rendszeres tűzvédelmi oktatásban kell részesíteni mindenféle munkát végző dolgozót.

Meg kell említeni még, hogy természetesen kötelezően be kell tartani minden hatályos környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi témakörű jogszabályt is az adott területen folytatott munkafolyamatok során.

Fontos még tudni, hogy veszélyes hulladéknak minősülnek a letört optikai üvegszál darabok, ezért velük szemben a következőket kell végrehajtani:

- az adott munkaterületről gondosan el kell távolítani ezeket a hulladék optikai szálvégeket,
- valamint össze kell gyűjteni ezeket külön zárható edényben.

ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozatomban összefoglaltam a jelátalakítás, optikai jelátvitellel kapcsolatos eddig megszerzett ismereteimet. Először ismertettem az optikai átviteli rendszer folyamatát, hogy pontosan milyen tagokból tevődik össze. Ezután kitértem részletesebben az egyes tagokra úgy, mint optikai adó, optikai vevő berendezésekre.

Dolgozatomban kitértem a továbbiakban az optikai szál használatára a villamos energia iparban. Ezen belül először az információ továbbítás fizikai leírására. Ezután bemutatásra került az optikai szál kialakítása, az optikai kábelek előnyei és -hátrányai, mely során meg tudhattuk, hogy a fény általi jel továbbítás érzéketlen a külső zavarokra és emellett akár több tíz km áthidalását is lehetővé teszi. Ezen tulajdonságai miatt a mai világban egyre jobban elterjedőben van. Bemutatásra került még, hogy a magyarországi villamos energia iparban hogyan kerültek alkalmazásra az optikai szálak. Megismertük, hogy létrehozásra került egy nemzeti optikai jelátviteli gerinchálózat, melynek folyamatos fejlesztése mára odáig jutott, hogy az előzetes tervek szerint 2022-ben várhatóan meghaladja a 15 000 kilométert is az országos optikai hálózat teljes hossza.

Jelen dolgozatomban bemutatásra került még az optikai hálózatok konfigurációi is, mely során két különféle hálózatot ismertettem. Az egyik az aktív optikai hálózat volt, melynél aktív elemek találhatók a csomópontokon, míg a másik hálózat esetében csak passzív eszközök találhatók a hálózat két végpontjai között innen is ered ennek a hálózatnak az elnevezése, hogy passzív optikai hálózat.

Végül de nem utolsósorban sikerült egy általam választott gyakorlati példa segítségével bemutatnom az optikai jelátvitel villamos energia – ipari alkalmazását. Az általam bemutatott választott példám a 400 kV-os alállomásokon lévő távolsági védelmi készülékek közötti jelátvitel során alkalmazott Védelmi Jelátviteli Összeköttetés, azaz röviden VJÖ útvonal ismertetése volt. Először általánosan mutattam be hogyan történik a VJÖ útvonal létrehozása, majd a kialakítás során alkalmazott védelmi és jelátviteli berendezés rövid ismertetésére tértem át. Ezután a VJÖ útvonal kialakítása során felmerülő munkákat foglaltam össze a kiinduló és cél alállomások esetében is. A

dolgozatom legvégén még a védelmi jelátviteli összeköttetés (VJÖ) útvonal kialakítása során felmerülő további követelményekről írtam egy rövidebb ismertetést, melyből kiderül, hogy mennyi mindenre oda kell még figyelni egy ilyen speciális útvonal telepítése során.

Összességében arra a megállapításra jutottam, hogy a mai fejlődő világunkban a jelátalakítás, optikai jelátvitel jól alkalmazható és kivitelezhető megoldás az információk továbbítására a villamos energia iparban, sőt egyre jobban terjedőben van ez a technológiai megoldás az ipari alkalmazások között is.

SUMMARY

In my thesis I have summarized my knowledge of signal conversion and optical signal transmission. Firstly I have described the process of an optical transmission system in order to see exactly which members it consists of. Then I elaborated on each member such as optical transmitter, optical receiver equipment.

Furthermore in my thesis I went on to discuss the use of optical fiber in the electricity industry. Thereafter I presented the design of optical fiber, advantages and disadvantages of optical cables during which we could learn the transmission of signals by light is insensitive to external noises. We could learned a national optical backbone network would be set up. According to preliminary plans, the total length of the national optical network is expected to exceed 15,000 kilometers in 2022.

In my present thesis I also presented the configurations of optical networks such as active optical network and passive optical network.

Last but not least, I managed to illustrate the industrial application of optical signal transmission in the electricity industry with a practical example of my choice. My chosen presented example was the protection signal transmission connection route. At first I have shown in general how the protection signal transmission connection route is created. Secondly I have described a brief description of the protection and signal transmission equipment used in the design. Furthermore I have summarized the work involved in the design of the protection signal transmission connection route for departure and destination substations.

On the whole I came to the conclusion that in the developing world the signal conversion and optical signal transmission is a well-applied and feasible solution for the transmission of information in the electricity industry.

ÁBRAJEGYZÉK

1. Ábra: Optikai átviteli rendszer blokkvázlata [1].....	7
2. Ábra: A gerjesztő áram függvényében a lézerciódák kimenő teljesítménye [1].....	10
3. Ábra: Beindulása a lézerműködésnek [1].....	11
4. Ábra: Digitális és szinuszos moduláció esetén a modulációs mélység meghatározása [1].....	13
5. Ábra: A fotodiódák karakterisztikája [1].....	15
6. Ábra: Általános blokkvázlat egy optikai vevőkészületről [1].....	15
7. Ábra: Teljes visszaverődés és fénytörés [5].....	16
8. Ábra: Az optikai szál felépítése [5].....	18
9. Ábra: Optikai szálban a fény terjedése [5].....	18
10. Ábra: A háromféle típusú fényvezető szál [5].....	19
11. Ábra: Réteges hálózat felépítése [8].....	26
12. Ábra: Különböző struktúrák megvalósításai [8].....	28
13. Ábra: SIEMENS SWT3000 védelmi és jelátviteli berendezés [6].....	33

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Berceli Tibor, Gerhátné Udvary Eszter, Zólomy Attila és Bánky Tamás:
Optikai Távközlés 1. rész Optikai távközlő rendszerek és elemeik, elektronikus
jegyzet **p 17 - 20**
<https://docplayer.hu/23442376-Optikai-tavkozles-budapesti-muszaki-es-gazdasagtudomanyi-egyetem-villamosmernoki-es-informatikai-kar-villamosmernoki-szak.html>
2021.09.30.
- [2] MVM NET Távközlési Szolgáltató Zrt. Bemutakozás / Technológia
<https://net.mvm.hu/Bemutakozas/Technologia>
2021.11.15.
- [3] MVM NET Távközlési Szolgáltató Zrt. Bemutakozás / Történetünk
<https://net.mvm.hu/Bemutakozas/Tortenetunk>
2021.11.09.
- [4] MVM OVIT Országos Villamostávvezeték Zártkörűen Működő
Részvénytársaság Története
<https://ovit.mvm.hu/hu-HU/Rolunk/Tortenetunk>
2021.11.08.
- [5] Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Mikroelektronikai és
Technológia Intézet Passzív áramkörök Előadás anyag Passzív – 2014 /9.
Üvegszálak
<http://mti.kvk.uni-obuda.hu/adat/tananyag/passziv/Passziv9Uvegszal2014.pdf>
2021.10.06.
p 1 - 2; p 5 – 6; p 10 – 11

- [6] SIEMENS SWT3000 védelmi és jelátviteli berendezés gyártói leírása
<https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/smart-communications/teleprotection-for-high-voltage-lines-swt-3000.html>
 2021.11.28.
- [7] Villanszerelők Lapja: Az optikai kábelezés gyakorlatáról,
 Lapszám: 2006. június
<https://www.villanylap.hu/lapszamok/2006/junius/524-az-optikai-kabelezes-gyakorlatarol>
 2021.12.03.
- [8] Víg Sándor: Optikai hálózatok felépítése, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Távközlési szaktevékenységek Munkaanyag
https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/6_0909_017_101115.pdf
 2021.11.16.
p 2 – 6; p 10 – 12
- [9] Víg Sándor: Optikai hálózatok szerelése, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Távközlési szaktevékenységek Munkaanyag
https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/6_0909_020_101115.pdf
 2021.12.04.
p 3 – 6