



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve:

Tusa Balázs

2021.

Hallgató törzskönyvi száma:

T006959/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Tusa Balázs

Szaktervezési szám: SZD21090213456036

Törzskönyvi szám: T006959/FI12904/K

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: 132 kV-os távvezeték rekonstrukció

A dolgozat címe angolul: Reconstruction of the 132 kV transmission line

A feladat részletezése:

1. 132 kV-os távvezeték rekonstrukció előzményeinek bemutatása.
2. Vezetékmechanikai számításai.
3. Szigetelőinek a méretezése.
4. Oszlop típusának kiválasztása.

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 08.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



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.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

Köszönetnyilvánítás	3
Feladat ismertetése	4
1 Bevezetés	5
2 Nagyfeszültségű távvezetékek létesítése:	7
2.1 A távvezeték létesítés célja.....	7
2.2 Oszlopkiosztás elve és szempontjai	9
3 132 kV-os távvezeték rekonstrukció.....	11
3.1 Előzmények	11
3.2 Tervezett távvezeték műszaki adatai	12
3.2.1 Áramvezetők	12
3.2.2 Védővezetők	13
3.3 Nyomvonal ismertetése	13
3.3.1 Nyomvonal vezetésről általánoságban.....	13
3.4 Nyomvonalrajz és hossz-szelvényrajz készítés	15
3.4.1 Választott nyomvonal bemutatása	16
3.5 Keresztezések	16
3.5.1 Keresztezési kimutatás.....	19
4 Vezetékmechanikai számítások	20
4.1 Vezetőkre ható erők.....	20
4.2 Számítások.....	25
4.2.1 Tervezett sodrony adatai:	25
4.2.2 Pótteher és zúzmarás térfogatsúly meghatározása a sodronyra	25
4.2.3 Közepes oszlopköz kiszámítása 500/65 ACSR sodronyra	26
4.2.4 Kritikus oszlopköz kiszámítása.....	27
4.2.5 Felső kritikus hőmérséklet kiszámítása	27
4.2.6 Legnagyobb belógás	28
4.3 Szerelési táblázat adatainak számítása:	29
4.3.1 Szerelési táblázat.....	31
5 Szigetelők méretezése.....	32
5.1 Szigetelők villamos méretezése.....	32

5.2	Szigetelők mechanikai méretezése	33
5.3	Szigetelők terhelés-számításának feltételrendszere.....	34
5.4	Alkalmazott szigetelők	35
6	Oszlop típus kiválasztása	36
6.1	Oszlopszerkezet kialakítása és szerelési követelmények	38
6.2	Oszlopalap és földelés készítése.....	39
6.2.1	Távvezeték oszlopok földelésének vizsgálata	41
7	Irodalmi jegyzék	42
8	Összefoglaló.....	43
9	Summary.....	44
10	Melléklet	45

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani Nádházi Juditnak az AFRY ERŐTERV ZRT. tervezőjének, aki a külsős konzulensem volt és rengeteg hasznos tanácsokkal és észrevételekkel segített a szakdolgozat elkészítésében. Továbbá az AFRY ERŐTERV ZRT.-en belül még Podonyi Gábornak a Villamoshálózatok iroda vezetőjének, Pető Csabának a Villamoshálózatok iroda főtervezőjének és a Villamoshálózatok iroda többi dolgozójának, akik mindig készségesen segítettek.

Köszönetet szeretnék mondani még a barátaimnak és szaktársaimnak, akikhez mindig bátran fordulhattam, ha segítség kellett tanulmányaim során.

Végül, de nem utolsó sorban, szeretnék köszönetet mondani a családomnak, akik nem csak a szakdolgozat írásakor, hanem eddigi életem során mindig mellettem álltak, támogatak és bátorítottak.

Feladat ismertetése

Szakdolgozatomban a magyar villamosenergia hálózattal és azon belül a nagyfeszültségű távvezeték tervezésével fogok foglalkozni. Bemutatom a nagyfeszültségű távvezeték létesítésének céljait és szempontjait. Itt ki szeretnék térni a távvezeték oszlophelyek kiosztásának elveire és szempontjaira.

Dolgozatomban a Kisigmánd-Győr 132 kV-os távvezeték szakasszal és annak a rekonstrukciójával fogok foglalkozni. Ezen belül röviden bemutatom a rekonstrukciós előzményeket, az általam választott nyomvonal szakaszt bemutatom és az általa keresztezett műtárgyakra is kitérek, melyek a létesítés szempontjából relevánsak.

Továbbá bemutatom a vezetékre hatóerőket, majd vezetékméchanikai számításokat végzek és elkészítem az általam vizsgált szakaszra vonatkozó szerelési táblázatot.

Ezek után a szigetelő láncok méretezéséről szeretnék írni a dolgozatomban.

Végezetül az oszlopkiválasztással fogok foglalkozni és kiválasztom az oszlop családot. Elkészítem az oszlop- és anyagkiumtatást. Az alapozások készítéséről és a távvezeték oszlopok földelésének vizsgálatáról is írok.

Szakdolgozatom lezárásaként távvezeték tervezés folyamatairól és annak összetettségéről szeretnék néhány gondolatot megfogalmazni.

1 Bevezetés

A megtermelt villamos energia az erőművektől a fogyasztókhoz a villamos hálózaton keresztül jut el. A villamos hálózat feladata a villamos energia elosztása és szállítása. A villamos energiaátvitelre a világon szinte mindenhol háromfázisú, váltakozófeszültségű, három vezetékes rendszert alkalmaznak. A villamosenergia rendszerek névleges frekvenciája jellemzően 50 Hz, ilyen például Európa országaiban, de 60 Hz-es villamosenergia rendszerek is üzemelnek számos országban, mint például Amerika, Nyugat-Japán, Brazília. A villamos energia szállítása történhet szabadvezetéken keresztül, amely az egymástól távol lévő fogyasztókat és termelőegységeket kötik össze. A szállítást azonban meg lehet valósítani kábeleken keresztül is. Ezt a kiviteli módszert városokon, falvakon, gyár- és ipar területeken belül alkalmazzák. Ennek okai, hogy esztétikailag nem rontják a látványvilágot, a földbe és csatornába fektetve sokkal kevésbé vannak kitéve az elemeknek, nincsenek útban a nagy munkagépeknek, de létesítési költségük igen magas. A hálózatok szerves részét képezik továbbá az alállomások, amelyeket általában a hálózatok megfelelő terhelésű csomópontjaiban helyezkednek el. A különböző feszültségű hálózattokat kapcsolják össze, vagy az áram útjának kijelölésére szolgálnak. Az előbbieket transzformátorállomásoknak, az utóbbiakat kapcsoló állomásoknak hívjuk.

A hálózatokat feszültség szintjük alapján 3 szintre oszthatóak. Nagyfeszültségű (132, 220, 400, 750 kV), középfeszültségű (3, 6, 10, 22, 35 kV) és kisfeszültségű (400 V vonali feszültség és 230 V fázisfeszültség) hálózatokat különböztetünk meg. [1]

A hálózatok típusai:

- Nemzetközi kooperációs hálózat: (220, 400, 750 kV) a különböző országok alaphálózatait kötik össze, ezzel biztosítva a nemzetközi villamos energia szállítást és rendszerek nagyobb üzembiztonságát.
- Országos alaphálózat: (220, 400 kV) feladata az erőművek és a csomóponti nagy transzformátorállomások összekapcsolása, a villamos energia nagy mennyiségű szállítása nagy távolságokba.

- Főelosztóhálózat: (132 kV) rendeltetése a villamos energia elosztása, az alaphálózati csomópontokból az elosztó hálózatok táppontjaihoz, amelyek általában a fogyasztói körzetek súlypontjában helyezkednek el.
- Elosztó hálózat: (3, 6, 10, 22 kV) rendeltetése a villamos energia középfeszültségen való elosztása az alállomások gyűjtősíneitől a fogyasztói transzformátorokig. A 3 és 6 kV-os hálózatok az ipartelepek belső elosztó hálózatát alkotják, míg a 10 kV-os kábelhálózat és a 20 kV-os (helyenként még 35 kV-os) szabadvezetékes hálózat, közcélú, áramszolgáltatói elosztóhálózatként funkcionálnak.
- Kisfeszültségű elosztóhálózat: (400 V vonali feszültség, illetve 230 V fázisfeszültség) feladata a villamos energia közvetlen elosztása a fogyasztók között. [1]

A 132 kV-os nagyfeszültségű hálózat

Napjainkban a főelosztó hálózat szerepét -szinte kizárólag- ez a hálózat látja el. Kialakítását tekintve hurkolt hálózat, amelynek a következők a jellemzői: a különböző táppontok és fogyasztói helyek között egyidejűleg több, különböző összeköttetés üzemel. A hurkolt hálózathoz csatlakozó minden fogyasztó több helyről és különböző úton táplálható meg, így a hurkolt hálózat a legnagyobb üzembiztonságú. Ezen felül igen nagy előnye, hogy többféle kapcsolási állapot hozható létre rajta, ami lehetővé teszi fogyasztók kedvezőbb energiaellátását, a jobb üzemi paraméterek (kisebb veszteség és feszültségesés) miatt. A hurkolt hálózatok változó üzemállapot miatt komoly feladatot jelent a megfelelő szelektív védelmek kialakítása és beállítása. A hálózat csillagpontkezelésének kialakításmódja közvetlenül földelt csillagpontú hálózat, ami azt jelenti, hogy legalább egy transzformátorának csillagpontja jól vezető, fémes összeköttetésben áll a földdel. [1]

2 Nagyfeszültségű távvezetékek létesítése:

A villamosenergia-rendszer várható terhelésnövekedésének megfelelően, a hálózat olyan mértékben kell fejleszteni, amely a jövő igényeit kellő üzembiztonsággal és a lehető legkisebb költségráfordítással próbálják meg kielégíteni. A villamos energia előállítása a felhasználás helyétől általában távol történik. Ennek elsősorban az az oka, hogy a primer energiahordozók lelőhelyei a fogyasztás helyétől távol esnek, és a nagy termelőegység gazdaságosabb, mert a létesítési költsége fajlagosan olcsóbb. A fogyasztók időben változó mennyiségű energiát igényelnek, és a fogyasztótípusonként felhasznált energia mennyisége is igen különböző, ezért ez nagy hálózatrendszerek kialakításához vezetett. E feladat megoldására építik a távvezetéseket, amelyek létesítése gyors és gazdaságos. A távvezetékek az erőművek, transzformátorállomások és a fogyasztók között létesítenek összeköttetést.

2.1 A távvezeték létesítés célja

A műszaki berendezések megvalósulása két fő részre bontható:

- Létesítés
- Üzemvitel

A létesítés a műszaki berendezés megvalósítási igényétől a berendezés megvalósulásáig tartó munkafolyamatokat foglalja magában.

A létesítés két jól elkülöníthető munkafolyamatra bontható:

- tervezés,
- az építés, illetve a szerelés.

Az üzemviteli tevékenység az

- átadás-átvétel, üzembe helyezés,
- üzemtartás,
- állóeszköz-fenntartás,
- és az üzemirányítás feladatainak ellátását jelenti.

A fentiekben felsorolt tevékenységek több munkafolyamatot is magukban foglalnak, amelyeknek minden részére való utalás nem ennek a szakdolgozatnak a feladata. [3]

Szabadvezetékek tervezése

A szabadvezetékek a hálózat rendszerek alkotóelemei. A hálózatokat jellegük szerint a villamosenergia-rendszerben betöltött szerepük szerint több csoportra osztjuk. Az eltérő energiaátviteli szerepeket már a tervezés során is figyelembe kell venni.

Szabadvezetékek tervezésének menete

A tervezés feladata, hogy a villamosenergia-rendszer várható teljesítmény növekedésének megfelelően bővítse a hálózatot, amely kellő üzembiztonsággal és a lehető legkisebb költségráfordítással elégíti ki a jövőben villamosenergia igényt.

Az alaphálózat tervezésekor jól elkülöníthető egymástól:

- a távlati tervek (amelyek 10-20 éves vállalások)
- és a közel távú tervek (4-5 éves időintervallumon belül megvalósítandók)

A távlati tervek kidolgozásakor a kiinduló adatok bizonytalansága miatt, az egyszerűbb, közelítő számításokat célszerű használni, mert ezekből kevesebb idő ráfordítással is több változat készíthető, ezáltal gazdaságosabb.

A közeli időszakra készülő -közel távú- tervek tényleges javaslatot tartalmaznak az alaphálózat fejlesztésére, ezért itt részletes és pontos számításokat kell végezni, azonban ez drágább. A tervezés módszerei eltérőek a kétféle rendszerben.

A távlati-, illetve közel távú hálózati tervhez – a Villamos Energia Törvény szerint – hozzátartozik, hogy a szállító köteles hosszútávon felmérni a villamosenergia-igényt, és annak megfelelően időben kezdeményeznie kell a termelőkapacitás- és a villamos energia rendszer bővítését. Ebből kifolyólag a hálózati tervek célja a várható igények meghatározása. Ehhez a hálózat jelenlegi állapotát, kihasználtságát és a várható igényeket veszik alapul. Végeredményben műszaki és gazdasági kalkulációkat kapunk, amelyek ajánlatot tesznek a hálózat fejlesztésére, a feszültség szint és a szükséges vezető keresztmetszetének megadásával.

[3]

2.2 Oszlopkiosztás elve és szempontjai

A szabadvezeték nyomvonalát a terepviszonyok figyelembevételével úgy kell megválasztani, hogy az, a célnak megfelelően, gazdaságilag a legelőnyösebb legyen.

A szabadvezeték nyomvonalának kijelölése, illetve kitűzése alkalmával meg kell állapítani azoknak a szakaszoknak a helyét, ahol kivételes pótteherrel vagy szélteherrel, illetve környezeti szennyezéssel kell számolni. A kivételes terhek nagyságát és előfordulásának valószínűségét a helyi tapasztalatok alapján és az Országos Meteorológiai Szolgálat közreműködésével szolgáltatott adatok alapján kell megállapítani.

Megjegyzés:

A szabadvezeték nyomvonalával célszerű elkerülni az alábbi területeket:

- a vasúti pályaudvarokat,
- a temetőket,
- az élő vízfolyások (folyók) árterét (hullámterét),
- a mozgó hordalékkal borított területeket,
- az árasztással öntözött területeket,
- a mocsaras vagy tőzeges, valamint az olyan területeket, amelyeken korábban tó vagy mocsár volt,
- a növényzettel nem takart, futóhomokos területeket,
- a csúszásveszélyes hegyoldalakat, kőgörgetegnek kitett területeket,
- a feltöltött területeket,
- a földalatti bányaművelésre kijelölt területeket, ahol talajsüllyedés következhet be,
- a külfejtésre kijelölt területeket,
- az erdőterületeket,
- a természetvédelmi területeket.

Ha műszaki vagy gazdasági okok miatt nem lehet kikerülni a felsorolt területeket, akkor a nyomvonalat úgy kell kialakítani, hogy ezeken a területeken - az egyes területek kezelőivel egyeztetett - lehető legrövidebb úton vezessen át.

Lehetőleg kerülni kell az olyan megközelítést, keresztezést, hatósávban haladást és általában minden olyan terepszakaszt, amely különleges biztonságú kivített teszt szükségessé, továbbá az olyan iránytörést, amely különleges tartószerkezeteket (oszlopokat) igényel. Figyelembe kell venni a szabadvezeték zavartalan üzemvitelének, karbantartásának és bejárhatóságának követelményeit, valamint a közlekedés, a távközlés és a mezőgazdasági művelés érdekeit is. [3]

3 132 kV-os távvezeték rekonstrukció

3.1 Előzmények

A Kisigmánd-Győr ÉDÁSZ 132kV-os távvezetékszakasz az 1930-as években épült, a kornak megfelelő technikai szinten. A távvezetési oszlopok alapja leromlott állapotú, már nem javítható, a fázisvezető sodronyai is legalább 50 évesek a tartó szigetelőkkel együtt. Az elmúlt időszakban az időjárásviszonyok jelentős igénybevételnek tették ki és teszik ki folyamatosan a távvezeték, melynek hatására a 90 éves távvezeték cserére szorult. Az évek során több alállomás is épült a régi távvezetésekre, ami az ipari és lakossági fogyasztók számára kedvező hatást fejtett ki, de a megnövekedett igénybevétel a távvezeték állékonyságát tovább rontotta.

Az akkori technológiára épülő távvezeték szerkezeti elemei elavultak, a javításhoz felhasznált elemek nem csereszabatosak a régi, eredeti elemekkel, és ez további üzemeltetési, üzembiztonsági problémákat jelent. Emiatt a keletkező üzemzavarok elhárítási ideje lényegesen meghosszabbodott. Az említett indokok alapján, a térség üzembiztos ellátása érdekében, az áramszolgáltató (E.ON Észak-Dunántúli Áramhálózati ZRt.) a távvezeték felújítása mellett döntött. A távvezeték felújítása, a vezetékjoggal érintett nyomvonalon, abból nem kilépve történik. A tartószerkezeti oszlopok darabszáma az új technológia lehetőségeit kihasználva csökkenni fog, ezáltal a környezetterhelés is csökken.

Jelentős figyelmet szántam arra, hogy az elhelyezendő új oszlopok nagyobb problémát ne okozzanak a lakosságnak, a technikai megoldásokkal ezek számát minimalizálni igyekeztem.

3.2 Tervezett távvezeték műszaki adatai

Névleges feszültség: 132 kV

Áramnem: háromfázisú, váltakozó

Frekvencia: 50 Hz

Rendszerszám: 2 (kettő)

Vezeték szerelvények: közvetlenül az oszlopkarokra vagy pedig a csúcsra szerelve.

Biztonsági övezet: 2/2013. (I. 22.) NGM rendelet 6. § (1) bekezdés előírásai szerint (132 kV esetén) a szélső fázisvezetők függőleges vetületétől mért 13-13 méter (a jelenlegi állapothoz képest nem növekszik)

Szigetelők, szerelvények: kompozit feszítő és tartó szigetelőláncok

Nyomvonalhossz: 14,808 km

3.2.1 Áramvezetők

Az áramvezetők kiválasztásánál figyelembe kellett vennem, hogy az áramszolgáltató 710/860 A (nyári/téli) terhelhetőséget kíván elérni a távvezetéken. Ennek megfelelően a jelenlegi 110/20 ACSR sodrony helyett 250/40 ACSR sodrony kerül felhelyezésre, amelynek az áramterhelhetősége megközelíti a fenti követelményt, az érvényes MSZ EN 50341-1:2013 és MSZE 50341-2:2014 szerint számított terhelhetősége: 705/906 A.

A kivitelezés során ügyelni kell a megadott fázissorrend betartására. Az áramvezető sodronyok szabályozását az oszlopalapok elkészültét követő geodéziai visszamérések alapján elkészített szerelési táblázatoknak megfelelően kell elvégezni. Az áramvezető sodronyokat 5%-al túl kell szabályozni, amit a szerelési táblázatok elkészítésekor figyelembe kell venni.

3.2.2 Védővezetők

Az áram szolgáltató előírása alapján a jelenlegi OPGW és MASS kábelek kerülnek felhasználásra. A jelenlegi OPGW felhasználása mellett a MASS kábel kerül elhelyezésre másik védővezetőként.

Az OPGW típusa: ASLH-D(s)b 1x36 SMF (AA/ACS 25/25 – 6,6)

A MASS típusa: ASLH-D(S)bb 72 SMF + 24NZDSF „Teralight” (AA/St 82/35-16,4)

Az optikai kötések helye a jelenlegi állapottal közel megegyező, tehát a jelenlegiek közvetlen közelébe épülő feszítőoszlopokon kerülnek elhelyezésre a jelenlegi kötődobozok.

3.3 Nyomvonal ismertetése

3.3.1 Nyomvonal vezetésről általánoságban

Az energiaátvitel üzeme és gazdaságossági szempontokból kifolyólag az lenne az ideális, ha a két pontot összekötő elméleti egyenes mentén építenénk a távvezetékét. Ezt az általános feltevést már egyből módosíthatja az a követelmény, hogy a vezetékről leágaztatni kívánt vezetékek (alállomások) bizonyos pontokban rögzítve vannak, amelyeket érintenie kell a létesülő vezetékeknek, vagy meg kell közelítenie.

Mivel a lehető legrövidebb összeköttetésre mindenképpen törekednünk kell, ezért a fix pontokat a két végpont között egyenes szakaszokkal összekötjük. Ettől a nagyjából ideális nyomvonal vezetéstől is el kell térnünk az alábbi okok miatt

- lakott települések,
- repülőterek,
- élő vízfolyások,
- kedvezőtlen domborzati viszonyok (erdő, futóhomok, meredek omladékos hegyoldal stb.),
- kedvezőtlen szélirány,
- mocsaras, értéri terület,
- erős vegyi szennyeződés (ipartelep),

- kiemelkedő műtárgyak (vasút, híd, adótorony stb.),
- természetvédelemi tájegység.

Általános irányelv, hogy először is a vezeték üzembiztonságát kell figyelembe venni, még akkor is, ha ezzel kisebb-nagyobb mértékben megnöveljük a beruházás költségét.

Ennek megfelelően meg kell vizsgálni a létesítés tájegységének az időjárási viszonyait, és úgy kell a nyomvonalat kiválasztani, hogy a kedvezőtlen tereprészeket lehetőleg elkerülje és a nyomvonalat minden évszakban a legkedvezőtlenebb időjárási viszonyok mellett is meglehessen közelíteni. Annak érdekében, hogy a földterületek zavarása minél kisebb legyen, a szabadvezeték elsősorban az alállomások csatlakozó szakaszán, továbbá mindenütt, ahol indokolt és arra lehetőség van, a vezeték folyosóban kell vezetni a távvezetékét.

Kerülni kell a folyók árterületét, a mocsaras területeket és az öntözéses területeket vagy az időnként elárasztott területeket, mert ezeken a helyeken esetlegesen a vizes talaj hónapokig megakadályozhatja az oszlopok megközelítését, ezért külön erre célra szolgáló szerelőutak létesítését teszik szükségessé.

Ugyancsak el kell kerülni a repülőterek fő irányait, rádió-adó és vevő állomásokat, valamint figyelembe kell venni a repülőgépes mezőgazdasági tevékenységeket is. A bányaművelésben lévő vagy művelésre kerülő területeket is el kell kerülni az esetleges földmozgások végett.

A távvezeték rekonstrukciója során a távvezeték nyomvonalának változtatására nem kerül sor, mivel ilyen fajta igény nem merült fel a megrendelő részéről. A nyomvonal tartás biztosítása végett a sarokfeszítő oszlopok helye nem változik. A többi feszítőoszlop és tartóoszlopok esetlenként néhány méterrel arrébb kerültek a nyomvonal mentén, így ezek az apró változtatások nem befolyásolják a nyomvonal elhelyezkedését. [3]

3.4 Nyomvonalrajz és hossz-szelvényrajz készítés

A távvezeték felmérése azt jelenti, hogy a nyomvonalon függőleges síkban a terepalakulatról hossz-szelvény készül. A hossz-szelvényrajz magasságlétékét 1:200 szokás felvenni, míg hossz léptékét 1:2000 arányban szokás felvenni. A hossz-szelvényrajzot több részre lehet bontani. Ezek a részek a nyomvonalat ábrázoló szelvény, és a magasságot ábrázoló szelvény. Ezeken felül tartalmazza az ezekhez tartozó skálákat, amik a következők:

- magasság skála,
- hosszskála, amely az EOV koordinátákat is tartalmazza,
- illetve feszítőköz adatok, oszlop és oszlopköz adatokat.

A hossz-szelvényen fel vannak tüntetve az oszlop helyek, vezetékek belógása, a szabványban előírt biztonsági távolság a vezető és talaj vagy tereptárgyak között, a talaj szintje, utak, közigazgatási határok, továbbá a talaj szintjétől eltérő objektumok (fák, épületek, stb.).

A hossz-szelvény rajzokat tagolják, még hozzá úgy, hogy egy feszítőközt egy hossz-szelvényen ábrázolják. Amennyiben ez nem lehetséges, mondjuk a nyomvonal hirtelen magasság emelkedésekor vagy csökkenésekor (amely több 10 m-es, közel 100 m-es esetben fordulhat elő), ügyelni kell, hogy egy azon feszítőköz hossz-szelvényei egymás mellett egy azon dokumentumban legyenek elkészítve.

A nyomvonalrajz tartalmazza az oszlophely kiosztást, az oszlophoz tartozó biztonsági övezetet, az oszlopok típusát, magasztását, szögállásának adatait, a rászertelt szigetelő láncok típusát, továbbá a hozzá tartozó földhivatali térképrészletet és ahhoz tartozó helyrajzi számokat. Ezeken felül még fel vannak rajta tüntetve az egyéb távvezetékek, közművezetékek (gáz-, vízcsővezetékek), magas fák, továbbá, hogy a helyrajzi számhoz tartozó terület milyen művelés alatt áll (szántó, erdő, stb.). A nyomvonalat ábrázoló rajzon továbbá fel van tüntetve a geodéta által felmért terep a nyomvonaltól 40-40m-es távolságig. A hossz-szelvényrajzot a 2.számú melléklet tartalmazza.

[1][2][3][4][5][6]

3.4.1 Választott nyomvonal bemutatása

Jelen szakdolgozatomban a Kisigmánd-Győr közötti 132 kV-os távvezeték rekonstrukcióját végzem. Mivel rekonstrukcióról beszélünk, a távvezeték nyomvonala adott és a rekonstrukcióval összefüggően nyomvonalban változtatás nem történt. A távvezeték teljes hossza 14,808 km, amely feldolgozása jóval túlmutatna a szakdolgozatomon, így a nyomvonalból kiválasztottam egy szakaszt, melynek hossza 2,227 km. Ez a 68-as feszítőoszloptól (OF) a 76-os OF közötti rész foglalja magába. Ezen szakasz felépítése 68-as OF-től 72-es alul keresztező feszítőoszlopig (AKF). A 72-es AKF-től 73-as oszlop sarok végfeszítőig (OVSF) és végül a 73-as OVSF-től a 76-os OF-ig húzódó feszítőközökből áll. Így ezen három feszítőköz paramétereit vizsgálom és számítom. A nyomvonalrajzot az 1.számú melléklet tartalmazza.

3.5 Keresztezések

A távvezeték nyomvonala által érintett fémes keresztezésekre befolyásolási vizsgálat készül, mely jelen szakdolgozatnak nem része.

A keresztezéseknél meg kell vizsgálni, hogy a keresztezett műtárgyakat (épületek, utak, stb.) és természeti képződményeket (patakok, folyók, fák, stb.) a vezeték belógása milyen távolságra közelítheti meg a szabványnak megfelelően, továbbá, hogy a szigetelőláncokat fokozott biztonsággal kell létesíteni. [2]

„HU3. Mezőgazdasági terület megközelítése és keresztezése

(ncpt) HU3.1. Öntözésre vagy permetezésre berendezett terület megközelítése és keresztezése

Öntözéses terület megközelítése és keresztezése esetén – a helyi adottságok figyelembevételével – a következők szerint kell eljárni.

(ncpt) HU3.1.1. A szabadvezeték vezetőit olyan magasságban kell szerelni, hogy a legfeljebb 16 mS/cm fajlagos villamos vezetőképességű öntözővíz esetén a tervezéskor megadott kötött vízszugár a legkisebb üzemszerű magasságban levő áramvezetőket legfeljebb

- 132 kV vagy annál kisebb névleges feszültség esetén 3,0 m
 - 220 kV névleges feszültség esetén 3,0 m,
 - 400 kV névleges feszültség esetén 4,0 m,
- távolságra közelíthesse meg.

(ncpt) HU1.2. **Szabadvezeték keresztezése**

(ncpt) HU1.2.1. Ha a két egymást keresztező szabadvezeték különböző feszültségű, akkor a nagyobb feszültségűnek kell felül haladnia.

(ncpt) HU1.2.2. Két szabadvezeték lehetőleg oszlopközben keresztezze egymást. Közös oszlopsoron való keresztezés csak szigetelt szabadvezeték esetén van megengedve, egyéb vezetők esetében csak különösen indokolt esetben.

(ncpt) HU1.2.3. A tartószerkezetek bármely pontjától a másik szabadvezeték vezetői a legkedvezőtlenebb üzemi helyzetükben is legalább

- 1 kV és 10 kV közötti névleges feszültség esetén 1,5 m
- 22 kV és 35 kV névleges feszültség esetén 2,0 m
- 132 kV névleges feszültség esetén 3,0 m
- 220 kV névleges feszültség esetén 4,0 m
- 400 kV névleges feszültség esetén 5,0 m

távolságra legyenek.

(ncpt) HU1.2.4. A felül keresztező szabadvezeték a keresztező oszlopközben fokozott biztonsággal kell létesíteni.

(ncpt) HU1.2.5. A keresztezés helyén a két szabadvezeték vezetői között a függőleges távolság bármely üzemi helyzetükben legalább

- 1 kV és 10 kV közötti névleges feszültség esetén 1,5 m
- 22 kV és 35 kV névleges feszültség esetén 2,0 m
- 132 kV névleges feszültség esetén 3,0 m
- 220 kV névleges feszültség esetén 4,0 m
- 400 kV névleges feszültség esetén 5,0 m

legyen

(ncpt) HU5.2. **A csővezeték keresztezése**

(ncpt) HU5.2.1. Csővezeték szabadvezetéknek csak felül szabad kereszteznie.

(ncpt) HU5.2.2. A szabadvezeték fokozott biztonsággal kell létesíteni, ha a fém csővezeték

- a talajszint felett van elhelyezve,

- a földbe van fektetve, a szabadvezeték pedig 45 kV-nál nagyobb névleges feszültségű.
- (ncpt) HU5.2.3. A szabadvezeték vezetői legkedvezőtlenebb üzemi helyzetükben se közelítsék meg jobban a föld feletti csővezeték a következő távolságoknál:
- 45 kV vagy annál kisebb névleges feszültség esetén 3,0 m,
 - 132 kV névleges feszültség esetén 4,0 m,
 - 220 kV névleges feszültség esetén 5,0 m,
 - 400 kV névleges feszültség esetén 6,0 m.
- (ncpt) HU1.2. Út keresztezése
- (ncpt) HU1.2.1. Ha a szabadvezeték szilárd burkolatú utat keresztez, akkor a szabadvezeték a keresztező oszlopközben fokozott biztonsággal és a következő távolságok betartásával kell létesíteni.
- (ncpt) HU1.2.2. A szabadvezeték nyugalomban lévő vagy kilendített helyzetű vezetőinek az út feletti magassága feleljen meg az 5.9.4./HU1.2. táblázat szerinti értékeknek.
- (ncpt) HU1.2.3. A szabadvezeték tartószerkezete talajba való befogásának az út felőli síkja és az út széle közötti legkisebb vízszintes távolságra vonatkozóan az 5.9.4./HU1.1.2. szakasz szerinti előírásokat kell betartani.
- (ncpt) HU1.2.4. Minden más, járművek által járható út keresztezése esetén a szabadvezeték külterületen normál-, belterületen fokozott biztonsággal és a következő távolságok betartásával kell létesíteni. Ha a szabadvezeték kilendült áramvezetőjének átfektetett függőleges síkja az út vagy szegélye fölé leng, a keresztezésre vonatkozó előírásokat kell alkalmazni.” [4][5]

3.5.1 Keresztezési kimutatás

Az alábbi táblázat tartalmazza a távvezeték szakaszban megvalósuló keresztezéseket.

Keresztező oszlopok sorszáma	A keresztezés kivitele		Sor-szám	Keresztezés neve	Keresztezett műtárgy megnevezése
70-71	OT+3 et	OT+3 et	1	hírközlés	Fve 1x12 Optikai kábel
71-72	OT+3 et	AKF+0 (140°-180°) ef/kf	2	erősáram	0.4 kV-os távvezeték 116-117 oszlopközében
			3	vízvezeték	KM-PVC D110
			4	hírközlés	Fve 1x12 Optikai kábel
72-73	AKF+0 (140°-180°) ef/kf	OVSF+3 (90°-180°) kf/kf	5	erősáram	Győr-Gönyű, Bicske Dél-Gönyű 400 kV-os távvezeték 23-24 oszlopközében
			6	hírközlés	Optikai kábel
			7	Országos közút	M1 autópálya 108+317 km+m szelvényében
			8	hírközlés	Optikai kábel
73-74	OVSF+3 (90°-180°) kf/kf	OT+6 kt	9	vízvezeték	KM-PVC D110
			10	erősáram	22 kV-os távvezeték 13-14 oszlopközében
			11	hírközlés	Qv 5x4/0,6 kbel
			12	hírközlés	Mikróhullámú összekötetés
			13	erősáram	0,4 kV-os földkábel
			14	hírközlés	Fve 1x12 Optikai kábel
			15	vízvezeték	KM-PVC D110
74-75	OT+6 kt	OT+3 kt	16	hírközlés	Mikróhullámú összekötetés
			17	hírközlés	Mikróhullámú összekötetés

4 Vezetékmechanikai számítások

4.1 Vezetőkre ható erők

Vezető saját tömege, amelyet a szabványos huzal és sodrony tömege határoz meg, amit mindenkor az érvényben lévő szabványból kell meghatározni. A szabványos értékektől eltérő sodronyok súlyát lehetőleg méréssel kell meghatározni, vagy ha ez nem lehetséges, akkor az alábbi képlettel lehet megállapítani:

$$s = m * g = c * A * \rho * g \text{ [N/m]}$$

[m] = kg/m a vezeték fajlagos tömege,

[A] = m² a vezeték keresztmetszete,

[ρ] = kg/m³ a huzalanyag sűrűsége,

[g] = m/s² a nehézségi gyorsulás,

[c] a sodrási tényező, amelynek értékei az alábbiak:

c = 1,020 3-7 huzal esetén,

c = 1,025 19 huzal esetén,

c = 1,028 37 huzal esetén,

c = 1,032 61 vagy több huzal esetén.

Pótteher az a teher, amivel meghatározhatjuk a szabadvezetékre rakódó zúzmara, tapadó hó és ónos eső súlyhatását helyettesítő, egyszerűsített súlyt. A szorosabb értelemben vett zúzmara 0°C és 5°C közötti hőmérsékleten, az előzőleg fagypontra alá hűlt tereptárgyakra a levegő túlhűlt párájából vagy ködcseppecskéiből rakódik le a vezetékekre. A normális zúzmaraterhelést az úgynevezett szabványos pótteherrel vesszük figyelembe.

A vezetők szabványos pótteherének értéke, mint egyenletesen elosztó súly:

$$Z = m_z * g \text{ [N/m]}$$

[m_z] = 0,325+0,025d kg/m a zúzmara fajlagos tömege,

[d] = mm a vezető átmérője,

[g] = m/s² a nehézségi gyorsulás,

Ennél kisebb pótteherrel számolni akkor sem lehet, ha a szabadvezetéken zúzmara leolvasztó berendezést üzemeltetünk. Vidékenként és speciális esetenként ennél nagyobb zúzmaraterhelés is felléphet, ez a kivételes pótteher számításba vételét teszi szükségessé. Az erre vonatkozó a térségben korábban létesült tervekől és a meteorológiai szolgálat által szolgáltatott adatokból lehet következtetni, hogy a szabványos pótteher hányszorosát kell figyelembe venni.

Szilárdsági számításoknál a zúzmarára úgy tekintünk, hogy a vezeték sűrűsége nő meg, és eközben egyéb mechanikai tulajdonságait állandónak feltételezzük. Ez az úgynevezett zúzmarasűrűség:

$$p_z = \frac{m + m_z}{A} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$[m_z] = 0,325 + 0,025d$ kg/m a zúzmara fajlagos tömege,

$[m] = \text{kg/m}$ a vezető fajlagos tömege,

$[A] = \text{m}^2$ vezető keresztmetszete.

Többszörös pótteherre történő számítás esetén a sűrűséget következőképpen kell számolni:

$$p_z = \frac{m + n * m_z}{A} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$[n] =$ a kivételes pótteher szorzója.

Szélteher egy időszakosan fellépő, változó nagyságú terhelésként jelentkezik. A számításokban könnyebb számíthatóság érdekében egy egyenletesen megoszló és vízszintes irányba ható erőnek kell tekinteni. Nagyságát befolyásolja a szél sebessége, a felület alakja és nagysága, továbbá a szélnek a felületre viszonyított iránya. Az adott felületre ható szélerő következő összefüggéssel határozható meg:

$$F = \alpha * c * \frac{v^2}{1,6} * A * \sin\varphi \text{ [N]}$$

α a szélerőt egyenlőtlensége miatt csökkentő tényező értéke;

$[\alpha] = 0,75$ vezető esetében,

$[\alpha] = 1$ minden más esetben,

[c] alaki tényező, amely a szél érte felület alakját és minőségét, valamint a kialakuló örvénylő- és szívó hatásokat veszi figyelembe:

$c = 1,2$ 12 mm átmérőig,

$c = 1,1$ 16 mm átmérőig,

$c = 1,0$ 16 mm átmérő felett,

$c = 1,4$ nagyobb függőleges síkfelület, derékszögű négyszög, vagy I keresztmetszetű tömör szerkezet, idomacélból készült rácsos szerkezet esetén,

$c = 0,7$ kör vagy ellipszis keresztmetszetű szerkezet esetében,

[v] = m/s a szél sebessége,

[φ] = a szélnek kitett felület szél irányával bezárt szöge,

[A] = m² a szélnek kitett felület,

Dinamikus hatások a távvezetékét időszakosan veszik igénybe. Az erősebb szél mindig löketes és ebből kifolyólag változó nagyságú és periódusú oldalkilengésre készíti az oszlopköz sodronyait. Nyomvonalirányú szél esetén, hullámos terepen, völgyteknőkben vízszintes tengelyű légörvényeket hozhatnak létre, amelyek függőleges irányú erőhatásukkal hosszúhullámú ostorozó lengésbe hozhatják a vezetőket, amely veszélyes lehet. A lengések a vezetők húzófeszültségének ingadozását okozzák. Továbbá a keletkező löketes energiákat a vezetők rugalmas nyúlása és súrlódása emészti fel.

Az ilyenfajta igénybevételeket figyelmen kívül szokták hagyni a vezetők szilárdsági méretezésénél, de a lengéseket figyelembe kell venni az oszlopkép kialakításakor a biztonsági távolságok betartása végett.

Jóval veszedelmesebb és komolyabb problémát jelent, hogy dinamikai hatást fejt ki a vezetők függőleges irányú olyan kilengése, amely azáltal keletkezik, hogy a zúzmarával erősen terhelt vezetőkről helyenként a zúzmara lehull. A terheléstől megszabadult vezető emiatt azonban felcsapódik. Ekkor a vezetőben és az egyenlőtlen zúzmaraterhelés következtében már előzőleg egyoldali húzásnak kitett oszlopokban felhalmozódott és hirtelen felszabaduló nagy

helyzeti energia lengésbe hozhatja a vezetőt és vele együtt az oszlopokat is meg mozgathatja. Amennyiben kedvezőtlenül alakul a szomszédos oszlopok lengése, akkor össze-vissza rángathatják a vezetőket, miközben egymással érintkezhetnek, ami zárlatot okozhat, emellett mind az oszlopok, mind a vezetők épségét veszélyezteti. Ilyen komoly dinamikus hatások megakadályozására gazdasági okok miatt nem gondolhatunk a méretezés során. A tervező feladata azonban a megfelelő fázistávolságok meghatározása, mind a vízszintes kilengések (összelengés), mind pedig a függőleges kilengések (felcsapódás) figyelembe vételével ezt megtegye.

Vezetők rezgése akkor jön létre, ha a távvezeték nyomvonalára merőlegesen vagy vízszintesen egy lassú, körülbelül 1-5 m/s sebességű és lamináris szél fúj. Ekkor a vezetők kis hullámhosszúságú és kis amplitúdójú rezgésbe jönnek. A jelenséget az váltja ki, hogy a levegő részecskék a súrlódó felületen lelassulnak és hol vezeték alsó részén, hol pedig a felső részén légörvény alakjában szakadnak el szabványos időközökben. A helyükre tóduló friss levegő részecskék függőleges síkú, váltakozó irányú nyomást gyakorolnak a vezetékekre. Ha ezen rezgéseknek a periódusa közel esik a vezetők önrezgésszámához, vagy ennek valamelyik harmonikusához, pár mm vagy cm nagyságrendű amplitúdóval képesek létrehozni néhány méteres állóhullámokat számos csomóponttal. A rezgésszám a vezető átmérőjétől és a szél sebességétől függően változhat, 10-50 rezgés/másodperc között. A rezgés a vezetők igénybevételeiben minőségi változást okoz, amely akár a vezetők meghibásodását is okozhatja kedvezőtlen esetben. A rezgésbe jött vezetők a következő igénybevételeknek vannak kitéve:

- A szerelési, statikus húzóerő, amelyek pillanatnyi nagysága a hőmérséklettől függ, és alap igénybevételnek tekintjük. Ezekhez járul még hozzá a toldásoknál és a felfüggesztési helyeken a szorításból származó szintén statikus jellegű nyomófeszültség és továbbá a felfüggesztésekből származó hajlító feszültség.
- A rezgés okozta hajlító igénybevétel, amely a húzás és a nyomás fázisaival periodikusan változó dinamikus feszültséget ébreszt.

A belógási görbe alakjában a rezgés folyamán bekövetkező változásából fakadó húzófeszültség.

A fentiekben leírt feszültség-összetevők közül csak az alap igénybevételt tekinthetjük jelentős statikus húzófeszültségnek, és a hajlításból származó, ismételt feszültség van hatással

az anyag viselkedésére. Külön-külön egyik feszültség sem veszélyezteti a vezetőket, de az alapfeszültséghez a lengőfeszültség hozzáadódik és így az eredeti statikus igénybevételt egy szapora lüktető-húzófeszültséggé alakítja át. Az oszlopköz belsejében a rezgéshullámok csomópontjai állandóan változtatják helyzetüket, aminek köszönhetően a lüktető igénybevétel káros hatásai elmosódnak, de a vezetők megfogási pontjainál a csomópont helyben marad és emiatt egy kis vezeték szakasznak kell elbírnia a megnövekedett igénybevételt. Ezen igénybevételek lassanként elfárasztják a vezeték anyagát és száltöréshez vezethetnek, elsősorban a jobban igénybe vett külső rétegekben következik be a száltörés.

Ha vezetőket meg akarjuk védeni a rezgések által okozott káros igénybevételtől, akkor csak olyan összigenybevétel létrejöttét engedhetjük meg, amely még alatta marad a vezetőanyag kifáradási határértékének. Mivel a vezetők feszítésének csökkentésével a rezgésszám és vele a rezgés igénybevételét is csökkenteni tudjuk, mindig lesz olyan alap húzófeszültség, amelyen az összigenybevétel értéke már káros hatást nem fejt ki. A túl alacsony szerelési alapfeszültség választása nem gazdaságos, mivel, ha feszítő erőt kisebbre vesszük, akkor nőni fog a vezeték belógása, amely plusz költséget és egyéb problémákat jelent a tervezés és a üzemeltetés során is. Evégett a gyakorlatban a σ_e szabványos legnagyobb húzófeszültség majdnem tökéletes védelmet adó (kb. 25%-os) leszállítása helyett, megelégszünk inkább a húzófeszültség méréskelebb leszállításával, de ezt a lecsökkentett értékű védelmet el kell látni mind aktív, mind pedig passzív rezgéscsillapítókkal.

[2][4][5]

4.2 Számítások

4.2.1 Tervezett sodrony adatai:

A sodronyt szabvány szerint gyártják, így a mechanikai adatai katalógusban rögzítettek.
250/40 ACSR sodrony adatai:

- a vezető teherviselő keresztmetszete: $A=290 \text{ mm}^2$
- a vezető átmérője: $d=22,4 \text{ mm}$
- a vezető sűrűsége: $\rho = 3544 \text{ kg/m}^3$
- a zúzmarás sűrűség: $\rho_z=6562 \text{ kg/ m}^3$
- a sodrony megengedett legnagyobb húzófeszültsége: $\sigma_{\max} = 80 \text{ N/mm}^2$
- sodrony hosszegységre vonatkozó tömege: $m_0=1,039 \text{ kg/m}$
- rugalmassági modulus: $E= 76000 \text{ N/mm}^2$
- hőfoktényező: $\alpha = 1,905 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$

4.2.2 Pótteher és zúzmarás térfogatsúly meghatározása a sodronyra

A zúzmara fajlagos tömege:

$$m_z = 0,325 + 0,025 \cdot 22,4 = 0,885 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$z = m_z \cdot g = 0,885 \cdot 10 = 8,85 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

A tervezés során figyelembe kell venni a térségre jellemző időjárási tényezőket, amennyiben ez eltér az átlagostól, fokozott biztonsági intézkedéseket kell tennünk. Jelen esetben a térségben a zúzmarásodás átlagos, ezért nem indokolt fokozott biztonság. A számításokat normál zúzmaraterhelésen végeztem.

A zúzmarás sűrűség meghatározása:

$$\rho_z = \frac{m + m_z}{A} = \frac{1,039 + 0,885}{290 \cdot 10^{-6}} = 6634,48 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

[1][2][3][4][5][6]

4.2.3 Közepes oszlopköz kiszámítása 250/40 ACSR sodronyra

A távvezeték feszítőközei általában nem csak egy oszlopközből állnak. A feszítőközök minden egyes oszlopközét meg kell vizsgálni, hogy teljesülnek-e a szabványban leírt követelmények, ezért az állapotegyenlet könnyebb kezelhetősége érdekében bevezetésre került a közepes oszlopköz.

A közepes oszlopköz alatt egy olyan elméleti oszlopközt értünk, amelyben a terhelés vagy a hőmérsékletváltozás következtében a húzófeszültség változása közel azonos, mint a feszítőköz tényleges oszlopközeiben és ezzel végezzük a számításokat, hol ezt megtehetjük.

Közepes oszlopköz:
$$a_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}}$$

A képlet alapján a választott feszítőközökre a közepes oszlopköz kiszámolható.

68-72 feszítőköz esetén:

$$a_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}} = \sqrt{\frac{249^3 + 310^3 + 314^3 + 295^3}{249 + 310 + 314 + 295}} = 295,3m$$

72-73 feszítőköz esetén:

$$a_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}} = \sqrt{\frac{272^3}{272}} = 272m$$

73-76 feszítőköz esetén

$$a_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}} = \sqrt{\frac{289^3 + 238^3 + 260,2^3}{289 + 238 + 260,2}} = 264,9m$$

[1][2][3][4][5][6]

4.2.4 Kritikus oszlopköz kiszámítása

Kritikus oszlopközön azt az oszlopközt értjük, amelyben a vezető igénybevétele -20°C-on csupaszon ugyanannyi, mint -5°C-on pótteherrel.

A kritikus oszlopköz kiszámítására azért van szükség, hogy megállítható legyen, mikor a legnagyobb a vezető mechanikai igénybevétele.

Ehhez két állapotot kell figyelembe venni:

- a vezető -5°C pótteherrel
- a vezető -20°C pótteher nélkül

$$a_{kr} = \frac{\sigma_{max}}{g} * \sqrt{\frac{360 * \alpha}{\rho_z^2 - \rho^2}} = \frac{80 * 10^6}{10} * \sqrt{\frac{360 * 19,05 * 10^{-6}}{6562^2 - 3544^2}} = 119,96 \text{ m}$$

Mértékadó oszlopköz kiszámítása:

$$a_m = 0,6 * \frac{\sigma_{max}}{g * p_z} = 0,6 * \frac{80 * 10^6}{6562 * 10} = 731,48 \text{ m}$$

$$a_k < a_m \rightarrow \sigma_h = \sigma_{max}$$

[1][2][3][4][5][6]

4.2.5 Felső kritikus hőmérséklet kiszámítása

A felső kritikus hőmérséklet kiszámítására a vezető legnagyobb belógásának meghatározása miatt van szükség. A legnagyobb belógás -5°C pótteherrel vagy +60°C-on következik be.

$$T_{fkr} = \frac{\sigma_h}{\alpha * E} * \left(1 - \frac{\rho}{\rho_z}\right) - 5$$

$$T_{fkr} = \frac{80}{19,05 * 10^{-6} * 7,6 * 10^4} * \left(1 - \frac{3582,75}{6634,5}\right) - 5 = 20,4 \text{ °C}$$

Ha a kapott érték nagyobb, mint +60°C, akkor a legnagyobb belógás -5°C-on pótteherrel következik be. Azonban jelen esetben a kapott érték kevesebb, mint +60°C, így a legnagyobb belógás +60°C-os hőmérsékleten következik be. [1][2][3][4][5][6]

4.2.6 Legnagyobb belógás

A legnagyobb belógás kiszámítása 72-73 feszítőközben

A legnagyobb belógás -5°C -on pótteherrel, vagy $+60^{\circ}\text{C}$ következik be. A felső kritikus hőmérséklet nagysága határozza meg, hogy az adott esetben melyik állapotot szükséges figyelembe venni a számítás során.

Ha a felső kritikus hőmérséklet $+60^{\circ}\text{C}$ felett van, akkor a legnagyobb belógás -5°C -on pótteherrel lép fel, ha pedig alatta, akkor a legnagyobb belógás $+60^{\circ}\text{C}$ -on fog bekövetkezni. Jelen esetben a legnagyobb belógás $+60^{\circ}\text{C}$ -on jön létre.

Húzófeszültség kiszámítása:

Weil féle állapotegyenletből kiindulva:

$$\frac{a^2 * \rho^2 * g^2}{24 * \sigma_h^2} - \frac{a^2 * \rho_z^2 * g^2}{24 * \sigma_{max}^2} = \alpha * (t - t_0) + \frac{1}{E} * (\sigma_h - \sigma_{max})$$

Az egyenlet átrendezve:

$$\frac{a^2 * \rho^2 * E}{24 * \sigma_h^2} - \sigma_h = \frac{a^2 * \rho_z^2 * E}{24 * \sigma_{max}^2} - \sigma_{max} + \alpha * E * (t - t_0)$$

$\sigma_{max} = 84 \text{ N/mm}^2 \rightarrow 5^{\circ}$ -os túl szabályozás figyelembevétele.

Az egyenlet tovább rendezésével egy harmadfokú egyenletet kapunk.

$$\sigma_h^3 + 153,08\sigma_h^2 - 294257,5299 = 0$$

Az egyenlet megoldásához egy online harmadfokú egyenlet megoldó programot használtam.

$$\sigma_h = 39,1272 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A meghatározott húzófeszültségből kiszámítható az az erő, amellyel a vezetőt feszíteni kell.

$$F_h = \sigma_h * A = 39,1272 * 290 = 11346,888 \text{ N} \approx 1,13 \text{ kN}$$

$$b = \frac{a^2 * p * g}{8 * \sigma_h} = \frac{272^2 * 3544 * 10}{8 * 39,1272 * 10^6} = 8,38 \text{ m}$$

Százalékos belógás értéke:

$$\beta = \frac{b}{a} * 100\% = \frac{8,38}{272} * 100\% = 3,08\%$$

[1][2][3][4][5][6]

4.3 Szerelési táblázat adatainak számítása:

A vezeték két felfüggesztési pont között a ránehezedő súly, amely a következőket foglalja magában: saját súly, illetve zúzmara súlya, melyek hatására íves alakot vesz fel. Általában a belógáson az oszlopköz felezőjében mért belógást értjük. Ez a láncgörbe egyenlete alapján számolható ki. A belógás függ a vezetőre ható súlyerőktől és a felfüggesztési pontok távolságától is. A belógást minden oszlopközre meg kell adni.

A szerelési táblázat elkészítéséhez meg kell határozni a legnagyobb belógást és a hozzá tartozó erőt, amivel a vezetőt feszíteni szükséges. Ezt szokás kiszámítani -15°C-tól 5°C-os léptékkal 40°C-ig, mivel hazánkban nem igen fordul elő más szerelési hőmérséklet. Az áramvezető sodronyokat 5%-al túl kell szabályozni, amit a szerelési táblázat készítése során figyelembe kell venni.

A szerelési táblázat készítéséhez szükséges húzófeszültség és belógás számításokat három kiválasztott hőmérsékleten mutatom be és egy feszítőközön. Az általam választott hőmérsékletek: +40°C, 0°C és -15°C, a feszítőköz pedig a 72-es oszlop és 73-as oszlop feszítőze.

Vezető belógásának kiszámítása 40 °C-on 72-73 feszítőközre:

Húzófeszültség kiszámítása:

$\sigma_{max}=84 \text{ N/mm}^2 \rightarrow 5^\circ\text{-os túl szabályozás figyelembevétele.}$

Állapot egyenlet:

$$\frac{a_k^2 * \rho^2 * E}{24 * \sigma_{h+40^\circ\text{C}}^2} - \sigma_{h+40^\circ\text{C}} = \frac{a_k^2 * \rho_z^2 * E}{24 * \sigma_{max}^2} - \sigma_{max} + \alpha * E * (t - t_0)$$

Behelyettesítve és az egyenlet tovább rendezésével egy harmadfokú egyenletet kapunk:

$$\sigma_{h+40^\circ\text{C}}^3 + 124,124\sigma_{h+40^\circ\text{C}}^2 - 294257,5299 = 0$$

$$\sigma_{h+40^\circ\text{C}} = 42,0771 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$b_{+40^\circ\text{C}} = \frac{a^2 * p * g}{8 * \sigma_{h+40^\circ\text{C}}} = \frac{272^2 * 3544 * 10}{8 * 42,0771 * 10^6} = 7,79 \text{ m}$$

Vezető belógásának kiszámítása 0 °C-on 72-73 feszítőköze:

$\sigma_{max}=84\text{N/mm}^2 \rightarrow 5\%$ -os túl szabályozás figyelembevétele.

Állapot egyenlet:

$$\frac{a_k^2 * \rho^2 * E}{24 * \sigma_{h+0^\circ\text{C}}^2} - \sigma_h = \frac{a_k^2 * \rho_z^2 * E}{24 * \sigma_{max}^2} - \sigma_{max} + \alpha * E * (t - t_0)$$

Behelyettesítve és az egyenlet tovább rendezésével egy harmadfokú egyenletet kapunk:

$$\sigma_{h+0^\circ\text{C}}^3 + 66,2126 \sigma_{h+0^\circ\text{C}}^2 - 294257,5299 = 0$$

$$\sigma_{h+0^\circ\text{C}} = 50,2629 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$b_{+0^\circ\text{C}} = \frac{a^2 * p * g}{8 * \sigma_{h+0^\circ\text{C}}} = \frac{272^2 * 3544 * 10}{8 * 50,2629 * 10^6} = 6,52 \text{ m}$$

Vezető belógásának kiszámítása -15 °C-on 72-73 feszítőköze:

$\sigma_{max}=84\text{N/mm}^2 \rightarrow 5\%$ -os túl szabályozás figyelembevétele.

Állapot egyenlet:

$$\frac{a_k^2 * \rho^2 * E}{24 * \sigma_{h-15^\circ\text{C}}^2} - \sigma_h = \frac{a_k^2 * \rho_z^2 * E}{24 * \sigma_{max}^2} - \sigma_{max} + \alpha * E * (t - t_0)$$

Behelyettesítve és az egyenlet tovább rendezésével egy harmadfokú egyenletet kapunk:

$$\sigma_{h-15^\circ\text{C}}^3 + 44,495 \sigma_{h-15^\circ\text{C}}^2 - 394257,5299 = 0$$

$$\sigma_{h-15^\circ\text{C}} = 54,5158 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$b_{-15^\circ\text{C}} = \frac{a^2 * p * g}{8 * \sigma_{h-15^\circ\text{C}}} = \frac{272^2 * 3544 * 10}{8 * 54,5158 * 10^6} = 6,01 \text{ m}$$

[1][2][3][4][5][6]

4.3.1 Szerelési táblázat

Feszítőközök			Oszlopközök		Szerelési belógás [m]											
Határ feszítő oszlopok sorszama	Hossz [m]	Közepes oszlopköz [m]	Határoló oszlopok sorszama	Hossz [m]	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
68-72	1168	295,2														
			68-69	295	7,28	7,45	7,63	7,80	7,97	8,13	8,30	8,47	8,62	8,78	8,93	9,09
			69-70	314	8,38	8,55	8,73	8,90	9,07	9,24	9,41	9,57	9,74	9,90	10,06	10,21
			70-71	310	8,14	8,31	8,49	8,66	8,83	9,00	9,16	9,33	9,49	9,65	9,81	9,97
			71-72	249	4,88	5,04	5,21	5,37	5,53	5,69	5,85	6,00	6,16	6,31	6,46	6,60
72-73	272	272														
			72-73	272	6,01	6,18	6,35	6,52	6,69	6,85	7,01	7,17	7,33	7,48	7,64	7,79
73-76	787,2	262,4														
			73-74	289	6,92	7,10	7,27	7,44	7,61	7,78	7,94	8,10	8,26	8,42	8,58	8,73
			74-75	238	4,37	4,53	4,70	4,86	5,01	5,17	5,37	5,48	5,63	5,78	5,93	6,07
			75-76	260,2	5,41	5,58	5,75	5,92	6,08	6,24	6,40	6,56	6,71	6,87	7,02	7,17

5 Szigetelők méretezése

A szigetelők egy nagyon fontos és emellett a legkényesebb alkotóelemei a távvezetéknek, mivel elsősorban a szigetelés állandó állapotától függ az üzem zavartalansága. Méretezésüket villamos és mechanikai igénybevételre is el kell végezni.

5.1 Szigetelők villamos méretezése

Villamossági szempontból megköveteljük, hogy a szigetelőláncoknak a vezetéken üzemszerűen fellépő feszültségeket a legkedvezőtlenebb üzemi állapotok között is kiállják. Mivel a nyitott végű távvezeték bekapcsolásakor töltőfeszültség-hullám keletkezik, ami az üzemi feszültség kétszerese, és a szigetelő kialakításánál fogva hamarabb átívelhet, minthogy átütne. Az átívelés pedig esős időben a legkedvezőtlenebb, emiatt a szigetelőt úgy kell megválasztani, hogy nedves átívelő feszültsége nagyobb legyen, mint:

$$U_{\text{átívelő, nedves}} > 1,05 * (2U_n + 10)kV$$

$[U_n] = V$ a névleges feszültség.

Amennyiben a vezeték olyan vidéken kerül létesítésre, ahol különleges légköri viszonyok uralkodnak, például heves viharok, erős ködképződés, esetleg tengerpart, vagy egyéb olyan terület, ahol a levegő szennyezettsége az átlagosnál fokozottabb mértékű, az átívelés biztonságát különleges alakú szigetelők alkalmazásával kell megfelelő mértékűre megnövelni.

Mindemellett nem szabad megfeledkezni arról a tényről, hogy a szigetelőláncok alkalmazásakor a feszültség nem egyenlő arányban oszlik meg a szigetelőkön. A vezetőhöz legközelebb eső láncra esik a legnagyobb feszültséghányad, ebből kifolyólag egy bizonyos tagszám után már az új tagok alkalmazásával nem csökkenthető a szigetelőlánc láncaira eső feszültség mértéke. A láncok átívelő feszültségét a számítási eredmények után célszerű üzemi körülményeknek megfelelő helyzetben tesztelni. A szigetelőnek, mint a belső, mint a külső túlfeszültséget egyaránt el kell viselnie, azaz a megfelelően méretezett szigetelőláncnak a szabványos próbafeszültségeket ki kell bírnia. [3]

5.2 Szigetelők mechanikai méretezése

A szigetelők mechanikai tervezése során meg kell határozni a vezetőket igénybe vevő legnagyobb erőt, amelyet a szabadvezetékek statikai számításaihoz alkalmazott valamennyi, az adott szigetelőre releváns terhelési eset figyelembevételével kell megtenni. Tartóoszlopokra szerelt álló szigetelők esetén a szigetelőnek biztonsággal el kell viselnie a pótteherrel terhelt vezetőt, vagy a szélnyomással terhelt pótteher nélküli vezetőre számolt terhelés háromszorosát. Amennyiben a tartóoszlopokra függő szigetelőket szerelnek, akkor a ráható erők négyszeresét kell, hogy elviselje és szükséges még figyelembe venni a szigetelőlánc- és a szerelvények súlyát is.

Feszítő jellegű állószigetelő esetén a törőerő középértékének nagyobbak kell lenni, mint a ráfeszített vezető legnagyobb üzemi vezetékfűzésének háromszorosa. Egyszeres feszítőlánc esetében a biztonsági tényezőt négyszeres szorzóval kell felvenni. Többszörös szigetelőlánc alkalmazása esetén a szigetelőláncok törőerő-középértékének összege adja meg az egységes törőerő-középértéket, továbbá gondoskodni kell, hogy a vezető fűzése a szigetelő láncok között egyenletesen oszoljon meg mind a sértetlen, mind szakadt szigetelőlánc esetében.

A 132 és 220 kV-os távvezetéken normál biztonságnál, ha a mechanikai terhelés szempontjából megfelelő, akkor elegendő egyes feszítőláncot alkalmazni. Fokozott és különleges biztonságnál kettős feszítőláncot kell alkalmazni. A feszítőláncok párhuzamos tagjai külön-külön csatlakoznak a párnalemezre. A nyomvonaltörés és az oszlopkar csavarodása következtében a párhuzamos láncok hosszirányban elhúzódnak. Ezt az elhúzódást villásközdarabok beiktatásával lehet meg akadályozni. Az elhúzódást meg kell akadályozni egyrészt azért, hogy a láncok közötti távolság ne csökkenjen, továbbá az őket összefogó távolságtartó, merőleges maradjon a nyomvonalra, másrészt pedig azért, hogy az azonos potenciálú szigetelőkarok legyenek egymás mellett. A távvezeték biztonságához még nem elegendő, ha a vezetőket, s egyéb szerkezeti részeket a külső erőhatásoknak megfelelően méretezzük, hanem arra is figyelemmel kell lenni, hogy a távvezetékek épségét villamos átívelések, átégések se veszélyeztessék. A vezetőket a tartószerkezeteken tehát úgy kell elrendezni, hogy azok sem nyugvó, sem kimozdított állapotban egymáshoz, más vezetőkhöz vagy tartószerkezetekhez túl közel ne kerülhessenek. [3]

5.3 Szigetelők terhelés-számításának feltételrendszere

1. A tartóoszlopra szerelt állószigetelő legkisebb hajlító-törőerő értéke nem lehet alacsonyabb értékű, mint a mértékadó pótteherrel terhelt vezető, vagy a szélnyomás által terhelt, de pótteher nélküli vezető:

- kerámia szigetelőknél 2,4szeres,
- műanyag szigetelőknél pedig 2 szeres

biztonsággal számolt értéknél.

2. A pótteherrel terhelt sodrony átmérője:

$$d_z = \sqrt{\frac{4 * z}{\pi * 8 * 10^3} + d^2}$$

$[z] = 3025 + 0,25d$ N/m a burkolt vezető mértékadó pótterhe,

$[d]$ = mm a vezeték külső átmérője.

3. Ha a vezetőt pótteher terheli, akkor a szélterhet a torlónyomás 1/5-ével kell számításba venni.

4. Ha a vezetőt pótteher nem terheli, abban az esetben egy olyan állapotot kell feltételezni, amelyiknél a szél maximálisan fúj, és erre az esetre vonatkozóan kell meghatározni egy csökkentett húzófeszültségű állapotot.

5. A feszítő jellegű szigetelő esetében legkisebb hajlító-törőerő értéke nem lehet alacsonyabb értékű, mint a ráfeszített vezető legnagyobb üzemi vezetőhúzása:

- kerámia szigetelőknél 2,4szeres,
- műanyag szigetelőknél pedig 2 szeres

biztonsággal számolt értéknél. [3]

5.4 Alkalmazott szigetelők

A 68-as feszítőoszlopnak mindkét oldalára egyes feszítő szigetelőt terveztem, mivel nem keresztez semmit a távvezeték, ami különleges biztonsági igényt támasztana. A 69-es tartó oszloptól a 71-es tartó oszlopig egyszeres függő szigetelő láncot terveztem, mivel nem keresztez semmit a távvezeték, ami különleges biztonsági igényt támasztana. A 72-es alul keresztező feszítőoszlopra és a 73-as sarok végfeszítőoszlopra kettős feszítő szigetelőket terveztem, mert a két oszlop között az M1-es autópálya fut és emiatt indokolt és kötelező is a fokozott biztonsági tényezővel számolni, mivel, ha az egyik szigetelőlánc el is szakad, akkor még a másik meg tartja a vezetékét, emiatt a távvezeték zavartalanul működhet tovább és az autópálya működését sem befolyásolja egy esetleges szigetelőláncszakadás. A 74-es és 75-ös tartó oszlopokra is kettős szigetelőláncot terveztem, mivel lakott terület felett halad át a távvezeték, vagyon- és életvédelmi szempontok is indokolják a kettős szigetelőlánc alkalmazását. A 76-os feszítőoszlop esetén, mivel már a települést elhagyta a távvezeték nyomvonala, már nem indokolt a kettős szigetelőlánc alkalmazása, így ide is egyszeres feszítő szigetelőlánc lett tervezve. A szigetelőláncok alkalmazása vezetőszállanként értelmezendő. Kompozit szigetelőláncokat választottam, melyeknek műszaki követelményei az alábbiak:

- névleges feszültség	132 kV
- legnagyobb feszültség	145 kV
- ívterelő szerelvények között távolság	970 mm

Mechanikai követelményei pedig a következők:

- egyes feszítőnél	120 kN
- egyes segéd láncnál	120 kN
- kettős tartónál	2x120 kN
- kettős feszítőnél	2x120 kN

6 Oszlop típus kiválasztása

Az oszlop kiválasztásakor vagy méretezéskor első feladat az, hogy meghatározzuk az oszlopszerkezetre jutó terheket. Mindazonáltal az oszlopra jutó terhek egyidejű jelenlétére való méretezés gazdaságtalan lenne, ezért a szakirodalom a terheléseket két csoportra bontva megkülönböztet:

- rendes terhelést és
- rendkívüli terhelést.

Rendes terhelésre minden oszlopot méretezni kell, míg rendkívül terhelésre csak a nagyfeszültségű oszlopokat. Az oszlopra ható erők számításakor a szomszédos oszlopközben a vezetékekre ható erők felével kell csak számolni és a vizsgált oszlopra hatónak tekinteni, mert a többi terhet már a szomszédos oszlopok viselik. Az oszlop tervezésekor az alábbi terheket kell számításba venni:

1. Állandó terhek, amelyekhez az oszlopszerkezet önsúlya, az oszlopra felszerelt elemek súlya és a vezetők pótteher nélküli súly tartozik.
2. Változó terhek, a vezetőhúzások vízszintes összetevőjét, a pótterhet, a szélterhet, és a szerelők és szerszámaik súlyát kell figyelembe venni a számításokkor.
3. Járálékos terhek, minden olyan további terhelés, amely az oszlop teherbíró képességét számottevően befolyásolhatja. (Ilyenek lehetnek: a hőmérséklet ingadozásának hatásai, alapok deformitásának hatásai stb.)

Járálékos terheket csak statikailag határozatlan szerkezeteknél kell figyelembe venni.

Amennyiben ismerjük a megfelelő terhelési eseteket, akkor bármely szerkezeti rész mértékadó igénybevétele (nyomó, húzó, hajlító, nyíró vagy csavaró nyomatéka) kiszámítható az alábbi összefüggéssel:

$$Y_M = k_a * Y_a + k_v Y_v + Y_j$$

$[Y_a]$ = állandó terhekből származó igénybevétel,

$[Y_v]$ = változó terhekből származó igénybevétel,

$[Y_j]$ = járulékos terhekből származó igénybevétel,

$[k_a]$ = az állandó terhek szórási tényezője (0,9-1,1),

$[[k_v]]$ = a változó terhek biztonsági tényezője:

egyetlen rendes változó teher esetén: $k_v = 1,2$

több rendes változó teher esetén: $k_v = 1$

rendkívül változó terhek esetén pedig: $k_v = 0,8$

A tartószerkezet megfelelőnek tekinthető, amennyiben minden szerkezeti részére a mértékadó igénybevétel (Y_M) kisebb, mint az illesztő szerkezeti rész határ-igénybevétele (Y_H), azaz:

$$Y_M < Y_H$$

A rendkívüli esetben, amikor valamely vezető húzása részben vagy egészben elmarad, annak a vezetőhúzásnak, (egyensúlyozó erőnek) kell a részleges vagy teljes hiányával számolni, amelyik hiánya miatt a legnagyobb igénybevétel keletkezik a vizsgált elemben.

Megrendelő előírásainak megfelelően az átépítéshez Oroszlány-E típusú két védővezetős, függőleges elrendezésű oszlopokat választottam, melyek statikai paraméterei kielégítik az MSZ EN 50341-1 szabvány 2. biztonsági szintjének előírásait.

Az oszlopokat gyári duplex (kettős) felületvédelemmel ellátva kell elkészíteni. A szállítás és szereléssorán figyelni kell, hogy az oszlopok felületvédelme ne sérüljön. Elkészítetem az Oszlop- és anyagkimutatást, melyet a 3-as számú melléklet tartalmaz.[3]

6.1 Oszlopszerkezet kialakítása és szerelési követelmények

Az oszlopcsalád tartóoszlopa teljes egészében rácsos, osztott lábú acélszerkezetként kerültek kialakításra függő szigetelőlánc felfüggesztéssel. A feszítő oszlopok is rácsos, osztott lábú szerkezetek.

Az alkalmazott profilok egyenlő- és egyenlőtlen szárú szögacélok illetve U-acélok, amelyek csavaros kötésekkel kapcsolódnak egymáshoz. Hegesztést csak kis mennyiségben és abban az esetben alkalmazható, ahol szerkezeti szempontból elkerülhetetlen. A csavarkötéseknél a csavarfejek úgy legyenek elhelyezve, hogy függőleges elhelyezésnél felül, vízszintes elhelyezésnél oszlopszerkezeten belül legyenek.

A csavaros kötések kialakításakor minden esetben a műhelyterven előírt átmérőjű és hosszúságú csavart kell alkalmazni. A rugós alátétet az anya alá közvetlenül kell elhelyezni. Egy sima alátétet a csavarfej alá, egyet az összekapcsolt szerkezeti elemek túlsó oldalára kell elhelyezni. Menetes rész nem kerülhet a furatokba. A csavarok meghúzását követően a csavarorsó csavaranyából kiálló meneteinek száma legalább 2 legyen. Amennyiben ez a követelmény a csavarkötéshez kiírt kötőelemekkel nem teljesíthető, a csavarfej alatti alátét elhagyható.

Az oszlopokat úgy kell szállítani, összeszerelni és a helyszínen felépíteni, hogy a szerkezeti elemeken maradó alakváltozás, a felületvédelmen sérülés ne keletkezzen. Az oszlopok főszárait az átlós sarkokba mászóvasakat kell szerelni. A mászóvasak a főszár két oldalán váltakozva, egymástól átlagosan 300 mm-re vannak elhelyezve. Az oszlopra történő illegális felmászás megakadályozása céljából a szabadvezeték üzembe helyezése előtt az acélszerkezet alsó, 3 m-es szakaszáról a hágcsókat el kell távolítani. Az oszlopokat duplex felületvédelemmel kell ellátni, tehát tűzihorganyzást és festést is alkalmazni kell.

6.2 Oszlopalap és földelés készítése

A tervezet Kisigmánd-Győr 132 kV-os vonalon az általam vizsgált szakaszon 9 db új oszlopalap készül. Az új oszlopalapokat a következő táblázat szerinti kell megvalósítani.

Sor szám	Oszlop család	Oszlop típus	Szög csoport	Alapozási sík (m)	Alapozás típusa	Munkatér határolás
68	Oroszlány	OF+3	(170°-180°)	2,80	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat
69	Oroszlány	OT+3		2,20	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat
70	Oroszlány	OT+3		2,20	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat
71	Oroszlány	OT+3		2,20	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat
72	AKF (500)	AKF+0	(140°-180°)	2,50	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat
73	Oroszlány	OVSF+3	(90°-180°)	2,90	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat
74	Oroszlány	OT+6		2,20	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat
75	Oroszlány	OT+3		2,20	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat
76	Oroszlány	OF+0	(170°-180°)	2,60	Súlyalap	Zárt sorú dúcolat

A vizsgált szakaszon az altalaj tömör szemcsés talajrétegekből áll, közepesen tömör állapotú. A nyomvonal szakasz száraz, azon talajvíz megjelenésével nem kell számolni létesítéskor. Az oszlopok alapozását csapadékszegény vagy enyhén csapadékos időszakban nyáron, vagy kora ősszel javasolt elvégezni. Mivel az oszlop alapok szárazon lesznek valószínűleg elkészítve, ezért ilyenkor az alaptalaj tömörítéséről is gondoskodni kell ($Tr_p > 90\%$).

Az oszlop helyekről kitermelt földet vissza tölteni csak abban az esetben lehet, ha a talaj szervesetlen (ásványos). Emellett a vissza töltött talajt 20 cm vastag rétegben minimum tömöríteni kell, ennek a tömörsége legalább $Tr_p = 90\%$ -os legyen. A visszatöltésnél az alaptest melletti terepszint alatti 0,5 m-ig plasztikus talajt javaslok tömörítve visszatölteni, amely a felszínről, illetve az oszlopról esőzéskor lefolyó víz beszivárgását hivatott gátolni és megakadályozni.

A csapadék és felszíni vizek munkagödörtől való távoltartásáról gondoskodni kell. A felázott talajra lapozni nem szabad, azt ki kell szedni és a helyére száraz ásványos talajt kell helyezni és betömíteni, vagy pedig sovány beton réteget kell a helyére önteni. Az alap

elkészültekor úgy kell a talajszintet ki alakítani, hogy az esővíz az oszlop alaptól lefolyón. A munkálatok végeztével az eredeti terepviszonyokat kell visszaállítani.

Betonalap létesítésekor a megfelelő beton összetétel választásával, az alappal szemben támasztott alapvető biztonságot kielégíthetjük. A beton minőségét ellenőrizni kell. A látszódo beton felületeket védő alap bevonattal célszerű ellátni, hogy időt állobbak legyenek. Ezt a bevonatot a föld alá 30 cm-levezetve és a csonkra 20 cm-re felvezetve célszerű megvalósítani. Ezeket a rétegeket csak az acéloszlop duplex felületvédelmének elkészülte után szabad felvinni.

Újkeretföldeléseket is csinálni kell, melyeket az alapok alá helyezendők. Földelő szalagot, amely legalább 40x5 mm-es horganyzott acélból készült, úgy kell alapozás belső oldalán felvezetni az oszlopcsonkhoz, hogy az a számára kialakított földelőcsatlakozó-fülhöz kerüljön.

6.2.1 Távfűtési oszlopok földelésének vizsgálata

A földelőberendezések létesítésekor elvégzendő ellenőrzési és vizsgálati tevékenységek [5]

	Létesítés után, üzembe helyezés előtt		Üzemeltetés során az mindenkor jogszabályoknak megfelelően, de legalább a lent leírtak szerint	
	Számítás	Mérés/Szemrevételezés	Számítás	Mérés/Szemrevételezés
Földelések mérés	Nem szükséges	Kötelező elvégezni	Nem szükséges	$U_n \geq 45 \text{ kV}$ esetén 4 évente
Az érintkezések megfelelőségének vizsgálata	Nem szükséges	Kötelező elvégezni	Nem szükséges	Szemrevételezést kell végezni 4 évenként
Az érintési és lépésfeszültség vizsgálata	Kötelező elvégezni	Akkor kell mérést végezni, ha a számítás eredménye meghaladja a megengedett érték 90%-át	Ha a zárlati áram vagy a földelési ellenállás értéke nagyobb, mint tervezéskor	Akkor kell mérést végezni, ha a számítás eredménye meghaladja a megengedett érték 90%-át
A távközlési összeköttetések védelmével összefüggő mérések az illetékes távközlési hatósággal	Nem szükséges	Kötelező elvégezni	Ha a zárlati áram vagy a földelési ellenállás értéke nagyobb, mint tervezéskor	Akkor kell mérést végezni, ha a számítás eredménye meghaladja a megengedett érték 90%-át
A földelés helyi potenciálemelkedésének mérés	Kötelező elvégezni	Akkor kell mérést végezni, ha a számítás eredménye meghaladja a megengedett érték 90%-át	Ha a zárlati áram vagy a földelési ellenállás értéke nagyobb, mint tervezéskor	Akkor kell mérést végezni, ha a számítás eredménye meghaladja a megengedett érték 90%-át
A földelőrendszer elemeinek korrodálásának vizsgálata	Nem szükséges	Nem szükséges	Nem szükséges	12 évente kell felül vizsgálni

7 Irodalmi jegyzék

Források:

- 1 - Dr. Novothny Ferenc (Phd) - Villamosenergia-ellátás I. [1]
- 2 - Dr. Novothny Ferenc (Phd) - Villamosenergia-rendszerek I. [2]
- 3 - Dr. Novothny Ferenc (Phd) - Villamos energetika I. [3]

Szabványok:

- 1 - MSZ 151-1 Erősáramú szabadvezetékek. 1 kV-nál nagyobb névleges feszültségű szabadvezetékek létesítési előírásai (visszavont szabvány) [4]
- 2 - MSZ EN 50341-2 1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű szabadvezetékek [5]
- 3 - MSZ EN 50341-1:2013-hoz 5 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű szabadvezetékek [6]

Programok:

-<http://matek.com/fuggvények/harmadfoku-egyenlet>

-AutoCad 2021

-Microsoft Word

-Microsoft Excel

8 Összefoglaló

Szakdolgozatomban a magyar villamosenergia hálózattal és azon belül a nagyfeszültségű távvezeték tervezésével foglalkoztam. Bemutattam a nagyfeszültség távvezeték létesítésének céljait és szempontjait. Itt kitértem a távvezeték oszlophelyek kiosztásának elveire és szempontjaira.

Dolgozatomban a Kisigmánd-Győr 132 kV-os távvezeték szakaszt és annak a rekonstrukciójával foglalkoztam. Ezen belül röviden bemutattam a rekonstrukciós előzményeket, az általam választott nyomvonal szakaszt és az általa keresztezett műtárgyakra is kitértem, melyek a létesítés szempontjából relevánsak voltak.

Továbbá bemutattam a vezetékre ható erőket, majd vezetékméchanikai számításokat végeztem és elkészítettem az általam vizsgált szakasz szerelési táblázatát.

Ezek után a szigetelő láncok méretezéséről írtam a dolgozatomban.

Végezetül az oszlopkiválasztással foglalkoztam és kiválasztottam az oszlop családot. Elkészítettem az oszlop- és anyagkiumtatást. Az alapozások készítéséről és a távvezeték oszlopok földelésének vizsgálatáról is írtam.

Megállapíthatom, hogy a távvezeték tervezés egy igen összetett folyamat, amely során rengeteg dologra oda kell figyelni. A tervezés során elsőre jelentéktelennek tűnő dolgokra is figyelmet kell fordítani és számításba kell venni.

9 Summary

Firstly, in my dissertation I dealt with the Hungarian electrical grid and within that with the design of the high-voltage pylon. I presented the goals and aspects of the construction of a high-voltage pylon. Here I have elaborated on the principles and aspects of the allocation of pylon locations.

In my dissertation I dealt with the 132 kV pylon section of Kisigmánd-Győr and its reconstruction. Within this, I briefly presented the antecedents of the reconstruction, the section of the trail I chose, and the artefacts it crossed that were relevant to the construction. Furthermore, I presented the forces acting on the transmission line, then I performed the transmission line mechanical calculations and made the assembly table of the section I examined.

After that, I wrote about the sizing of insulating chains in my dissertation.

Finally, I dealt with tower selection and selected the tower family. I made the tower and material extinction. I also wrote about the preparation of the foundations and the grounding of the transmission line poles.

I can conclude that power line design is a very complex process that requires a lot of attention. Things that seem insignificant at first are needed to be considered and considered during planning.

10 Melléklet

1. melléklet: Nyomvonalrajz
2. melléklet: Hossz-szelvényrajz
3. melléklet: Oszlop-és anyagkimutatás

Jelmagyarázat:

- Nyomvonal
- Biztonsági övezet
- Birtokhatár
- Bontandó oszlop
- Új oszlophely
- Meglévő, megmaradó oszlop száma
- 36
- Építendő oszlop száma
- Ⓚ
- Kötődoboz
- ①
- Keresztezés sorszáma
- OPGW típusa: 1x25/25 AA/ACS
- MASS típusa: 1x82/35 AA/ST

OSZLOPOK: 76 – 68



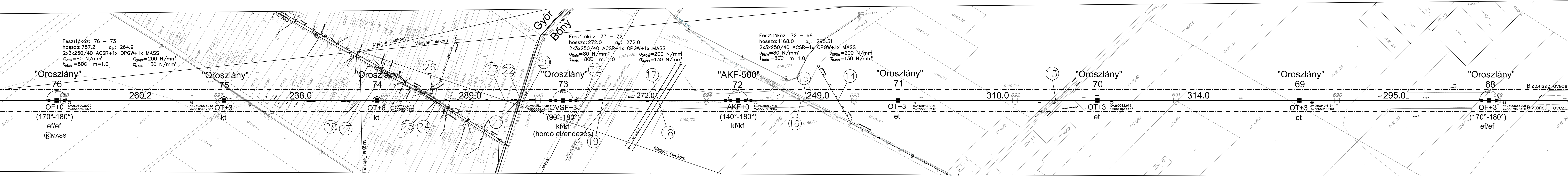
Kisigmánd – Győr ÉDÁSZ 132 kV-os távvezeték átépítése

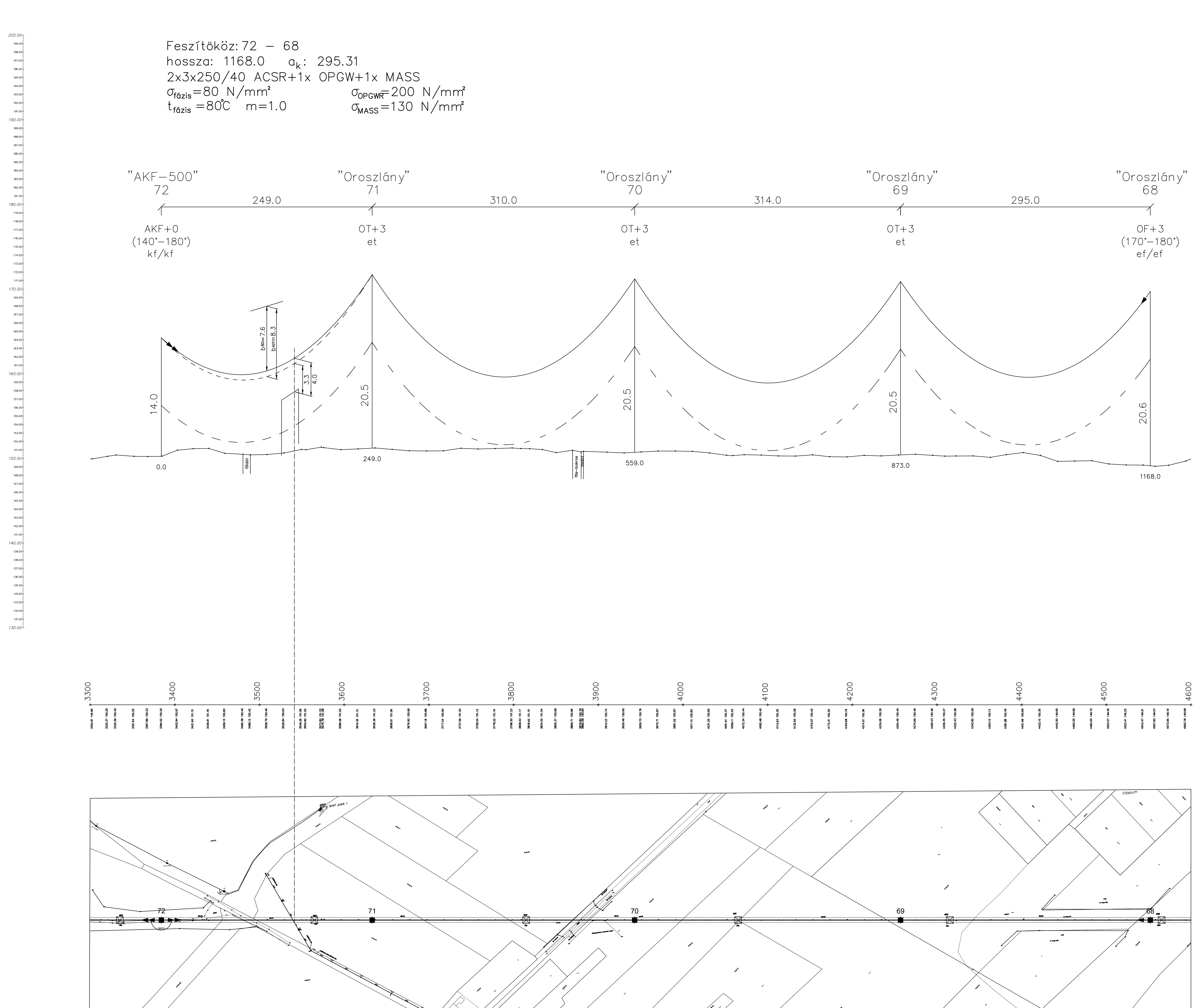
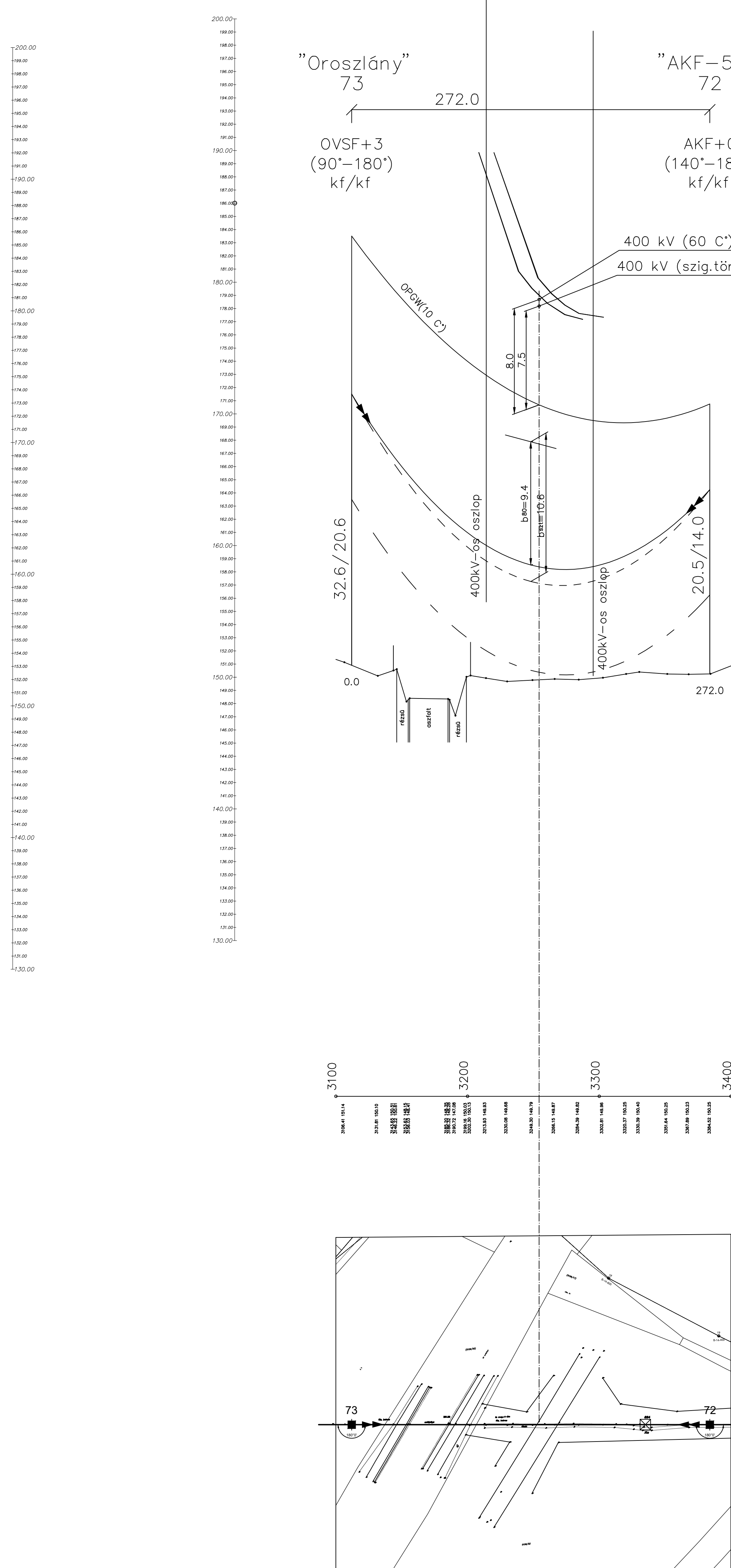
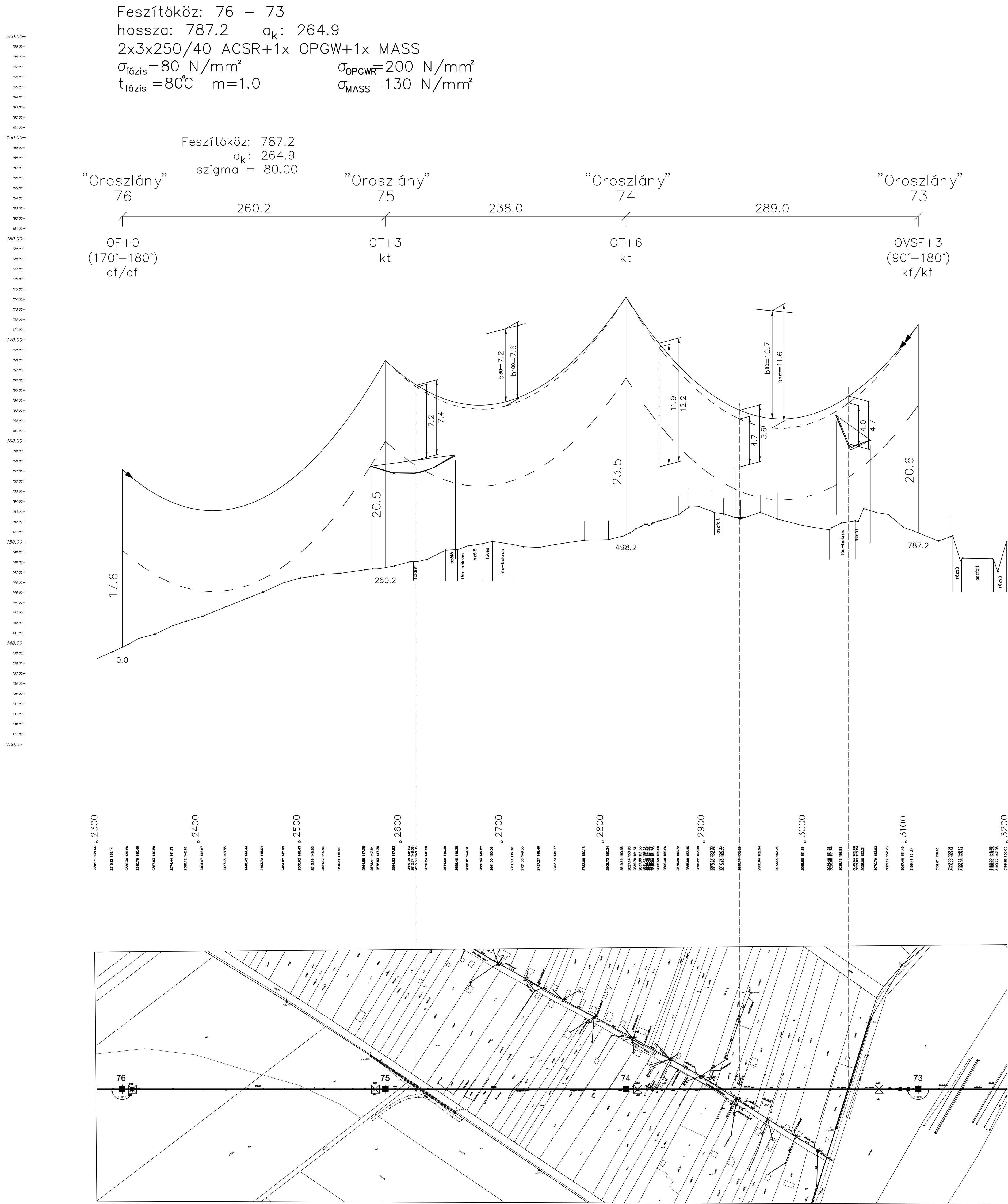
Nyomvonalrajz

1. melléklet

Méretarány
1:2000

Tusa Balázs
Szerkesztő
Nádházi Judit
Minőségellenőr





Jelmagyarázat:

- ☒ Meglévő távvezetékoszlop
- ☒ Építendő távvezetékoszlop
- ☒ Meglévő távvezetékoszlop száma
- ☒ Építendő távvezetékoszlop száma

OPGW típusa: 1x25/25 AA/ACS
MASS típusa: 1x82/35 AA/ST

OSZLOPOK: 76 – 68

[illegible]