



SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

2021.

Hallgató neve:

Lévai Tibor

Hallgató törzskönyvi száma:

T008247/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport:

Energetikai informatika



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Lévai Tibor

Szaktervezési száma: SZD21090213452060

Törzskönyvi száma: T008247/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Paks II. felvonulási területének villamosenergia-ellátása

A dolgozat címe angolul: PAKS II. power supply to a construction and demolition site

A feladat részletezése: 1. Meglévő állapotok ismertetése, a bővítés indokai

2. Villamos csatlakozás egyvonalas kapcsolásának elkészítése

3. 22kV-os kábel kiválasztása és nyomvonalának tervezése

4. KÖF berendezések kiválasztása (kapcsolóállomás, TMOK)

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

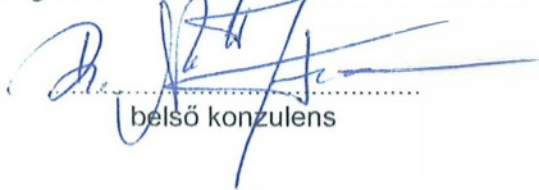
A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 11. 29.

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. 01.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	6
BEVEZETÉS	7
1. TERVEZÉSI FELADAT ISMERTETÉSE	8
2. TERVEZÉSI FELADAT ELŐKÉSZÍTÉSE	10
2.1. Alaphálózat	10
2.2. Helyszín felmérése	11
2.3. Nyomvonalak meghatározása	12
2.3.1. „A” jelű nyomvonalverzió	13
2.3.2. „B” jelű nyomvonalverzió	14
2.3.3. Két nyomvonalverzió összehasonlítása	15
2.4. Keresztezések	16
2.4.2. Nagyfeszültségű távvezetékek keresztezése	16
2.4.3. Földfelszín alatti úttest keresztezések	18
2.4.4. Földfelszín feletti úttest keresztezések	20
3. FÖLDKÁBEL KIVÁLASZTÁSA	22
3.1. Környezeti szempontok	22
3.2. Villamos jellemzők szempontjából	23
3.2.1. Zárati áram és vezetők keresztmetszetének meghatározása	23
3.2.2. Alapterhelhetőség	25
3.2.3. Földkábel villamos jellemzői	26
3.2.4. Földkábel ellenőrzése feszültségesésre	27
3.3. Kiválasztott kábel szerkezeti felépítése	29
3.4. Kiválasztott kábel jelölése	29
3.5. Kiválasztott kábel elhelyezése kábelárokban	30
3.5.1. Földkábelek vonalainak jelzőszáma	31
4. TERVEZETT TARTÓSZERKEZETEK	32
4.2. Tervezett oszlopok	32
4.3. Választott fejszerkezetek	33
4.4. Tervezett oszlopok terhelhetőségének ellenőrzése	33
4.4.1. T1 rajzjelű oszlop ellenőrzése	34
4.4.2. T2 rajzjelű oszlop ellenőrzése	39
4.5. Tervezett oszlopok alapozásának ellenőrzése	40
5. SZABADVEZETÉKES SZAKASZ ELLENŐRZÉSE BELÓGÁSRA	41
6. TERVEZETT VILLAMOS BERENDEZÉSEK	45

6.1. Távműködtetésű oszlopkapcsoló (TMOK)	45
6.1.1. Előzetes rádiós terjedési mérés	46
6.1.2. TMOK főbb rögzítő és hajtás elemei	46
6.1.3. TMOK fáziselemei	47
6.1.4. TMOK vezérlőszekrénye és kiegészítői	47
6.1.5. TMOK kiválasztásának szempontjai	48
6.1.6. TMOK kiválasztásának alátámasztása	49
6.2. Távműködtetésű kapcsolókészülék (TMKK)	49
6.2.1. Kapcsolóberendezés kiválasztásának szempontjai	49
6.2.2. Kapcsolóberendezés kiválasztásának alátámasztása	50
6.2.3. Kapcsolóberendezés elhelyezése	50
6.2.4. Kapcsolóberendezés motoros hajtása	51
7. ÁRAMÜTÉS ELLENI VÉDELEM	52
ÖSSZEGZÉS	53
SUMMARY	54
IRODALOMJEGYZÉK	55
MELLÉKLETJEGYZÉK	56
RAJZJEGYZÉK	56
PROGRAMJEGYZÉK	56

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretném kifejezni hálás köszönetemet Dr. Novothny Ferenc (PhD) Tanár Úr, egyetemi konzulensem felé, akitől rengeteget tanultam egyetemi éveim alatt és szakdolgozatom elkészítése során megannyi hasznos útmutatással látott el.

Külön szeretnék köszönetet mondani külső, ipari konzulensi munkájáért kollegámnak, Doszpoth Péternek, aki hatalmas szakértelmével, a konzultációk során nyújtott segítőkészségével, építő javaslataival és kritikai észrevételeivel előmozdította a dolgozat létrejöttét, ezzel nagymértékben hozzájárulva szakmai fejlődésemhez.

Köszönettel tartozom az E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt. Fejlesztési területi referensének, Németh Miklósnak, aki a projekt során mindvégig önzetlenül segítségünkre volt számos szakmai, területi kérdés megválaszolásában.

BEVEZETÉS

A villamos energia mindennapi életünk nélkülözhetetlen elemévé vált, technikailag és gazdaságilag rohamosan fejlődő világunk stabil energiaellátást igényel. Ennek értelmében az ipar és a lakosság áramigénye egyre inkább növekvő tendenciát prezentál. A megnövekedett áramigény kielégítése érdekében olyan termelési módszert célszerű kialakítani, amely szünetmentes, megfelelő mennyiségű és minőségű ellátást biztosít minden fogyasztó számára.

Környezetvédelmi szempontból legjobb megoldás lehet erre a megújuló energiaforrások felhasználása, de ehhez környezeti, illetve területi feltételek is szükségesek, amelyek sajnos nem állnak olyan módon és mennyiségben országunk rendelkezésére, hogy azzal a teljes energia szükségletet fedezzék.

Hazánkban a villamos energia legnagyobb részét a 2000 megawatt teljesítményű Paksi Atomerőműben CO_2 -kibocsátás nélkül állítják elő, viszont az üzemideje prognosztizálhatóan 2032 - 2037 között lejár. Az üzemidőhosszabbítás jegyében zajlik kicsiny országunk egyik legnagyobb beruházása, mely révén a meglévő négy blokk bővítését, két további blokk építését foglalja magába, a köznyelven *Paks2* néven emlegetett projekt. A projekt nagyon hosszú és bonyolult tervezési, engedélyezési folyamatot igényel, valamint a későbbi üzemeltetés során épülő erőművi egységeknek meg kell felelniük különböző nemzetközi és uniós előírásoknak is.[1][2]

Az E.ON Hungária Zrt. Dél-dunántúli régiója munkahelyemet, az Észak-Budai Zrt-t bízta meg az újonnan létesülő atomerőmű építési területének villamosenergia-ellátása című tervezési feladat elvégzésével. Az építési területek villamos ellátása céljából egy 22/11 kV-os transzformátor állomás fog létesülni rendszerhasználói beruházás keretében. Feladatom, hogy a transzformátor állomás közcélú hálózatra való csatlakoztatását megtervezzem. A fejezetekben kitérek a tervezett kábelek, tartószerkezetek méretezésére, azok ellenőrzésére, illetve a nyomvonalak megválasztásának nehézségeire és technológiai megoldásaira. Továbbá ismertetni fogom a kapcsolódó villamos berendezések kiválasztását és ezek szempontjait.

1. TERVEZÉSI FELADAT ISMERTETÉSE

Az atomerőmű telephelye Budapesttől 115 km-re, Tolna megyében, Paks város központjától megközelítőleg 5 km-re délre, a Duna folyamtól 1 km-re nyugatra és a 6. számú elsőrendű fő közlekedési úttól 1,5 km-re keletre helyezkedik el. Magyar villamosenergia-ipar legnagyobb termelőegysége, hazánk egyetlen atomerőművének telephelyén összesen négy darab reaktorblokkot létesítettek az 1980-as években, amelyek két-két reaktoronként ikerkiépítésű épületben foglalnak helyet.[3] A két új atomerőművi blokk a meglévő Paksi Atomerőmű egységeitől északra kapott telephelyengedélyt. Ezen területen fognak létesülni a blokkok üzemeltetéséhez kapcsolódó rendszerek és építmények, valamint a kivitelezési időszakban szükséges felvonulási épületek. A felvonulási területen létesülő rendszerhasználói 22/11 kV-os transzformátor állomás hivatott ellátni a nagyfontosságú és egyben nagy volumenű szerelési és építési munkálatokat, illetve az ehhez kapcsolódó nagyteljesítményű munkagépeket.

Az E.ON és az MVM Paks 2 Zrt. villamosenergia-igény tárgyalás keretein belül megegyeztek az alábbiakban, miszerint a kezdeti időszakra ki kell alakítani a nagy üzembiztonságú igényre tekintettel 25 MW-os üzemszerű és 7,5 MW-os tartalék csatlakozást közép feszültségen. A kért igényt előzetesen modellezték úgy, hogy rácsatlakoztatták a meglévő hálózatra és megvizsgálták a feszültségviszonyokat, terhelésáramlásokat, veszteségeket, valamint a teljes hálózat egyidejű kiterheltségét. Load-Flow (teljesítményáramlás) analízis kimutatta, hogy ezen több terhelési súlyponttal rendelkező rendszer képes stabilan, megfelelő minőségben, kellő tartalékokkal ellátni a rácsatlakoztatott ipari nagyságrendű terhelést.

Ezt követően az E.ON-tól, mint hálózati üzemeltetőtől megkaptuk a tervfeladatlapot, amiben megnevezték a kezdeti igényeket, valamint azt, hogy tervezést pénzügyi okok miatt – a megvalósításhoz hasonlóan – két ütemre kell bontani, két különálló tervet kell készíteni, az alábbiak szerint:

1. ütem: A fentebb számszerűsített igények közül, részegységekre bontva, három csatlakozással kell kiadni 10 MW üzemszerű és 5 MW tartalék teljesítményt. Az első 5 MW-os üzemi igény kiadásához, *PAKSD* 132/22 kV-os állomásból induló *Atomerőmű*,

Szedres, Szekszárd 22 kV-os vonalai közül az *Atomerőmű* elnevezésű vonal kábeles szakaszát fel kell hasítani és fel kell fűzni egy újonnan létesítendő 3 mezős KÖF kapcsolóállomás kapcsoló-berendezésébe. A berendezés harmadik mezője szolgálja ki az új, 22/11 kV-os állomás felé leágazó kábel indítását. A második 5 MW-os üzemszerű csatlakozás érdekében a Hulladékkezelő telep közelében a *Szekszárd* 22 kV-os légvezetéki vonalról kell leágazni, melyhez egy leágazó oszlopot és oszlopkapcsolót szükséges létesíteni. Az oszlopkapcsoló elmenő kapcsairól indítható egy közép feszültségű kábel Paks2 22/11 kV-os rendszerhasználói tulajdonú állomás primer gyűjtősinjéig. Az első fázis tartalék 5 MW csatlakozás kiadásához oszlopkapcsolón keresztül le kell ágazni a *Szedres* elnevezésű, 22 kV-os szabadvezetékes vonalról, ahonnan közép feszültségű földkábel kell létesíteni a rendszerhasználói állomás primer oldali gyűjtősinjére. Üzemirányítási indokok miatt, távolról működtethető, motoros hajtással ellátott kapcsoló készüléket kell tervezni minden vonalról indítandó leágazás esetén.

2. ütem: A második ütem alapját az első fázisban kiépített csatlakozási pontok képezik. További 7,5-7,5 MW-os üzemszerű csatlakozás kiadásához két újonnan létesítendő 22 kV-os célvezeték szükséges a *PAKSD* 132/22 kV-s állomás szabad mezőjéből indítani, melyeket az erőmű területén létesítendő 22/11 kV-os állomásba kell bevezetni. A tervezendő hálózat Paks város döntésétől függően vagy 2 darab 22 kV-os szabadvezeték rendszer a kezdeti szakaszban és az üzemi területen, befejező szakaszban földkábel, vagy teljes hosszában (kb. 6,7 km) földkábel. Az üzemszerű csatlakozások kiépítése mellett a második ütemben 2,5MW-tal kell megemelni az első ütemben létesült *PAKSD-Szedres* elnevezésű 22 kV-os vonalról kiépült leágazás 5MW-os energiaigényét, így biztosítva a teljes 7,5 MW tartalék igényt.

Jelen dolgozatomban a korlátozott terjedelembre való tekintettel csak az első ütem megtervezésével foglalkozom.

2. TERVEZÉSI FELADAT ELŐKÉSZÍTÉSE

2.1. Alaphálózat

A megtermelt villamos energia szállítását az országos átviteli hálózrendszer látja el. Ezen a jellemző 400, 220, illetve 132 kV-os feszültségű gerincvezetéseken valósul meg az import és az export forgalma. Feladata, hogy elszállítsa és átadja az elosztó hálózatnak, amelyen keresztül eljut a fogyasztókhoz. Az elosztó hálózatok nagy általánosságban 22, és 11 kV-os közép- és alacsony feszültségű, valamint 0,4 kV-os alacsony feszültségű szabadvezetésekből, földkábelekből és transzformátor-állomásokból tevődik össze. Az országos átviteli rendszerhez öt különböző irányú távvezeték indul a paksi erőmű állomásából, Pécs, Toponár, Litér, Martonvásár és Sándorfalva felé. Ezenfelül az állomásból hét 132 kV feszültségű transzformált vezeték kapcsolódik az országos főelosztó hálózathoz. A kialakított kapcsolatokkal megfelelően tartható a biztonságos üzem feltétele, az (n-1) kritérium. Az erőművi hálózati csatlakozásoknál szigorúbb ellátásbiztonsági elvet kell alkalmazni, ami tovább növeli a rendszerbiztonságot, arra az esetekre, ha a rendszer valamely eleme meghibásodik, vagy szélsőséges körülmények között kiesik. Termelőegységek hálózati összeköttetéseinél az előzőnél szigorúbb, (n-2) elv feltételeinek kell megfelelni, amely a kétszeres hiányállapot előfordulásakor, az üzemben maradó hálózat hiba nélküli, előírások szerinti mennyiségi és minőségi követelményeit teljesíti.[4]

Paks kertvárosában, Szérűskert városrész északi szelvényén helyezkedik el a környező településeket, s az iparvárost ellátó Paks-DÉDÁSZ 132/22 kV-os állomása. A beépített 2 darab 25 MVA-es transzformátor gépek primer oldala közvetlenül az erőműből induló két különálló kétrendszerű ACSR 250/40 mm² keresztmetszetű sodronyokról kap párhuzamos tápellátást. Jelenleg normál állapotban egy transzformátoros üzem elégíti ki a területi igényeket, azonban az első ütemben fellépő 10 MW-os igény figyelembevételével – ami a meglévővel összesen 27 MW – meghaladja a tényleges terhelhetőséget, így fel kell venni a kéttranszformátoros üzemet az erőmű építési időszakára. Nem tervezett transzformátor gép kiesés esetén a közép- és alacsony feszültségű vonalak részben átterhelhetők a szomszédos állomásokba, így

elkerülhető a megmaradó gép túlterhelése. Az első ütem energiaellátáshoz nem indokolt a közelmúltban elszállított harmadik transzformátor gép visszatelepítése. Későbbi, második ütem alkalmával a megnövekedett igény kiadására tekintettel esélyes, hogy visszatelepítésre kerülhet a harmadik transzformátor. 25 MVA névleges teljesítményű transzformátor igen tekintélyes méretet képvisel, szállítása külön speciális logisztikát igényel. Mivel a jelenlegi igény alapvetően az erőműépítés időszakára aktuális, később pedig, segédüzemi csatlakozásként az igénybevétel csak eseti lesz, érdemes a meglévő két transzformátorral kiterhelni a felmerült igényeket, csökkentve a költségeket.

2.2. Helyszín felmérése

A meglévő hálózat és elemeinek feltérképezésére a helyszíni bejárás és az üzemeltetőtől kapott hálózati térkép adott iránymutatást. A helyszíni bejárason szemrevételeztük, illetve megvizsgáltuk a kijelölt leágazási pontokat, meglévő hálózati elemeket; fejszerkezeteket, az oszlopon húzódó szabadvezetéseket és a tervezett kábelek vezetéséhez szükséges nyomvonalat is. Meggyőződünk a helyszín egyszerű megközelítéséről, ami fontos szempont a jövőbeni munkavégzési időszakban, nagyobb munkagépek, eszközök és anyagok szállítása során. A kedvező feltételek nem teljesülése jelentősen növelheti a szállítási elszámolás költségeit, amennyiben további beavatkozásokra, speciális szállító gépekre és ideiglenes utak kiépítésére lenne szükség. Felderítettük és fotó-dokumentáltuk a környező akadályokat, körülményeket, illetve a felszíni közművek és a földben húzódó kábel vonalát jelölő betontuskókat. A szemle során megszerzett információk jelentősen megkönnyítik a tervezési és a kivitelezési munkafolyamatok tevékenységeinek megalapozását.

Az érvényben lévő 312/2012. (XI.8.) sz. „Kormányrendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi szolgáltatásról” szóló jogszabálya értelmében a I/6. pontban az építészeti-műszaki tervdokumentációk tartalmi követelménye a geodéziai felmérés. A geodéziai felmérést csak az erre jogosult, megfelelő képesítéssel rendelkező földmérő végezheti el. A felmérés során előállított tervezési alaptérkép tartalmazza az adott terület lejtési, magassági viszonyait, a tereptárgyak (kerítések, épületek, utak, járdák, árkok, fák) pontos, EOY koordináta-rendszerben való elhelyezkedését. Az tervezési alaptérképen a jogi viszonyokat jelölő ingatlanhatárok, földhivatali telekhatárok is szerepelnek.

A tervezési helyszínen fellelhető közmű-vezetékek téradatait az egységes elektronikus közműnyilvántartási rendszerről (e-közmű), e-építés elektronikus portálról rendeltük meg. Erre vonatkozó 324/2013. (VII.29.) rendelet 2016. évi módosítása kimondta, hogy a tervezők csak online módon indíthatják el a közműegyeztetési folyamatot. Múltbéli szabályzással szemben az újítás lehetővé tette a kijelölt területen megtalálható összes érintett közmű-üzemeltető térképi adatainak egy felületen történő elérhetőségét. Az újításnak köszönhetően nem kell minden egyes közművezeték-üzemeltetőtől külön igényelni a térképi adatokat. Ez jelentősen meggyorsította a tervezési folyamatot, valamint a szükséges közműegyeztetési eljárást is, mivel az adatok egyeztetéséhez és kikéréséhez nem kell személyesen felkeresni az üzemeltetőket. Az e-közmű által kiadott térinformatikai adat tartalmazza a tervezés helyszínén fellelhető összes publikus hálózat nyomvonalát, nyomvonalának hossz, illetve mélységadatait, valamint szakági típusát.[5]

Felméréseket és adatkéréseket követően összeállítottuk az összes közművet és tereptárgyat tartalmazó tervezési térképet, amire két különféle kábel nyomvonal vezetési változatot dolgoztam ki, melyeket a következő fejezetekben ismertetek és hasonlítok össze.

2.3. Nyomvonalak meghatározása

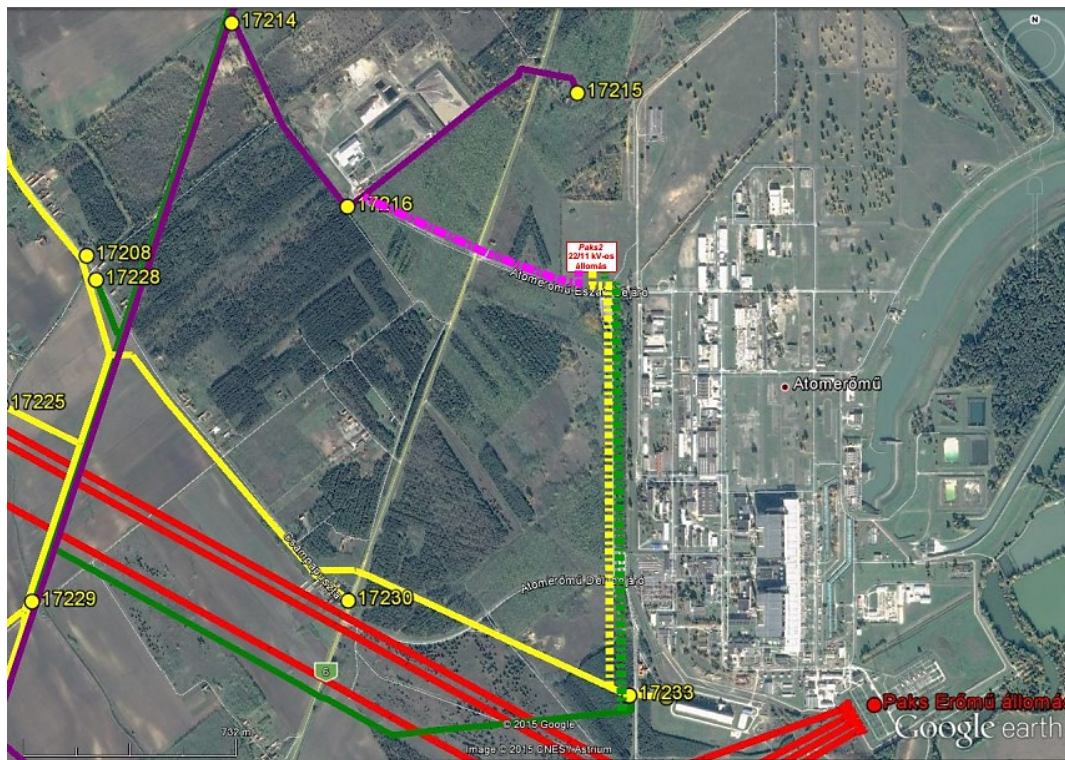
A fektetendő kábel függőleges vetülete a terepszintre – azaz a tervezett kábel nyomvonala - meghatározásánál számos szempontot tartottam szem előtt. Az alapvető előírásokat és az alapfeltételeket a Villamos Energia Törvény (VET) és annak végrehajtási utasításai, valamint az MSZ 13207:2020 és az MSZ 7487:2021 „*Közmű- és egyéb vezetékek elrendezése közterületen*” című szabvány foglalja össze, ezen felül még az út-és közműkezelők követelményeinek is meg kell felelnie a létesítendő kábelek nyomvonalának. Kábel vezetési vonalakat úgy határoztam meg, hogy azok összhangban legyenek az aktuális Helyi Építési Szabályzatban (továbbiakban HÉSZ) foglaltakkal és lehetőleg minél kevesebb magánterület érintésével jussanak el a leágazási pontoktól az állomás primer gyűjtősinjéig. A nyomvonalak kialakításánál a tervezési területen jelenleg tervezés alatt álló létesítményeket (M6-os autópálya és a 6. sz. főút összekötő út, a 6. sz főút és az Északi bejáró kereszteződéséhez tervezett körforgalom, Kalocsa-Paks közötti Duna-híd és kapcsolódó úthálózata) figyelembe vettem.

2.3.1. „A” jelű nyomvonalverzió

A 17232 sz. („Paks A. E.”) transzformátorállomás és a 61. sz. oszlopkapcsoló közötti, „*Atomerőmű*” elnevezésű 22kV-os földkábel a 17233 sz. OTR állomás mellé tervezett kapcsolóállomás közelében fel kell hasítani, s a tervezett kapcsolóállomásba be kell forgatni a kábeleket. A kapcsolóállomás KÖF kapcsolóberendezéséből indított kábelt az Északi-déli összekötő úttal párhuzamosan fektetve kell az erőmű alállomásáig elvezetni (zöld szaggatott vonal).

A „*Szedres*” vonal erőművi alállomásba való bekötéséhez a 20 sz. oszlopról kell leágazni, s az „*Atomerőmű*” elnevezésű vonal tervezett földkábélével párhuzamosan kell fektetni az Északi-déli összekötő út mellett (sárga szaggatott vonal).

A „*Szekszárd*” vonal beforgatásához a hulladékkezelő telep melletti szakaszának 10-11. számú oszlopai közé egy új oszlopot kell létesíteni, melyről a tervezett földkábel indítható. A tervezett földkábel nyomvonala a hulladékkezelő telep bevezető útja és az Északi bejáró út mellett vezet (lila szaggatott vonal).



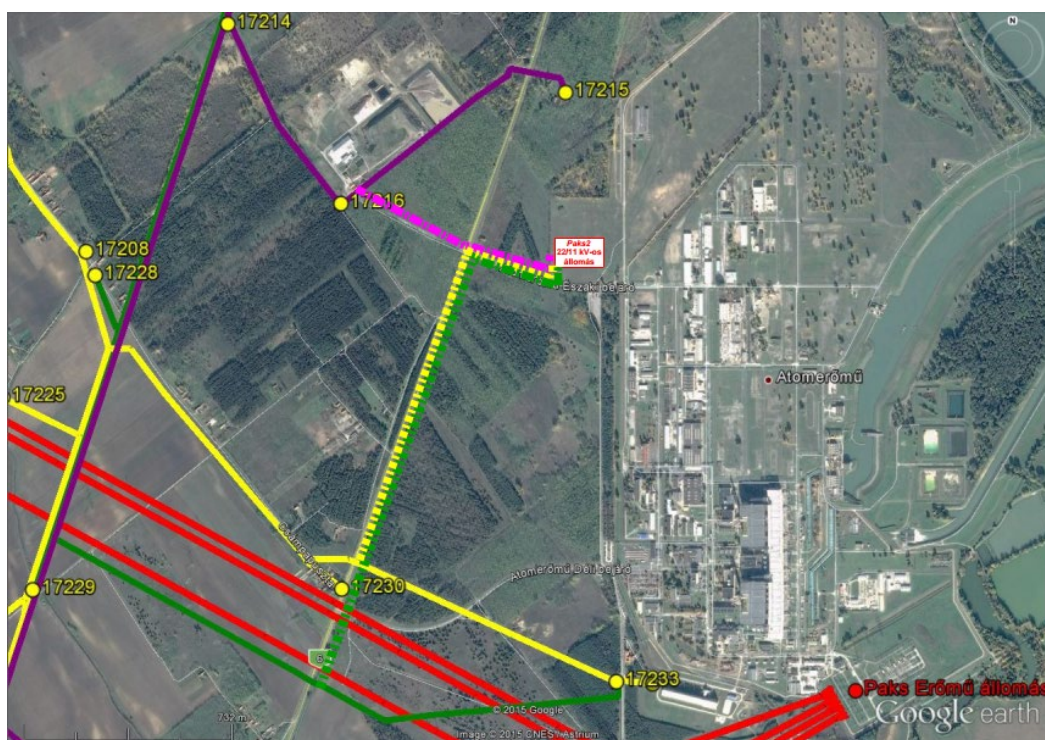
1. ábra: „A” jelű nyomvonalverzió

2.3.2. „B” jelű nyomvonalverzió

A 17232 sz. („Paks A. E.”) transzformátorállomás és a 61. sz. oszlopkapcsoló közötti, „*Atomerőmű*” elnevezésű 22kV-os földkábel a 6. sz. főút mellé tervezett kapcsolóállomás közelében fel kell hasítani, s a tervezett kapcsolóállomásba be kell forgatni a kábeleket. A kapcsolóállomás KÖF kapcsolóberendezéséből indított kábelt a 6.sz. főúttal és az Északi bejáróval párhuzamosan fektetve kell az erőmű alállomásáig elvezetni (zöld szaggatott vonal).

A „*Szedres*” vonal erőművi alállomásba való bekötéséhez a 6. sz. főút melletti 12 sz. oszlopot ki kell cserélni, melyről a tervezett kábel indítható. A tervezett kábelt az „*Atomerőmű*” elnevezésű vonal földkábelével párhuzamosan kell fektetni a 6. sz. főút és az Északi bejáró mellett (sárga szaggatott vonal).

A „*Szekszárd*” vonalról történő leágazás, majd nyomvonalvezetés az előző „A” jelű nyomvonalverzióval megegyezik (lila szaggatott vonal).



2. ábra: „B” jelű nyomvonalverzió

2.3.3. Két nyomvonalverzió összehasonlítása

Az előző két alfejezetben ismertetett nyomvonalverziók hossza első látszatra nem mutat jelentős különbséget. Viszont amennyiben koordinátahelyesen megvizsgáljuk a leágazási pontoktól a transzformátorállomás gyűjtősínjéig tartó kábelvonalakat, abban az esetben feltűnik kétszáz méter többlet a „B” verziónál. A vonalak hosszának összehasonlítását az alábbi, 1. táblázat tartalmazza.

Vonal megnevezése	Vonal hossza („A” Verzió)	Vonal hossza („B” Verzió)
KÖF kapcsolóállomás felfűzése meglévő Atomerőmű 22kV-os földkábelre	5 m	5 m
KÖF kapcsolóállomás - PaksII 22/11kV alállomás	1758 m	2103 m
Szedres 22kV szabadvezeték - PaksII 22/11kV alállomás	1842 m	1644 m
Szekszárd 22kV szabadvezeték - PaksII 22/11kV alállomás	1082 m	1082 m
Összesen	4687 m	4834 m

1.táblázat: Nyomvonalverziók vonalainak hossza

Értelemszerűen, ha csak gazdasági szempontokat veszünk figyelembe, akkor az „A” nyomvonalverziót választanánk, mivel kétszáz méterrel kevesebb földkábelt és az ehhez tartozó földmunkát takaríthatunk meg. Azonban e választás a Déli-Északi összekötő út nyugati oldala mentén történne, amit leginkább fás-erdős terület jellemez. Az érintett összekötő úttal kapcsolatban történő megkeresésre, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. nyilatkozta, hogy azt a közeljövőben tervezik kiszélesíteni a feltételezett növekvő építési forgalom és a helyi tömegközlekedés fejlesztése érdekében. Ebből kifolyólag, az „A” verzióban kigondolt nyomvonal azon része, amelyen a Északi-Déli összekötő utat érinti, nem megfelelő, hiszen később ki kell majd váltani a lefektetett kábeleket, az útépités folytán, ami többletköltségeket von maga után. További egyeztetések alapján az első nyomvonal variáns által érintett ingatlanok tulajdoni lapok szerinti tulajdonosaival és kezelőivel, teljes mértékben megpecsételte az

„A” verzióban kigondolt helyeken történő kábel fektetésének megvalósítását, ugyanis elutasította az érintett ingatlanok tulajdonosa, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. a közeljövőben tervezett kiszélesítés és az atomerőmű biztonsági övezetének érintése okán. Az említett verzió teljes megvalósulásához az erdészeti, illetve természetvédelmi és tájvédelmi szakhatóság is hozzájárult, mivel szám szerint 35 darab közepes méretű, 12 méteres magasságot elérő, legalább 40 cm törzsmérőjű fát kéne eltávolítani ahhoz, hogy a tervezett kábeleket biztonságosan, a többi közművet nem érintve és nem zavarva lefektessük.

Így az utóbbi, „B” jelű nyomvonalverzióra esett a választás, ahol a kerékpárút mellett bőséges a helykínálat, közműhelyzet tisztázott, már nincs folyamatban formálódó diszpozíciós környezet és az érintett ingatlanok tulajdonosai kikötés nélkül a hozzájárulásukat adták. Ennélfogva a vezetékjogi eljárás a tulajdonosok teljes mértékű beleegyezésével akadálymentesen lefolytatható.

2.4. Keresztezések

2.4.2. Nagyfeszültségű távvezetékek keresztezése

A Paksi Atomerőműben megtermelt villamos energia átviteli hálózati kiszállítását 400 kV-os átviteli távvezetékek biztosítják, míg az országon belüli főelosztást pedig a 132 kV-os hálózat látja el. Ezen vonalak szinte „pókhálóként” ágaznak szerte és szövik be a környéket. Vezetékek a 2007. évi LXXXVI. VET és a 2/2013. (I.22.) NGM rendelet értelmében rendelkeznek biztonsági övezettel, amit a villamosművet és a villamosművet körülvevő környezet kölcsönös védelme céljából hoztak létre. Feszültség szintek szerint, az övezet terjedelme - *„a vezeték mindkét oldalán a szélső, nyugalomban lévő áramvezetőktől vízszintesen és nyomvonalukra merőlegesen mért, következő távolságokra lévő függőleges síkokig terjed:*

a) föld feletti szabadvezeték esetében:

aa) 500 kV-ot meghaladó névleges feszültség szint felett 40 méter,

ab) 300 kV felett 500 kV névleges feszültség szintig 28 méter,

ac) 200 kV felett 300 kV névleges feszültség szintig 18 méter,

ad) 35 kV felett 200 kV névleges feszültség szintig 13 méter.”[6]

Biztonsági övezeten belüli munkavégzésre szigorú előírások vonatkoznak a nem távvezeteki beavatkozások, azaz földkábel fektetés esetén is. Jelen vezetékeknél nem

lehetséges a kivitelezés idejére történő feszültségmentesítés, hiszen az súlyos kiesés lenne az ország energiaellátásában, így a munkavégzés nagyfeszültségű szabadvezetékek feszültség alatti állapotában történhet.

Kiviteli munkavégzés során be kell tartani a 2/2013. (I.22.) NGM. rendelet 5. és 6. fejezetében leírt korlátozásokat és tilalmakat. Ezeken felül további restriktciókat kell betartani, miszerint földet deponálni biztonsági övezeten belül tilos, a munkagépek magassága nem érheti el a 4 métert, valamint nem közelíthetik meg a fázisvezető sodronyokat 5 méternél jobban. Ebből adódóan javallott a kézi földmunka alkalmazása az érintett szakaszokon, a lehető legbiztonságosabb, balesetmentes munkavégzés lefolytatása érdekében. A távvezetékek kezelőjétől, üzemeltetőjétől (MAVIR Zrt., E.ON ZRt.) szükséges megrendelni az előírt szakfelügyeletet a végzendő munkálatokra.

Közműkezelői hozzájáruláshoz elvárt előzetes kitűzéseket, a lenti 2. számú táblázat tartalmazza. Táblázatban szereplő távolságok a felsorolt nagyfeszültségű vonalak koordinátahelyes elhelyezkedésű oszlopainak befogott alapjától mért értékek.

Érintett távvezeték neve	Feszültség-szint	Érintett oszlopköz	Oszloptól való távolság 1.	Oszloptól való távolság 2.
Paks Erőmű – Szekszárd Paks Erőmű – Belecska MÁV	120kV	23-24. sz.	(23) 226,6m	(24) 32,7m
Paks Erőmű - Paks DÉDÁSZ (tartalék) Paks erőmű - Paks DÉDÁSZ I.	120kV	8-9. sz.	(8) 225,5m	(9)65,6m
Dunaújváros Oxigén II. - Paks Erőmű Paks erőmű - Paks DÉDÁSZ II.	120kV	7-8. sz.	(7) 295,1m	(8)46,2m
PAKS - PÉCS I-II.	400kV	8-9. sz.	(8) 227,2m	(9)128,7m
PAKS - TOPONÁR	400kV	8-9. sz.	(8) 188,5m	(9) 154,4m
PAKS - LITÉR	400kV	8-9. sz.	(8) 199,8m	(9) 165,5m
PERKÁTA - PAKS	400kV	249-250. sz.	(249) 257,9m	(250) 127,7m

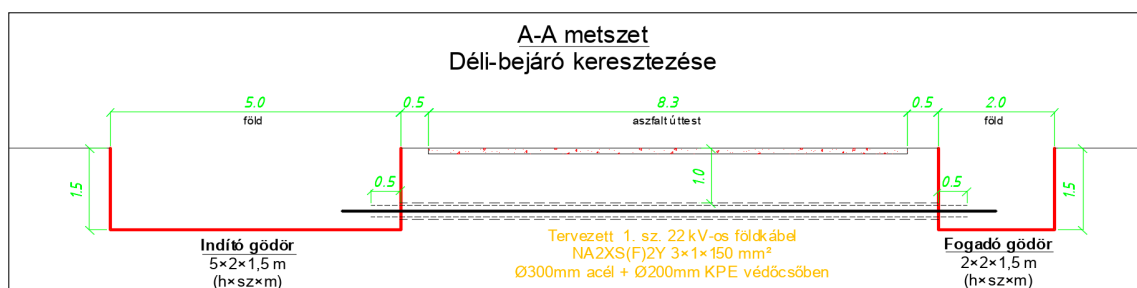
2.táblázat: Nagyfeszültségű távvezeték oszlopaitól való távolság

Megfigyelhető, hogy a felsorolt vonalak oszlopaitól mért távolságok, az esetek egyikében sem közelíti meg a tervezett kábel nyomvonala a szabvány által előírt legkisebb külső biztonsági betartandó megközelítési távolságokat. Az MSZE 50341-2:2019 figyelembevételével külterületen 5 méternél, belterületen pedig 3 méternél jobban nem közelítheti meg tervezett fektetendő földkábel az oszlop alapozásának föld alatti részeit, ideértve az oszlop földelését is. Dunaújváros Oxigén II. - Paks Erőmű Paks erőmű - Paks DÉDÁSZ II. vonalának 7. és 8. számú oszlopközt történő keresztezés szöge 33° , ami a legkisebb megengedett 30° -nál nagyobb. A fentebb felsorolt többi vonal keresztezése merőleges.

2.4.3. Földfelszín alatti úttest keresztezések

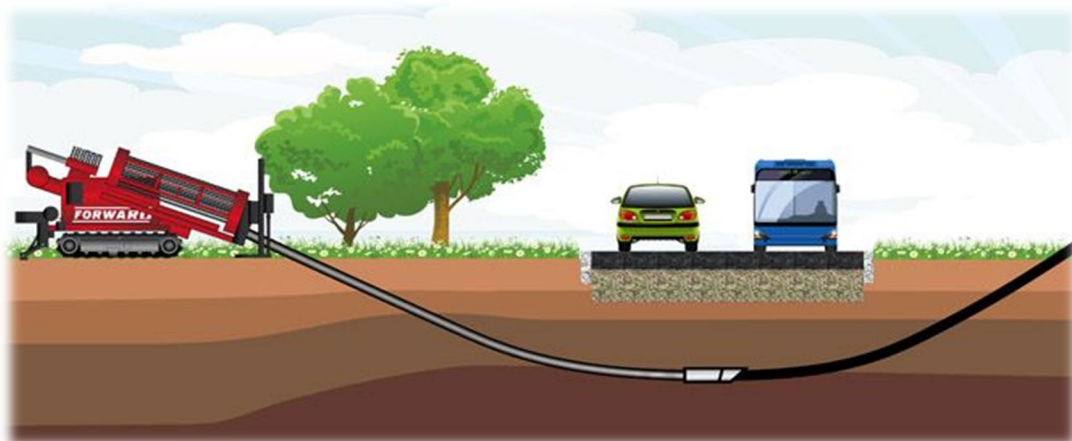
A választott nyomvonalverzióban négy nagyobb, valamint három kisebb útkeresztezés található. Nagyobb keresztezésnek olyan eseteket tulajdonítok, amelyben a keresztezés hossza meghaladja az öt métert és nem elegendő egyszerű kézi földmunka alkalmazása, hanem nagyobb gépek szükségesek. A kisebb keresztezések, mint például a kerekpárút áthidalása esetében, aminek szélessége legfeljebb 2 méter, csigás átfúrással kell megoldani. Minden esetben olyan megoldást indokolt választani, ami nem jár szilárd burkolatbontással, egyrészt a burkolatbontási tilalom végett. Másrészt az egyszerű burkolatvágás nem járható módszer a jelen nagyfontosságú, nagyforgalmú úttestek keresztezésére.

Lentről kezdve, a Déli, majd az Északi bejáró merőleges keresztezésénél sajtolásos technológiát kell alkalmazni. A technológia során egy speciális csőbeverő berendezéssel (ún. kossal) ütik át az út alatt Ø300mm-es acélcsövet, melybe – a kábelek védelme érdekében – Ø200mm-es KPE csövet kell húzni úgy, hogy az acélcső szélétől minimum fél-fél méterre nyúljon túl. A procedura kivitelezéshez az utak mindkét oldalához kell ásni egy fogadó-, valamint egy indítógödört. Az indítógödör méreteit tekintve alkalmasnak kell lennie ahhoz, hogy elférjen benne a csőtag és a pneumatikus verőkos. Az ideális fogadógödör hosszmérete kb. öt méter. Az első csőtag besajtolása után leszerelik a csőverő berendezést, a következő acélcsövet hozzá hegesztik a bevert csőhöz, majd ehhez az új taghoz rögzítik a kóst. A 3. képen ábrázolt technológiával kell keresztezni a hulladéktároló leágazási pontjánál található bevezető beton burkolattal ellátott közlekedési utat is.



3. ábra: Pneumatikus csősajtolás metszetrajza

Az észak-nyugati résztől induló út, a hulladéktároló mellékútja és a 6. sz. fő közlekedési út 114+374 km szelvényénél történő keresztezéséhez az előbb leírt felszínbontás nélküli eljárással nem teljesíthető, ugyanis a sajtolásos technológia maximális furathossza harminc méter. A hármas kereszteződésnél (Hulladéktárolóhoz bevezető mellékút - 6.sz.út. - Északi bejárónál) jelenleg tervezési fázisban van a csomóponti körforgalom. Így ezen keresztezésnél a jövőben létesülő körforgalom is figyelembe lett véve, tehát a kisajátítási határtól indulva az Északi bejáróig húzódó keresztezés meghaladja a 150 métert. A tervezett földkábelek (3-3 db) útbontás nélküli átvezetéséhez vízszintes irányított fúrasi (HDD – Horizontal Directional Drilling) technológiát kell alkalmazni. Ezen felszínbontás nélküli eljárás mód hatékonysága nem csak a gyorsaságában, hanem a sokrétűségében is rejlik. Olyan helyeken szokás igénybe venni, ahol hagyományos módszerekkel, bontással végzett közműépítés egyáltalán nem, vagy csak nagyon költséges úton kivitelezhető, ilyen helyek például vasúti vágányok, patakok, folyók, emlékművek és autópályák. A technológia segítségével, megfelelő körülmények között akár 5000 méter hosszan is lehetőség nyílik arra, hogy különböző felszín feletti és az alatti objektumok alatt történő csővezeték átvezetésére. Az eljárás első fázisát a 4. ábra szemlélteti, ahol a pilótafuratot készítik el hajlékony fúró rudak összerögzítése útján.[7]



4. ábra: Irányított fúrás metszetrajza [7]

Az első furat készítése során a fúró fejet folyamatosan követik felszínről a benne elhelyezett szonda és a kezelőszemélyzet számára kialakított vevőkészülék segítségével. Ezáltal meg tudják határozni a fúrófej pontos helyét és el tudják végezni a szükséges korrigálásokat, amennyiben akadályba ütközik a fúrófej. A második fázisban, miután az első furat elérte a tervezett érkezési helyét, a behúzendó védőcső átmérőjétől függően megfelelő átmérőjű bővítőfejre cserélik a fúrófejet. Az Ø500mm-es kibővített furatba három darab Ø160mm-es KPE védőcsövet kell visszahúzni. Ezen költséghatékony és természetkímélő technológia során célszerű kialakítani egy indító és fogadógödröt, egyrészt az indítás helyén lévő közművek helyzetének feltárására, továbbá azért, mert folyamatos öblítés szükséges a fúrófolyadéknek a fúrófej hűtése és előrehaladása érdekében.[7]

2.4.4. Földfelszín feletti úttest keresztezések

Szedres elnevezésű vonalról tervezett leágazási pont a 12. számú portál BBP12/27 típusú oszlopát el kell bontani, mivel műszaki állapota nem megfelelő arra, hogy földkábeles leágazást, oszlopkapcsolót helyezzünk el rajta. Az elbontott oszlop helyett új oszlopot kell létesíteni, mely megfelel az állékonysági, és terhelési feltételeknek. A meglévő 22 kV-os *Szedres* elnevezésű szabadvezeték hálózat merőlegesen keresztezi a 6-os főutat 115+527 kilométerszelvényénél. Az oszlopcsere következtében 2 méterrel megnő a keresztező oszlopköz, ezért a szabadvezeték az MSZE 50341-2:2019 szabvány által előírt fokozott biztonsági és távolsági feltételek betartásával kell tervezni.

Névleges feszültség [kV]	Út feletti magasság [m]
22 kV alatt	6,2
22-35	6,5
132	7,5
220	8,0
400	9,0

3.táblázat: Betartandó legkisebb út feletti magasság [8]

Tervezésnél figyelembe kell venni a 3. sz. táblázat szerinti szabadvezeték vezetőinek legkisebb magasságát, amennyiben villamos létesítménnyel szilárd burkolatú utat keresztezünk. Az E.ON belső műszaki utasítása a szabvány előírásainál szigorúbb, 7 méteresút feletti magasságot ír elő, ezért a tervezés során ennek a kritériumnak kell megfelelni. A tervezett szabadvezeték belógása a legszélsőségesebb körülmények, legnagyobb igénybevétel fellépésekor, nyugalomban lévő, vagy kilendített helyzetében sem lehet kisebb, mint az E.ON által előírt, út feletti 7 méteres magasság. A mellékletek között szereplő nyomvonalrajzon **M1** meglevő és **T1** tervezett rajzjelölésű oszlopok által közrefogott útestet keresztező szabadvezeték szakasz oszlopközének belógását, út feletti magasságát számítással ellenőrzöm és támasztom alá megfelelőségét az **5.** fejezetben.

3. FÖLDKÁBEL KIVÁLASZTÁSA

Az érvényben lévő 2020-as évi MSZ 13207 számú szabvány határozza meg a 0,6/1 kV-tól 20,8/36 kV-ig terjedő névleges feszültségű erősáramú kábelek és jelzőkábelek kiválasztására, fektetésére vonatkozó előírásait, kiválasztásának szempontjait. [9]

3.1. Környezeti szempontok

Az elosztóhálózati kábelek nagy beruházott vagyont képviselnek, magas szintű megbízhatóságához a hálózati engedélyeseknek, gyártóknak és a tervezőknek komoly érdeke fűződik. Az utóbbi időkben vezető szerepet nyert a térhálósított polietilén (PE) szigetelés és burkolat az erőátviteli kábeleken. A szabvány nagyjából ezen szigetelésű kábelek választását preferálja. Az itatott papírszigetelésű, valamint olajszigetelésű kábelekkel szemben a PE jóval inkább ellenállóbb a szabad téri, valamint a föld alatt előforduló környezeti hatásoknak. Ezek a környezeti hatások lehetnek: napsugárzás, hőmérséklet, páratartalom, talajnyomás, talajvíz, árvíz és külső természeti mechanikai hatások.[10]

Az előző fejezetekben tagolt érintett területen, kiválasztott nyomvonalon I. és II. osztályú talajtípus jellemző, melyeknek ismérve a könnyen kitermelhető, laza, tőzeges, homokos, löszös talaj, helyenként apróbb kavicsokkal és zúzalékkal.

A meglévő erőművi blokkok, távvezetékoszlopok, kapcsolódó állomások, valamint a tervezett transzformátorállomás és a berendezések nem helyezkednek el közvetlen az ártéren, így a Duna esetlegesen emelkedő vízszintje nem jelent biztonsági fenyegetést és további különös óvintézkedési eljárást. Az erőmű zónájának a töltéskorona szintje (1101 cm) számottevően magasabb, mint a mértékadó árvízszint (864 cm).[11]

Konzekvenciák alapján a kábel szigetelésén fellépő vízfa- (water treeing) hibák elkerülése okán, hosszanti vízzárást biztosító burkolatú kábelt kell alkalmazni, nem indokolt a keresztirányú és megerősített burkolatú kábelköpeny az adott területre.

3.2. Villamos jellemzők szempontjából

3.2.1. Zárlati áram és vezetők keresztmetszetének meghatározása

A hálózaton feltételezhetően fellépő zárlati áramokkal szemben - amelyek meghaladhatják a névleges áram sokszorosát - a védelmek nyújtanak megfelelő biztosítást. A szelektív villamos védelmek jellemzően úgy vannak beállítva, hogy azok a kiindulási ponttól számítva lépcsőzetesen növekvő késleltetéssel szólaljanak meg. Ez idő alatt, amíg a zárlat fennáll, vagyis a védelem még nem hárítja a zárlatot, addig a vezetőt rendkívül nagy hőhatás érheti. Ebből kifolyólag szükségeszerű kellően nagy keresztmetszetű vezetőket válasszunk, ugyanis a melegedést okozó hőteljesítmény az átfolyó áram négyzetével arányos, a vezetőben létrejövő hőmennyiség pedig a keresztmetszet nagyságával fordítottan arányos.

Zárlati áram (I_Z) meghatározásához kiinduló adatok:

Mögöttes hálózat zárlati teljesítménye: $S_{mög}^Z = 4000 \text{ MVA}$

Transzformátor névleges teljesítménye: $S_{nTR1} = S_{nTR2} = 25 \text{ MVA}$

Transzformátor dropja: $\varepsilon_{tr} = 8 \%$

Névleges feszültség: $U_n = 22 \text{ kV}$

Egyetlen transzformátor saját zárlati teljesítménye (S_{tr}^Z):

$$S_{TR}^Z = \frac{100 \cdot S_{nTR}}{\varepsilon_{tr}} = \frac{100 \cdot 25 \cdot 10^6}{8} = 315,5 \text{ MVA}$$

Eredő zárlati teljesítmény $2 \times 25 \text{ MVA}$ -es transzformátor párhuzamos kapcsolása miatt:

$$S_E^Z = S_{mög}^Z \otimes (S_{TR1}^Z + S_{TR2}^Z) = 4000 \cdot 10^6 \otimes (315,5 \cdot 10^6 + 315,5 \cdot 10^6)$$

$$S_E^Z = 545,02 \text{ MVA}$$

A zárlati áram (I_Z) meghatározása:

$$I_{Z,max} = \frac{S_E^Z}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{545,02 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3} = \mathbf{14,3 \text{ kA}}$$

Legkisebb vezető keresztmetszet számítása a fellépő zárlati áramra az IEC 949-es szabvány alapján:

$$I_z = 148 \cdot \frac{S}{\sqrt{t}} \cdot \sqrt{\ln \frac{228 + \theta_f}{228 + \theta_i}} [\text{A}]$$

ahol:

Kábel vezetőjének minimális keresztmetszete: S [mm²];

Zárlat fennállásának ideje (védelem működési ideje): $t = 0,4$ s;

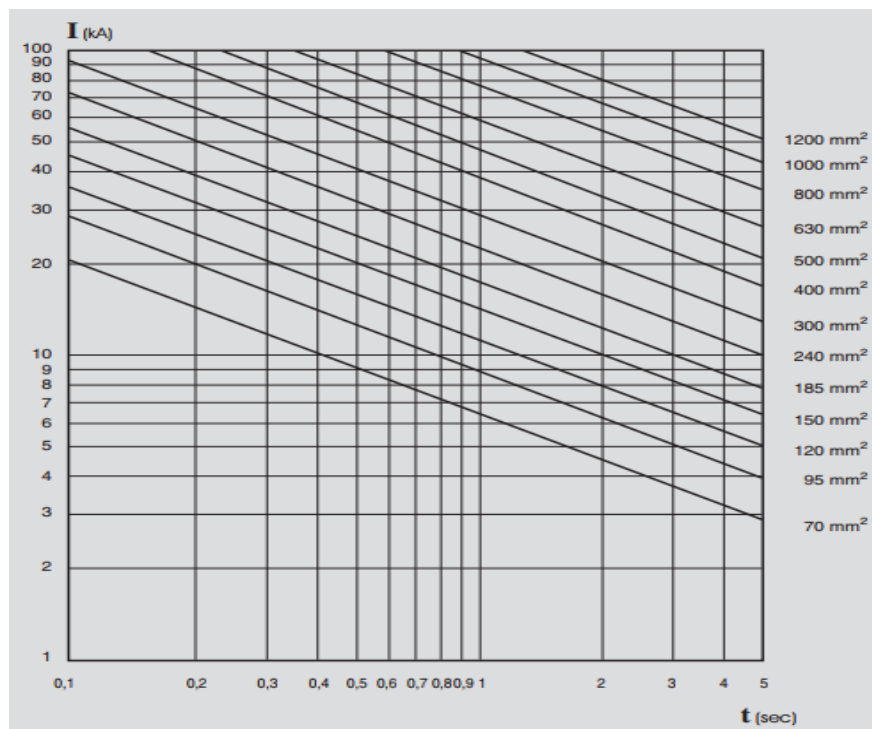
Vezető megengedett maximális üzemi hőmérséklete: $\theta_i = 90^\circ\text{C}$

Vezető megengedett maximális rövidzárlati hőmérséklete: $\theta_f = 250^\circ\text{C}$

Az előző egyenlet átrendezve vezető keresztmetszetének (S) meghatározásához:

$$S = \frac{I_z \cdot \sqrt{t}}{148 \cdot \sqrt{\ln \frac{228 + \theta_f}{228 + \theta_i}}} = \frac{14,3 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{0,4}}{94,484} = 97,72 \text{ mm}^2$$

A választott szabványos vezető keresztmetszet (A_t) 150 mm²-es. A következő karakterisztika segítségével megállapíthatjuk, hogy a kábel közelítőleg milyen mértékű zárlati áramot tud elviselni adott időtartam alatt. Legnagyobb zárlati áramot, amit a kiválasztott kábel elvisel, a következő számításban fogom pontosan meghatározni.



5. ábra: Zárlati terhelhetőségek karakterisztikája [12]

Maximális zárlati áram (I_{zmax}), ami a kiválasztott kábelben felléphet:

$$I_{zmax} = 148 \cdot \frac{S}{\sqrt{t}} \cdot \sqrt{\ln \frac{228 + \theta_f}{228 + \theta_i}} = 148 \cdot \frac{150}{\sqrt{0,4}} \cdot \sqrt{\ln \frac{228 + 250}{228 + 90}} = 22,41 \text{ kA}$$

Az E.ON Dél-dunántúli régiójában középfeszültségen alkalmazható, megrendelhető szabványos erőátviteli kábelkeresztmetszetek 150 mm², és 240 mm². Számítással megállapítottam, hogy a kisebb, 150 mm²-es keresztmetszetű kábel választása elegendő, hisz a legkedvezőtlenebb esetben is kielégíti az elvárt villamos, mechanikai követelményeket. Nem indokolt a fentebb választható kábelek közül a nagyobb választani, mert csak megnövelné a beruházás költségvetését.

Így tehát a biztonság javára választott kábel 150 mm²-es vezetőkeresztmetszetű.

3.2.2. Alapterhelhetőség

A kiválasztott 12/20 kV-os névleges feszültségű kábel katalógus szerinti alapterhelhetősége levegőben 363A, míg talajban 320A. A földkábel kiválasztását a csatlakozó hálózati elemek terhelhetőségével összhangban, valamint a vonatkozó szabványok előírása szerint határoztam meg. Jelen tervezési munka alkalmával, hálózati engedélyes kérésére, valamint több rendszer egy kábelárokban történő vezetése végett érintő háromszög elrendezést választottuk.

Talajban történő kábelfektetés esetén különböző átszámítási tényezőkkel kell figyelembe venni az alapterhelhetőséget. Ezek a tényezők az aktuális fektetési mód, a talaj fajlagos hőellenállás függvényében változnak. Csökkentő tényező védőcsőbe fektetésnél 0,85, XLPE-szigetelésű 90°C megengedett üzemi hőmérsékletű kábel 1 [Km/W] fajlagos hőellenállású talajba fektetésnél 1,02 és három kábelrendszer egymástól 7 cm-re elhelyezve egymástól pedig 0,82. Felsorolt értékeket az alapterhelhetőséggel megszorozva megkapjuk a legkedvezőtlenebb körülmények esetén a kábel terhelhetőségét, ami 227,5A.[9]

3.2.3. Földkábel villamos jellemzői

A létesítendő háromfázisú rendszert alkotó egyerű kábeleket az előző fejezetben ismertetett melegedésre és zárlati szilárdságra szükséges méretezni. Mindemellett annak érdekében, hogy az MSZ EN 50160:2021 szabványban, valamint az E.ON Elosztói szabályzatban leírt közcélú elosztóhálózaton szolgáltatott villamos energia minőségnek és feszültségjellemzőinek megfelelően a létesülő kábelhálózat, méretezni kell feszültségesésre. Középfeszültségű hálózaton megengedett maximális feszültségesés ($\Delta U\%_{\text{megengedett}}$) értéke 5 %.[12]

Először meghatározom az üresen járó kábel feszültségemelkedését, majd kiszámítom maximális üzemi terheléssel a feszültségesést. Ahhoz, hogy e számításokat definiálni tudjam, ismerni kell a kiválasztott földkábel villamos paramétereit. A kábelt az egyfázisú helyettesítő vázlatának leképezésével, soros és párhuzamos ágában található elemeivel jellemezhetjük. Kábelek soros ellenállását (R_s), soros induktív reaktanciáját (X_L) és a párhuzamos kapacitív reaktanciáját (X_C) a következő számítások szerint határoztam meg.

Kiinduló adatok (Prysmian Group kábel katalógus - 1.sz. melléklet):

Kábelér külső átmérője: $d = 14,2 \text{ mm}$

Kábelér sugara: $r = 7,1 \text{ mm}$

Köpeny külső átmérője: $d_{\text{köpeny}} = 29,7 \text{ mm}$

Fémköpeny belső sugara: $R = 14 \text{ mm}$

Köpeny falvastagsága: $K = 1,7 \text{ mm}$

Kábel külső átmérője: $d_{\text{kábel}} = 35,2 \text{ mm}$

PE szigetelés relatív dielektromos állandója: $\epsilon_r = 2,5$

Huzalszám: 19 db, hozzátartozó alaki állandó: $k = 0,757$

Köpeny anyagállandó (réz): $\alpha_{\text{Cu}} = 0,06$

Lefektetett kábelerek közötti távolság: $D_{ab} = D_{ac} = D_{bc} = 7 \text{ cm}$

Geometria mértékű távolságok: $GMD = 1,26D = 8,82 \text{ cm}$

Köpeny geometriai mértékű rádiusza: $GMR_{\text{köp}} = \frac{d_{\text{köpeny}} - K}{2} = \frac{29,7 - 1,7}{2} = 14 \text{ mm}$

Egyenértékű geometriai mértékű rádiusza: $GMR_{\text{csop}} = \frac{kd}{2} = \frac{0,757 \cdot 14,2}{2} = 5,3747 \text{ mm}$

Soros ellenállás (R_S) megállapításához szükséges egyenáramú, váltakozó áramú ellenállás, valamint a fellépő ellenállás növekedés számítása:

$$R_{DC} = \rho_{Al} \cdot \frac{l}{A} = \frac{1}{35} \cdot \frac{1000}{150} = 0,1905 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R_{AC} = R_{DC} \cdot (1 + 7,5 \cdot f^2 \cdot d^4 \cdot 10^{-11})$$

$$R_{AC} = 0,1905 \cdot (1 + 7,5 \cdot 50^2 \cdot 12,2^4 \cdot 10^{-11}) = 0,19195 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R_{Köpeny} = \frac{\dot{a}_{Cu}}{K \cdot (d_{köpeny} - K)} = \frac{0,06}{0,17 \cdot (3,52 - 0,17)} = 0,126 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X_{Köpeny} = 0,145 \cdot \log_{10} \frac{GMD}{GMR_{köp}} = 0,145 \cdot \log_{10} \frac{8,82}{1,4} = 0,116 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\Delta R = \frac{R_{Köpeny} \cdot X_{Köpeny}^2}{R_{Köpeny}^2 + X_{Köpeny}^2} = \frac{0,126 \cdot 0,116^2}{0,126^2 + 0,116^2} = 0,0578 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Soros ellenállás:

$$R_S = R_{AC} + \Delta R = 0,19195 + 0,0578 = \mathbf{0,13415 \frac{\Omega}{\text{km}}}$$

Soros reaktancia (X_S) megállapításához szükséges összetevők számítása:

$$X = 0,145 \cdot \log_{10} \frac{GMD}{GMR_{csop}} = 0,145 \cdot \log_{10} \frac{8,82}{0,53757} = 0,1762 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$\Delta X = \frac{X_{Köpeny} \cdot X_{Köpeny}^2}{R_{Köpeny}^2 + X_{Köpeny}^2} = \frac{0,116 \cdot 0,116^2}{0,126^2 + 0,116^2} = 0,053 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Soros reaktancia:

$$X_S = X - \Delta X = 0,1762 - 0,053 = \mathbf{0,1232 \frac{\Omega}{\text{km}}}$$

Párhuzamos reaktancia:

$$X_C = 0,132 \cdot \frac{1}{\epsilon_r} \cdot \log_{10} \frac{R}{r} = 0,132 \cdot \frac{1}{2,5} \cdot \log_{10} \frac{14}{7,1} = \mathbf{0,0155 M\Omega km}$$

3.2.4. Földkábel ellenőrzése feszültségesésre

Üresen járó földkábel feszültségemelkedésének definiálásához csak a leghosszabb nyomvonalú kábelt veszem figyelembe ugyanis, ha megfelelnek az értékek, akkor a rövidebb kábelek esetén is teljesülnek a feltételek.

Kiinduló értékek:

Vizsgált földkábel hossza (07. jelzőszámú): $l_{07.jsz.} = 2103 \text{ m}$

Vonali feszültség: $\overline{U_v} = 22 \text{ kV}$

Fázisfeszültség: $\overline{U_f} = \frac{\overline{U_v}}{\sqrt{3}} = \frac{22 \cdot 10^3}{\sqrt{3}} = 12,702 \text{ kV}$

A vizsgált hosszúságú kábel soros ellenállása:

$$R_{S07} = R_S \cdot l_{07.jsz.} = 0,13415 \cdot 2,103 = 0,282 \Omega$$

A vizsgált hosszúságú kábel soros reaktanciája:

$$\bar{X}_{S07} = X_S \cdot l_{07.jsz.} = 0,1232 \cdot 2,103 = 0,259 j \Omega$$

A vizsgált hosszúságú kábel párhuzamos reaktanciája:

$$\bar{X}_{C07} = X_C \cdot l_{07.jsz.} = 0,0155 \cdot 10^6 \cdot 2,103 = 32,6 j k \Omega$$

Fellépő áramerősség:

$$\overline{I_{C07}} = \frac{\overline{U_f}}{\bar{X}_{C07}} = \frac{12,702 \cdot 10^3}{32,6 j k \Omega} = -0,389 j A$$

Feszültemelkedés terheletlen, üresen járó kábelben:

$$\Delta \overline{U} = \overline{I_{C07}} \cdot (R_{S07} + \bar{X}_{S07}) = -j0,389 \cdot (0,282 + j0,259) = -1,007 - 0,1097 j k \Omega$$

$$\Delta U = 0,149 V$$

Feszültségesés meghatározása az IEC 60364 szabvány szerint üzemi terheléssel:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\ddot{u}} \cdot l_{07.jsz.} \cdot (R_S \cdot \cos \varphi + X_S \cdot \sin \varphi) [V];$$

ahol:

$$I_{\ddot{u}}: \text{Üzemi áramerősség [A], ami } I_{\ddot{u}} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{5 MW}{\sqrt{3} \cdot 22 kV} = 131,216 A$$

Behelyettesítve az előző egyenletbe:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 131,216 \cdot 2,103 \cdot (0,13415 \cdot \cos 0,9 + 0,1232 \cdot \sin 0,9) = 65,035 V$$

Százalékos feszültségesés értéke a leghosszabb vonalra:

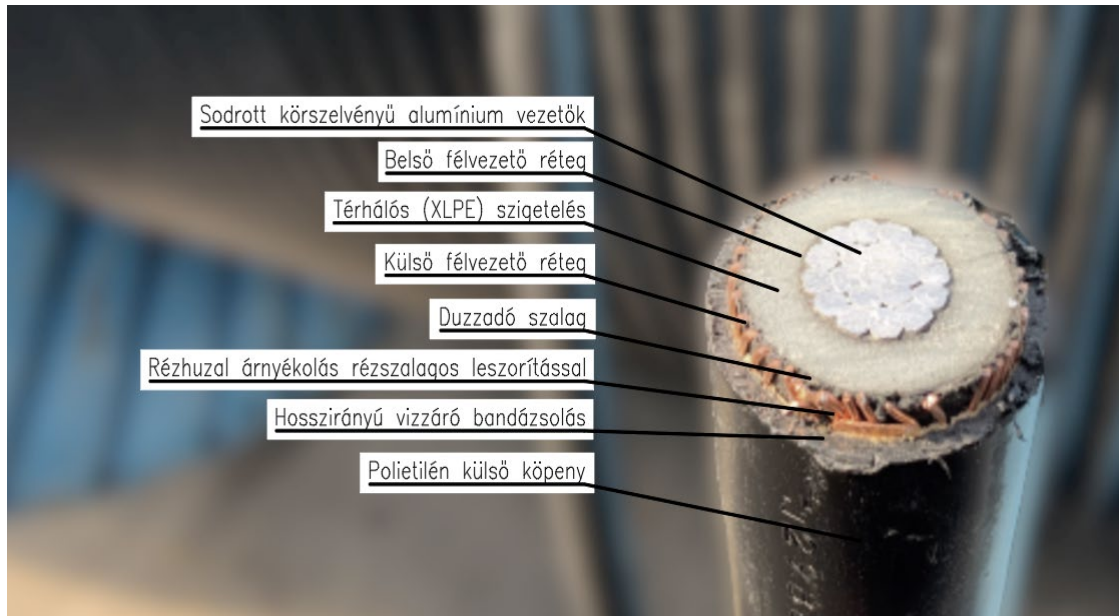
$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 = \frac{65,035}{22 \cdot 10^3} \cdot 100 = \mathbf{0,296 \%}$$

$$\Delta U \%_{\text{megengedett}} > \Delta U \%$$

$$\mathbf{5 \% > 0,296 \%}$$

A számított feszültségesés százalékos értéke jóval kisebb, mint a megengedett, tehát a kiválasztott kábel megfelel a szabványos feszültségesési feltételeknek.

3.3. Kiválasztott kábel szerkezeti felépítése



6. ábra: Kiválasztott közép feszültségű kábel alkotóelemei

3.4. Kiválasztott kábel jelölése

<i>DIN VDE 0276-620</i> szabvány jelölésrendszere szerint		
N	VDE szerinti szabványosság	Kábel szerkezete
A	Alumínium	Vezető anyaga
2X	Térhálós PE	Érszigetelés
S	Koncentrikus elhelyezésű rézhuzal árnyékolás	Árnyékolás
(F)	Hosszirányú	Vízzáró árnyékolás
2Y	PE külső köpeny	Külső burkolat
150	Vezető	Keresztmetszet [mm ²]
RM	Sodrott, körszelvényű	Vezető szerkezete
25	Árnyékolás	Keresztmetszet [mm ²]

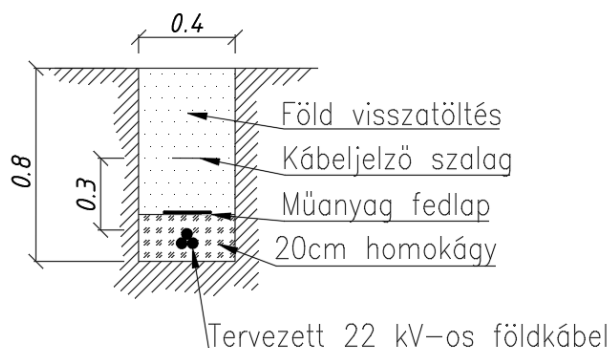
4.táblázat: Kiválasztott kábel szabványos jelölése

3.5. Kiválasztott kábel elhelyezése kábelárokban

Kiválasztott nyomvonalverzió esetében található terepi viszonyokat két kategóriába lehet sorolni:

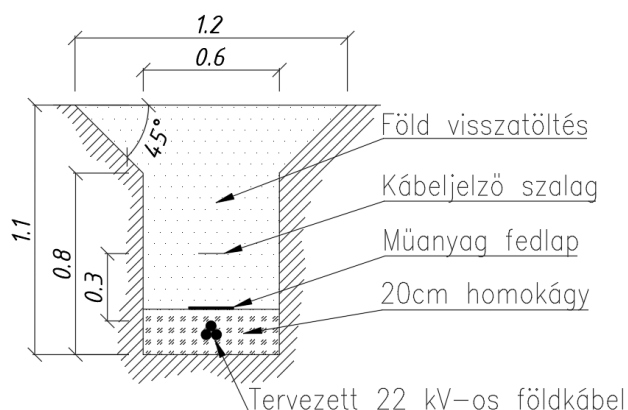
- 6-os számú főúttal párhuzamosan haladó kerekpárút melletti terep **kiszabályzott** területi viszonyokkal, közelben fellelhető kevés közművezeték és műtárgy akadállyal,
- Hulladékártólótól kezdődő **szabályozatlan** földes, helyenként murvás út melletti terület, nagyon laza, homokos talajszerkezettel, helyenként egyenetlen talajszinttel. Közművezeték nem található.

Szabályzott területen a kábelárok kialakításának metszetrajzát az 7. számú ábra szemlélteti egyetlen kábelrendszer (3 darab NA2XS(F)2Y 1 × 150 RM/25 mm² 12/20 kV) érintő háromszög elrendezésű fektetése esetén. Abban az esetben, mikor több kábelrendszer fut egy nyomvonalon, párhuzamosan egymás mellett, akkor ekvivalens mélységben kell azokat elhelyezni, egymástól legalább 7 centiméter távolságra, köztük elválasztó idomokkal.



7. ábra: Kábelárok metszetrajza szabályozatlan burkolatlan területen

Szabályozatlan területi viszonyoknál a kábelek fektetési mélységét legalább 1 méterre választottuk meg, mely eleget tesz a szabvány által előírtaknak. Az 8. számú ábrán mutatom be ezen viszonyok esetén kiépítendő kábelárok keresztmetszét. Az E.ON munkavédelmi szabályzatának megfelelően, az árok szélét 45 fokos letöréssel kell kialakítani, amivel megakadályozható a kitermelt föld visszapergése. Több háromfázisú rendszert alkotó egyerű kábel egymás mellé elhelyezése esetén az előzőekben, szabályzott terepi viszonyoknál alkalmazott elválasztó idomokkal kell elválasztani.



8. ábra: Szabályozatlan terepen kialakítandó kábelárok metszetrajza

A kábelek védőborítására, jövőben történő feltárás, vagy azok közelében végzett munkák eseti mechanikai védelmére műanyag fedlapot szükséges helyezni az ábrán bejelöltek szerint a teljes nyomvonal azon részén, ahol a kábelrendszer nincs védőcsőben fektetve. Minden esetben szükséges egyaránt védőcső és védőcső nélküli szakaszokra a villamos létesítmény felett minimum 30 cm távolságra élénk színű jelzőszalagot elhelyezni. A kábelre kábeljelzők (kábelvonal azonosítási jele, kábelvonal névleges feszültsége) felerősítése szükséges, melyeket általában 10 méterenként, keresztezések és védőcső előtt és után 0,5 m távolságon belül, összekötő mindkét végén 0,2 méteren belül, valamint kábelvégelzárók alatt erősítendő fel a kábelre.[9]

3.5.1. Földkábelek vonalainak jelzőszáma

Ahogy említettem az előző fejezetben, a kábelárókban minden egyes földkábel rendszert kábeljelzőkkel kell ellátni, mely a későbbi feltárás esetén jelentősen megkönnyíti a beazonosítást, több kábelrendszer egymás mellett történő fektetésekor a megkülönböztetést. Központi diszpécser központba is az 5. táblázatba foglalt jelzőszámok kerülnek rögzítésre hosszas vonal elnevezések helyett.

Vonal megnevezése	Vonal hossza	Vonal jelzőszáma
KÖF kapcsolóállomás – <i>PaksII</i> 22/11kV alállomás	2103 m	07.
<i>Szedres</i> 22kV szabadvezeték – <i>PaksII</i> 22/11kV alállomás	1644 m	06.
<i>Szekszárd</i> 22kV szabadvezeték – <i>PaksII</i> 22/11kV alállomás	1082 m	27.

5.táblázat: Tervezett kábelvonalak jelölése

4. TERVEZETT TARTÓSZERKEZETEK

4.2. Tervezett oszlopok

Jelen esetben két oszlop kiválasztására lesz szükség, a meglévő *Szedres* és *Szekszárd* elnevezésű szabadvezetékes hálózatról szükséges földkábeles leágazások létesítése érdekében.

Az első létesítendő oszlop *Szedres* légvezetékes hálózatának a 12. számú portál BBP12/27 típusú oszlop kiváltását látja el, mivel az elbontandó oszlop műszaki állapota nem megfelelő arra, hogy földkábeles leágazást, oszlopkapcsolót helyezzünk el rajta. A kiváltás során az új, tervezett **T1** rajzjelű nagycsúcs húzású oszlopot a bontandó oszlop elé, azaz keleti irányba a vonal alá kell elhelyezni, így az útkeresztező oszlopköz 2 méterrel megnövekszik. *Szekszárd* elnevezésű közép feszültségű vonal alá el kell helyezni egy **T2** rajzjelölésű oszlopot a meglévő **M4** és **M3** rajzjelű oszlopok által közrefogott oszlopközbe.

Az oszlopok méretét úgy választottam meg, hogy azok összhangban legyenek a meglévő hálózat magasságával, megfeleljenek a szabványos föld feletti minimális magasságoknak egyenletlen terepi viszonyok esetén is. Ezenfelül a választott oszlopoknak meg kell felelnie a várható igénybevételeknek is. Meglévő hálózati felfüggesztési pont 10 méteren van, a fellelhető oszlopmagasságok pedig 12 méteresek, ezért B12/18 típusú egytörzsű áttört gerincű vasbeton oszlopot kell elhelyezni a 6. sz. főút keresztezéséhez. A hulladéktároló közelében elhelyezett **T2** rajzjelű oszlop B12/13-as típusú legyen, a kültéri szakaszoló szabványos rögzítése miatt.

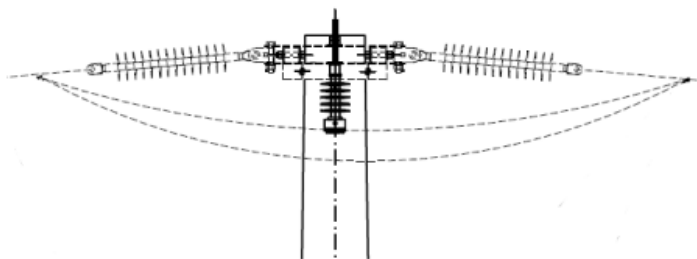
A tervezett oszlopok rendeltetésük szerint:

- **T1** – vonali feszítő oszlop
- **T2** – tartó oszlop

Hálózati tartószerkezet kiválasztása akkor megfelelő, ha a mértékadó igénybevétele kisebb, mint a rajta fellépő maximális igénybevétel vízszintes síkokban. Az ágazati típustervek, valamint az oszlopok határértékei szerint ellenőrizni fogom a kiválasztott oszlopokat a következő fejezetekben.

4.3. Választott fejszerkezetek

Villamosenergia ágazati típusterv (továbbiakban VÁT) alkalmazásával választottam ki a létesítendő oszlopra felhelyezendő fejszerkezeteket. A tervezett **T1** jelű oszlopra az új madárvédelmi elvek alapján készült VÁT-H21 szerinti 21-7-017 rajzszámú egysíkú feszítő kereszttartót, ami megfelel a VÁT-H20 20-7-027 rajzszámú kereszttartó méreteivel. A vezetékek feszítésére egyes 780mm-es kompozit, madárbarát kialakítású CS80 T16N típusú feszítőszigetelőket kell felszerelni. A meglévő és az utat keresztező cserélt, $3 \times 95 \text{ mm}^2$ AASC típusú sodronyának lefeszítésére ENSTO SO105 típusú végfeszítőt kell alkalmazni. Az átkötéseknél (áramkötéseknél) burkolt BSZ CCSXT AL3 95 mm^2 típusú vezetékkel kell átvezetni a kereszttartó síkja alatt, a középső fázist FAM terelőszigetelővel rögzítve. (9. sz. ábra).



9. ábra: T1 rajzjelű oszlopra tervezett madárbarát feszítő kereszttartó

T2 tervjelű oszlopra a VÁT-H2 szerinti, 2-70007 rajzszámú egysíkú tartó kereszttartót, valamint a vezetékek tartására egyes kompozit tartószigetelőket és leesésgátlót kell felszerelni. Az alkalmazott egysíkú tartó fejszerkezet kialakítása nem madárbarát, így erre külön kell rögzíteni madárkiülőt, ami az aktív részekről biztonságos távolságra biztosít kényelmes leszállási lehetőséget kis és közepes méretű madaraknak. A meglévő $3 \times 50 \text{ mm}^2$ Ald. sodronyt PLP tartókötéssel kell a szigetelőhöz erősíteni.

4.4. Tervezett oszlopok terhelhetőségének ellenőrzése

Méretezés során az MSZ 151/3 szabványba foglalt alapelveket tartom szem előtt. A kiválasztott oszlopokat rendeltetésük szerint ellenőrizni kell különböző terhelési esetekre. Elsőként a feszítő oszlop ellenőrzését mutatom be az alábbi, 6. sz. táblázatba foglalt terhelési esetekre.

4.4.1. T1 rajzjelű oszlop ellenőrzése

Oszlop jelölése és rendeltetése	Számítás során használt elnevezés	MSZ 151/3 szerinti terhelés megnevezése	Változó terhelések megnevezése
T1 , vonali feszítő oszlop	vizsgált 1.	Rendeltetésszerű 1a	Szélterhelés szögfelező irányú, pótteher nincs, vezetőhúzás a teljes előforduló húzás kétharmad része
	vizsgált 2.	Rendeltetésszerű 1b	Szélterhelés szögfelezőre merőleges irányú, pótteher nincs, vezetőhúzás a teljes előforduló húzás kétharmad része
	vizsgált 3.	Rendeltetésszerű 2	Szélterhelés mértékadó irányú (szabványos szélteher egyharmada), pótteher van, vezetőhúzás a teljes előforduló húzás
	vizsgált 4.	Rendeltetésszerű 3	Szélterhelés ebben az esetben nincs, pótteher van, vezetőhúzás az egyik oldalon 50%-os, míg a másik oldalon 100%-os

6.táblázat: Feszítő oszlop terhelési esetei [14]

Számításhoz szükséges kiinduló adatok **T1** rajzjelű, B12/18 típusú áttört gerincű vasbeton oszlop műszaki adatai (*Ferrobeton Zrt. katalógus – 2.sz. melléklet*):

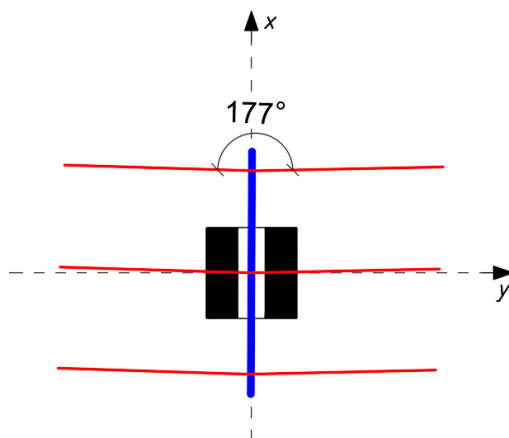
Főirányú terhelhetősége: $F_{x0} = 18 \text{ kN}$

Mellékirányú terhelhetősége: $F_{y0} = 9 \text{ kN}$

Felfüggesztési magasság: $L = 10 \text{ m}$

nyomvonal törési szöge: $\alpha = 177^\circ$

oszlopköz előtte: $l_1 = 123,2 \text{ m}$; oszlopköz utána: $l_2 = 58,8 \text{ m}$



10. ábra: T1 rajzjelű feszítőoszlop áttekintő elrendezése

„vizsgált 1.” eset:

Húzóerők számítása:

$$F_{h1} = \frac{2 \cdot \sigma_{\text{meg}}}{3} \cdot A_t = \frac{2 \cdot 80}{3} \cdot 93,25 = 4973,3 \text{ N}$$

$$F_{h2} = F_{h1} = 4973,3 \text{ N}$$

Vezetőhúzóerők komponensekre bontásai:

$$F_{h1x} = F_{h1} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 4973,3 \cdot 0,99965 = 4971,6 \text{ N}$$

$$F_{h1y} = F_{h1} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 4973,3 \cdot 0,0262 = 130,2 \text{ N}$$

$$F_{h2x} = F_{h1x} = 4971,6 \text{ N}$$

$$F_{h2y} = F_{h1y} = 130,2 \text{ N}$$

Főirányú és mellékirányú húzóerők sodronyonként:

$$F_{hx} = F_{h1x} - F_{h2x} = 4971,6 - 4971,6 = 0 \text{ N}$$

$$F_{hy} = F_{h1y} + F_{h2y} = 130,2 + 130,2 = 260,4 \text{ N}$$

Fellépő szögfelező irányú szélteher számítása:

$$F_{sz1x} = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1,6} \cdot d \cdot \frac{l_1}{2} \cdot \sin 1,5 = 0,75 \cdot 1,1 \cdot \frac{31^2}{1,6} \cdot \left(12,5 \cdot \frac{123,2}{2} \cdot 10^{-3}\right) \cdot 0,026 = 9,995 \text{ N}$$

$$F_{sz2x} = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1,6} \cdot d \cdot \frac{l_2}{2} \cdot \sin 1,5 = 0,75 \cdot 1,1 \cdot \frac{31^2}{1,6} \cdot \left(12,5 \cdot \frac{58,8}{2} \cdot 10^{-3}\right) \cdot 0,026 = 4,77 \text{ N}$$

$$F_{sz1y} = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1,6} \cdot d \cdot \frac{l_1}{2} \cdot \cos 1,5 = 0,75 \cdot 1,1 \cdot \frac{31^2}{1,6} \cdot \left(12,5 \cdot \frac{123,2}{2} \cdot 10^{-3}\right) \cdot 0,999 = 381,75 \text{ N}$$

$$F_{sz2y} = \alpha \cdot c \cdot \frac{v^2}{1,6} \cdot d \cdot \frac{l_2}{2} \cdot \cos 1,5 = 0,75 \cdot 1,1 \cdot \frac{31^2}{1,6} \cdot \left(12,5 \cdot \frac{58,8}{2} \cdot 10^{-3}\right) \cdot 0,999 = 182,04 \text{ N}$$

Fellépő x és y irányú szélteher komponensek összegzése:

$$F_{szx} = F_{sz1x} - F_{sz2x} = 9,995 - 4,77 = 5,225 \text{ N}$$

$$F_{szy} = F_{sz1y} + F_{sz2y} = 381,75 + 182,04 = 563,8 \text{ N}$$

Erők oszlopcsúcsra történő redukálása:

$$F_{xk} = 3 \cdot \frac{(F_{hx} + F_{szx}) \cdot L}{L} = 3 \cdot \frac{(0 + 5,225) \cdot 10}{10} = 15,675 \text{ N}$$

$$F_{yk} = 3 \cdot \frac{(F_{hy} + F_{szy}) \cdot L}{L} = 3 \cdot \frac{(260,4 + 563,8) \cdot 10}{10} = 2472,6 \text{ N}$$

Külső erők eredője a fősíkokban és a megengedett terhelhetőség aránya:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} = \frac{15,675}{18000} + \frac{2472,6}{9000} = 0,275$$

„vizsgált 2.” eset:

Vezetőhúzások nagyságai megfelelnek a „vizsgált 1.” esetben kiszámított értékekkel:

$$\mathbf{F_{hx} = 0 \text{ N}}$$

$$\mathbf{F_{hy} = 260,4 \text{ N}}$$

Szélterhelések nagyságai is megegyeznek az előző, „vizsgált 1.” esetben számoltakkal, azonban az összegzésük eltérő az alábbiak szerint:

$$F_{sz1x} = 9,995 \text{ N}$$

$$F_{sz2x} = 4,77 \text{ N}$$

$$F_{sz1y} = 381,75 \text{ N}$$

$$F_{sz2y} = 182,04 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{szx} = F_{sz1x} + F_{sz2x} = 9,995 + 4,77 = 14,765 \text{ N}}$$

$$\mathbf{F_{szy} = F_{sz1y} - F_{sz2y} = 381,75 - 182,04 = 199,71 \text{ N}}$$

Erők oszlopcsúcsra történő redukálása:

$$\mathbf{F_{xk} = 3 \cdot \frac{(F_{hx} + F_{szx}) \cdot L}{L} = 3 \cdot \frac{(0 + 14,765) \cdot 10}{10} = 44,295 \text{ N}}$$

$$\mathbf{F_{yk} = 3 \cdot \frac{(F_{hy} + F_{szy}) \cdot L}{L} = 3 \cdot \frac{(260,4 + 199,71) \cdot 10}{10} = 1380,33 \text{ N}}$$

Külső erők eredője a fősíkokban és a megengedett terhelhetőség aránya:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} = \frac{44,295}{18000} + \frac{1380,33}{9000} = \mathbf{0,1558}$$

„vizsgált 3.” eset:

Egy vezető esetén fellépő húzóerő:

$$F_{h1} = \sigma_{meg} \cdot A_t = 80 \cdot 93,25 = 7460 \text{ N}$$

$$F_{h2} = F_{h1} = 5595 \text{ N}$$

Fő és mellékirányú vezetőhúzóerők komponensekre bontásai:

$$F_{h1x} = F_{h1} \cdot \cos 1,5 = 7460 \cdot 0,999 = 7457,44 \text{ N}$$

$$F_{h1y} = F_{h1} \cdot \sin 1,5 = 7460 \cdot 0,0262 = 195,28 \text{ N}$$

$$F_{h2x} = F_{h1x} = 7457,44 \text{ N}$$

$$F_{h2y} = F_{h1y} = 195,28 \text{ N}$$

X és Y irányú húzóerők összegzése:

$$F_{hx} = F_{h1x} - F_{h2x} = 7457,44 - 7457,44 = 0 \text{ N}$$

$$F_{hy} = F_{h1y} + F_{h2y} = 195,28 + 195,28 = 390,56 \text{ N}$$

Szélterhek értékei a „vizsgált 1.” eset harmada:

$$F_{sxx} = \frac{5,225}{3} = 1,742 \text{ N}$$

$$F_{szy} = \frac{563,8}{3} = 187,93 \text{ N}$$

Erők oszlopcsúcsra történő redukálása:

$$F_{xk} = 3 \cdot \frac{3 \cdot (F_{hx} + F_{sxx}) \cdot L}{L} = 3 \cdot \frac{(0 + 1,742) \cdot 10}{10} = 5,226 \text{ N}$$

$$F_{yk} = 3 \cdot \frac{(F_{hy} + F_{szy}) \cdot L}{L} = 3 \cdot \frac{(390,56 + 187,93) \cdot 10}{10} = 1735,47 \text{ N}$$

Külső erők eredője a fősíkokban és a megengedett terhelhetőség aránya:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} = \frac{5,226}{18000} + \frac{1735,47}{9000} = 0,193$$

„vizsgált 4.” eset:

Vezetőhúzás az egyik oldalon 100%-os, míg a másik oldalon 50%-os:

$$F_{h1} = \frac{1}{1} \cdot \sigma_{meg} \cdot A_t = 80 \cdot 93,25 = 7460 \text{ N}$$

$$F_{h2} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{meg} \cdot A_t = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 93,25 = 3730 \text{ N}$$

Fő és mellékirányú vezetőhúzóerők komponensekre bontásai:

$$F_{h1x} = F_{h1} \cdot \cos 1,5 = 7460 \cdot 0,99 = 7457,44 \text{ N}$$

$$F_{h2x} = F_{h2} \cdot \cos 1,5 = 3730 \cdot 0,99 = 3728,72 \text{ N}$$

$$F_{h1y} = F_{h1} \cdot \sin 1,5 = 7460 \cdot 0,026 = 195,28 \text{ N}$$

$$F_{h2y} = F_{h2} \cdot \sin 1,5 = 3730 \cdot 0,026 = 97,64 \text{ N}$$

X és Y irányú húzóerők összegzése:

$$F_{hx} = F_{1hx} - F_{2hx} = 7457,44 - 3728,72 = \mathbf{3728,72 \text{ N}}$$

$$F_{hy} = F_{1hy} + F_{2hy} = 195,28 + 97,64 = \mathbf{292,92 \text{ N}}$$

Erők oszlopcsúcsra történő redukálása:

$$F_{xk} = 3 \cdot \frac{F_{hx} \cdot L}{L} = 3 \cdot \frac{3728,72 \cdot 10}{10} = \mathbf{11189,16 \text{ N}}$$

$$F_{yk} = 3 \cdot \frac{F_{hy} \cdot L}{L} = 3 \cdot \frac{292,92 \cdot 10}{10} = \mathbf{878,76 \text{ N}}$$

Külső erők eredője a fősíkokban és a megengedett terhelhetőség aránya:

$$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} = \frac{11189,16}{18000} + \frac{878,76}{9000} = \mathbf{0,719}$$

Feltétel	Eset	Hányados értéke	Eredmény
$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} \leq 1$	vizsgált 1.	0,275	Megfelel
	vizsgált 2.	0,1558	Megfelel
	vizsgált 3.	0,193	Megfelel
	vizsgált 3.	0,719	Megfelel

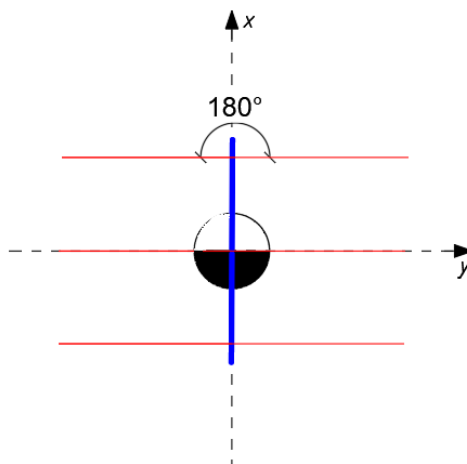
7. táblázat: T1 rajzjelű feszítőoszlop terhelés ellenőrzésének összegzése

A kiválasztott **T1**-es rajzjelű B12/18 típusú nagycsúcsvezetékű vonali feszítő szerepet betöltő oszlop minden vizsgált esetben megfelelő, legnagyobb terhelés egyik oldali 50%-os vezetőhúzás csökkenésénél lépett fel.

4.4.2. T2 rajzjelű oszlop ellenőrzése

Oszlop jelölése és rendeltetése	Számítás során használt elnevezés	MSZ 151/3 szerinti terhelés megnevezése	Változó terhelések megnevezése
T2 , tartóoszlop	vizsgált 5.	Rendeltetésszerű 1a	Szélterhelés vezetékre merőleges irányú, pótteher nincs, vezetőhúzás nincs
	vizsgált 6.	Rendeltetésszerű 1b	Szélterhelés vezetékek irányú, pótteher nincs, vezetőhúzás nincs
	vizsgált 7.	Rendeltetésszerű 2	Szélterhelés nincs, pótteher van, 5% húzáskülönbség egyik oldalon
	vizsgált 8.	Rendeltetésszerű 3	Szélterhelés ebben az esetben sincs, pótteher van, nincs

8.táblázat: Tartóoszlop terhelési esetei [14]



11. ábra: T2 rajzjelű tartóoszlop áttekintő elrendezése

Feltétel	Eset	Hányados értéke	Eredmény
$\frac{F_{xk}}{F_{x0}} + \frac{F_{yk}}{F_{y0}} \leq 1$	vizsgált 5.	0,3	Megfelel
	vizsgált 6.	0	Megfelel
	vizsgált 7.	0,005	Megfelel
	vizsgált 8.	0	Megfelel

9. táblázat: T1 rajzjelű tartóoszlop terhelés ellenőrzésének összegzése

A választott **T2**-es rajzjelű B12/13 típusú tartó szerepet betöltő oszlop megfelel a rajta fellépő vizsgált terhelési esetek mindegyikének, így megfelelő. Számítások alapján nem indokolt választása kismértékű kihasználtsága végett, de mivel oszlopkapcsoló kerül felhelyezésre az oszlopra, ezért a típustervben szereplőknek megfelelően esett erre a típusra a választás.

4.5. Tervezett oszlopok alapozásának ellenőrzése

Az oszlopok állítási helyénél fellelhető talaj gyenge teherbírású, ezért a tervezett **T1** és **T2** rajzjelű oszlop alapozására VÁT-H21 szerinti, 21-3-004-EON rajzszámú (3.sz. melléklet) befogott alap szükséges. Állékonysági ellenőrzés esetén csak a **T1** tervjelű oszlop befogott alapozását vizsgálom, mivel az előző terhelési számítások során fény derült arra, hogy ezen oszlop jóval nagyobb igénybevételnek van kitéve.

T1 oszlop alapozásának méretezéséhez a kiinduló adatok:

Beton alapozás szélessége: **m** = 1,4 m

Beton alapozás mélysége: **h** = 2 m

Oszlop földszint feletti magassága: **L** = 10 m

Oszlop csúcsára ható erő: **F** ≈ 11,2kN (méretezésnél fellépő legnagyobb erő)

A betonalap billenési pontjának mélysége az alap kétharmadánál található:

$$h_b = \frac{2 \cdot h}{3} = \frac{2 \cdot 2}{3} = 1,3 \text{ m}$$

Az erő nyomatéka a billenési pontra:

$$M = F \cdot (L + h_b) = 11,2 \cdot (10 + 1,3) = 126,56 \text{ kNm}$$

Nyomaték ismeretében az alap oldalán fellépő feszültség definiálása:

$$\sigma_0 = \frac{4 \cdot M}{b \cdot h^2} = \frac{4 \cdot 126,56}{1,4 \cdot 2^2} = 90,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Állékonysággal szemben támasztott biztonsági tényező, ahol a hátárfeszültség (σ_h) értéke a szabványban rögzített gyenge teherbírású talajnál $200 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$:

$$\mu_{ab} = \frac{\sigma_h}{\sigma_0} = \frac{200}{90,4} = 2,21$$

Biztonsági faktorról szemben támasztott kritérium:

$$\mu_{ab} > 1,5$$

$$2,21 > 1,5$$

A fenti kitétel teljesül a vizsgált legkedvezőtlenebb esetre, így az alkalmazott összes befogott alapozás megfelel az állékonysági ellenőrzésnek.

5. SZABADVEZETÉKES SZAKASZ ELLENŐRZÉSE BELÓGÁSRA

Belógás meghatározásához szükséges kiinduló adatok:

Nehézségi gyorsulás: $g \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Sodrony külső átmérője: $d = 12,50 \text{ mm}$

Sodrony tömege: $m_{AASC} = 0,2581 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

Sodrony tényleges keresztmetszete: $A_{AASC} = 93,25 \text{ mm}^2$

Sodrony huzalszáma: $n = 9$, amelynek sodrási mutatószáma: $c = 1,025$

Sodrony rugalmassági tényezője: $E_{AASC} = 5,7 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Sodrony lineáris hőtágulási modulus: $\alpha_{AASC} = 23 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

Húzófeszültség vízszintes összetevője: $\sigma_h = 80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Vizsgált oszlopköz: $a = 58,8 \text{ m}$

Elsőként meghatározom a meglévő sodrony sűrűségét (ρ_{AASC}):

$$\rho_{AASC} = \frac{m_{AASC}}{A_{AASC}} = \frac{0,2581}{93,25} = 2767 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Zúzmará fajlagos tömegének meghatározása (m_z):

$$m_z = 0,325 + 0,025 \cdot d = 0,325 + 0,025 \cdot 12,5 = 0,6375 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Szabványos pótteherrel figyelembe vett zúzmarás sűrűség (ρ_z):

$$\rho_z = \frac{m_{AASC} + m_z}{A_{AASC}} = \frac{0,2581 + 0,6375}{93,25} = 9604 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Méterenként fellépő súlyerő definiálása:

$$s = c \cdot A_{tAASC} \cdot \rho_{AASC} \cdot g = 1,025 \cdot 93,25 \cdot 10^{-6} \cdot 2767 \cdot 10 = 2,64 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Mértékadó oszlopköz ($a_{\text{mértékadó}}$) kiszámítása az állapotegyenlet kiindulási adatának meghatározásához:

$$a_{\text{mértékadó}} = \frac{0,6 \cdot \sigma_h}{\rho_z \cdot g} = \frac{0,6 \cdot 80 \cdot 10^6}{9604 \cdot 10} = 499,8 \text{ m}$$

Vizsgált ($a = 58,8 \text{ m}$) oszlopköz kisebb, mint az előbb kiszámolt mértékadó oszlopköz, tehát az állapotegyenlet kiindulási adata: $\sigma_{h0} = \sigma_h$.

Következő lépésben meghatározom az állapotegyenlet kiindulási hőmérsékletét, amely legnagyobb igénybevétel elfordulásakor lép fel. Ehhez a kritikus oszlopközt (a_{kritikus}) határozom meg:

$$a_{\text{kritikus}} = \frac{\sigma_h}{g} \cdot \sqrt{\frac{360 \cdot \alpha}{\rho_z^2 - \rho_{AASC}^2}} = \frac{80 \cdot 10^6}{10} \cdot \sqrt{\frac{360 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{9604^2 - 2767^2}} = 79,15 \text{ m}$$

A kritikus oszlopköz nagyobb, mint a vizsgált oszlopköz, tehát a legnagyobb igénybevétel -20°C hőmérsékleten, zúzmarás állapotban jelentkezik, így az állapotegyenlet kiindulási adatai a következők: $T_0 = -20^\circ\text{C}$ és $\rho_0 = \rho_z$.

Felső kritikus hőmérséklet (T_{fk}) meghatározásával következtetni lehet arra, hogy a maximális belógás milyen hőmérsékleten fog előfordulni:

$$T_{fk} = \frac{\sigma_h}{\alpha \cdot E_{AASC}} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{AASC}}{\rho_z}\right) - 5 = \frac{80}{23 \cdot 10^{-6} \cdot 5,7 \cdot 10^4} \cdot \left(1 - \frac{2,767 \cdot 10^{-3}}{9,604 \cdot 10^{-3}}\right) - 5 = 36,27^\circ\text{C}$$

A számolt felső kritikus hőmérséklet $+36,27^\circ\text{C}$, ami $+40^\circ\text{C}$ -nál kisebb, ezért a szabvány szerinti legnagyobb belógás pótteher nélkül $+40^\circ\text{C}$ hőmérsékleten fog bekövetkezni.

$\sigma_{h40^\circ\text{C}}$ értékének számítása állapotegyenlettel:

$$\frac{a^2 \cdot \rho_{AASC}^2 \cdot g^2}{24 \cdot \sigma_{h40^\circ\text{C}}^2} - \frac{a^2 \cdot \rho_0^2 \cdot g^2}{24 \cdot \sigma_{h0}^2} = \alpha \cdot (T - T_0) + \frac{1}{E_{AASC}} \cdot (\sigma_{h40^\circ} - \sigma_{h0})$$

Az állapotegyenlet másodfokú tagjának együtthatója:

$$c = \frac{a^2 \cdot \rho_0^2 \cdot g^2 \cdot E_{AASC}}{24 \cdot \sigma_{h0}^2} + \alpha \cdot E_{AASC} \cdot (T - T_0) - \sigma_{h0}$$

Behelyettesítve:

$$c = \frac{58,8^2 \cdot (2,767 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^2 \cdot 5,7 \cdot 10^4}{24 \cdot 80^2} + 23 \cdot 10^{-6} \cdot 5,7 \cdot 10^4 \cdot 60 - 80 = -0,357$$

Az állapotegyenlet konstans tagja:

$$d = \frac{a^2 \cdot \rho_{AASC}^2 \cdot g^2 \cdot E_{AASC}}{24} = \frac{58,8^2 \cdot (2,767 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^2 \cdot 5,7 \cdot 10^4}{24} = 6286,9$$

Az állapotegyenlet $\sigma_{h40^\circ\text{C}}$ változóra vonatkozó normált harmadfokú kifejezésének együtthatós alakjának javasolt rendezése:

$$\sigma_{h40^\circ\text{C}} + c = \frac{d}{\sigma_{h40^\circ\text{C}}^2}$$

Behelyettesítve az iterációs megoldáshoz:

$$\sigma_{h40^\circ\text{C}} + (-0,357) = \frac{6286,9}{\sigma_{h40^\circ\text{C}}^2}$$

Az egyenlet keresett értékét próbálgatással oldottam meg, hosszas számításoknak csak a végeredményét szemléltetem:

$$18,5761 - 0,357 = \frac{6286,9}{345,071}$$

$$18,2191 = 18,2191$$

$$\sigma_{h40^\circ\text{C}}\text{-at } \mathbf{18,5761 \frac{N}{mm^2}} \text{-re állapítom meg.}$$

Szilárd úttestet keresztező feszítőköz belógása +40°C-on:

$$b_{40^\circ\text{C}} = \frac{a^2 \cdot \rho_{AASC} \cdot g}{8 \cdot \sigma_{h40^\circ\text{C}}} = \frac{58,8^2 \cdot 2767 \cdot 10}{8 \cdot 18,5761 \cdot 10^6} = 0,644 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{b_{40^\circ\text{C}}}{a} \cdot 100 = \frac{0,644}{58,8} \cdot 100 = 1,095 \%$$

Az E.ON előírásainak megfelelően, a legnagyobb belógást kedvezőtlenebb esetre, +60°C hőmérsékleten is meg kell vizsgálni. Ezért a következőkben a $\sigma_{h60^\circ\text{C}}$ értékét határozom meg az állapotegyenlet segítségével.

$$\frac{a^2 \cdot \rho_{AASC}^2 \cdot g^2}{24 \cdot \sigma_{h60^\circ\text{C}}^2} - \frac{a^2 \cdot \rho_0^2 \cdot g^2}{24 \cdot \sigma_{h0}^2} = \alpha \cdot (T - T_0) + \frac{1}{E_{AASC}} \cdot (\sigma_{h60^\circ} - \sigma_{h0})$$

Az állapotegyenlet együttható, illetve konstans tagjának számítása:

$$c = \frac{58,8^2 \cdot (2,767 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^2 \cdot 5,7 \cdot 10^4}{24 \cdot 80^2} + 23 \cdot 10^{-6} \cdot 5,7 \cdot 10^4 \cdot 80 - 80 = \mathbf{25,86}$$

$$d = \frac{a^2 \cdot \rho_{AASC}^2 \cdot g^2 \cdot E_{AASC}}{24} = \frac{58,8^2 \cdot (2,767 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10^2 \cdot 5,7 \cdot 10^4}{24} = \mathbf{6286,9}$$

Az állapotegyenlet $\sigma_{h40^\circ\text{C}}$ változóra vonatkozó rendezése:

$$\sigma_{h60^\circ\text{C}} + c = \frac{d}{\sigma_{h60^\circ\text{C}}^2}$$

Behelyettesítve az iterációs megoldáshoz:

$$\sigma_{h60^\circ\text{C}} + 25,86 = \frac{6286,9}{\sigma_{h60^\circ\text{C}}^2}$$

Az egyenlet keresett értékét próbálgatással oldottam meg, hosszas számításoknak csak a végeredményét szemléltetem:

$$12,759 + 25,86 = \frac{6286,9}{162,79}$$

$$38,619 = 36,619$$

$$\sigma_{h60^\circ\text{C}}\text{-at } \mathbf{12,759} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{-re állapítom meg.}$$

Szilárd úttestet keresztező feszítőköz belógása +60°C-on:

$$b_{60^\circ\text{C}} = \frac{a^2 \cdot \rho_{AASC} \cdot g}{8 \cdot \sigma_{h40^\circ\text{C}}} = \frac{58,8^2 \cdot 2767 \cdot 10}{8 \cdot 12,759 \cdot 10^6} = \mathbf{0,937 \text{ m}}$$

$$\beta = \frac{b_{60^\circ\text{C}}}{a} \cdot 100 = \frac{0,937}{58,8} \cdot 100 = \mathbf{1,593 \%}$$

A belógás meghatározása a fentebb bemutatott közelítő számítása jelen esetben elegendő, mivel a belógás százalékos értéke mindkét vizsgált esetben kisebb, mint 7,5%. Ezért nem szükséges további láncgörbe korrekcióval kalkulálni. Számolások alapján a belógás értéke megfelelő a vizsgált oszlopközben, ugyanis a kifeszített sodronyok legmélyebb pontja ~9 méteren jelentkezik, mely hatványozottan magasabban van, mint az E.ON által előírt minimális 7 méteres út feletti magasság.

6. TERVEZETT VILLAMOS BERENDEZÉSEK

6.1. Távműködtetésű oszlopkapcsoló (TMOK)

A tervezési feladat leírásának megfelelően a szabadvezetékes hálózatról történő földkábeles leágazásokat távműködtetésű oszlopkapcsolón keresztül kell létesíteni. Terv szerinti leágazásoknál, a tervezett **T1**, **T2** rajzjelű befogott betonalappal létesített áttört gerincű betonoszlopokra kell telepíteni az oszlopkapcsolót.

22 kV-os közép feszültségű szabadvezetékes elosztóhálózatokon előforduló tervszerű, valamint üzemzavar jellegű kapcsolások, továbbá a terhelés átcsoportosítás alkalmával felmerülő kapcsolások révén elengedhetetlenül fontos kiépíteni hálózatbontási pontokat. Az előbb megemlített pontok megvalósíthatók FAM áramkötésekkel és oszlopkapcsolókkal. Az oszlopkapcsolókat három csoportba lehet kategorizálni. Az első csoportba tartozik a hagyományos, kézi működtetésű készülék, melynek alapvető hátránya, hogy a fel- és lekapcsolásához szükséges a helyszínrre való kiszállás. Következő csoportba a telemechanikus úton működtethető oszlopra szerelhető kapcsoló tartozik, mely kizárólag diszpécseri beavatkozással működtethető és csak beüzemeléskor, illetve időszakos felülvizsgálatakor szükséges az oszlopkapcsoló hollétéhez kötött szakemberi jelenlét. Harmadik csoportba a recloser tartozik, amely a szükséges kapcsolásokat, védelmet az előre beállított integrált automatikája végzi, gyors (GVA) és lassú (LVA) visszkapcsoló programmal. A recloser szintén telemechanikus összeköttetésben van az üzemirányító központtal, így az állapotjelzéseit, valamint a rajtuk átfolyó zárlati áramok és a földzárlati áramok mért értékeit továbbítja a kezelőszemélyzet felé. Tehát csoportok sorrendjei szerint, megkülönböztetnek manuálisan működtethető, távolról diszpécseri beavatkozással működtethető és önműködő oszlopra felszerelhető kapcsolókat.

Három perc alatt történő átkapcsolás vagy ezen időtartam alatt eszközölt sikeres üzemzavar elhárítás rövid idejű fogyasztói zavartatásnak számít, ami üzemzavarnak nem számít a Magyar Energetikai Hivatal (MEH) definíciója szerint. Üzemzavarnak csak a három percnél hosszabb idejű kimaradást, míg a három percnél rövidebb kimaradás csak rövid idejű zavartatásnak kell tekinteni.[13] Három percen belüli kapcsolást, hibahely behatárolást csak az utóbbi kettő telemechanikus úton működő

oszlopkapcsolók segítségével valósíthatunk meg. A környező, valamint a kapcsolódó nagy üzembiztonságú rendszerek védelme érdekében kiemelten fontos, hogy távműködtetésű oszlopkapcsolót alkalmazzunk, hiszen ezzel biztosítható a folyamatos villamosenergia-ellátás a lehető legrövidebb idejű fogyasztói zavartatással. MEH által definiált mutatók javításához, a fogyasztói zavartatás, valamint a tartós, hosszabb idejű zavartatás csökkentésének alkalmazható eszközei a hálózati rekonstrukció, üzembiztosabb berendezések és a telemechanizált kapcsolóelemek felszerelése.

6.1.1. Előzetes rádiós terjedési mérés

A tervezési feladat megkezdése előtt szükséges a tervezett oszlopkapcsolók EOV koordinátapontos helyét meghatározni és megküldeni a rádiós kapcsolat kiépítésért felelős, valamint a beüzemelésért felelős ABB műszaki munkatársnak. A kézhez kapott koordináták ismeretében elvégzik azon a ponton a rádiós terjedési mérést. A mérés során megvizsgálják, hogy a kiválasztott helyen tud-e az oszlopkapcsoló működtető egysége kommunikálni a bázisállomással. Ezen mérések alapján egy hatósági engedélyezési terv készül a 450 MHz-es rádiótelefon hálózatokra érvényes tervezési előírásoknak megfelelően. A terv tartalmazza a rádiótelefon állomások telepítéséhez szükséges technikai paramétereket, valamint a hálózat előírászerű működőképességének bizonyításához szükséges eredményeket.

6.1.2. TMOK főbb rögzítő és hajtás elemei

Ahhoz, hogy a kiválasztott nagycsúcsvezetékű oszlopokon rögzíteni tudjuk a kapcsolóberendezést, ehhez szükséges az adott oszlop típusának megfelelően választani a típustervben szereplő vasszerkezetek közül. Alapkövetelmény a tűziorganyozott tartószerkezet, anyagában rozsdamentes rögzítő, összekötő elemek (csavarok, anyák, alátétek, rugók stb.), nem korrodáló kialakítású hajtás csapágyak alkalmazása. Választott VÁT-H20 szerinti 20-7-014 rajzszámú tartókeret sík elrendezésű leágazó kereszttartó B-jelű oszloptípusokhoz, melyre rögzíthető az előszerelt ABB kapcsolóberendezés és túlfeszültség korlátozó tartó konzol. A tartószerkezetet a földtől 8 méteres magasságban kell rögzíteni. Helyszíni adottságoknak megfelelően, kis mértékben megengedett az eltérés, viszont a szükséges, minimum 300 mm fázistávolságokat be kell tartani. A szabadvezetékéről való leálláshoz $3 \times 95 \text{ mm}^2$ BSZV

burkolt vezetékkel kell alkalmazni, melyet AL/AL16-120/16-120 csup/csup FAM csavaros szorítóval kell a szabadvezetékhez csatlakoztatni.

Saját tengelyén elforduló kapcsoló billenési pontjának eléréséhez szükséges nyomatékot a működtető hajtókar és a kapcsolódó rudazat biztosítja. Beszerelésnél a motoros hajtást úgy kell beállítani, hogy a kapcsoló zárt állapotában a hajtókar 45°-os szöget zárjon be a vízszintes hajtókar állástól.

6.1.3. TMOK fáziselemei

A választott kapcsolóberendezés az ABB termékpalettájából, az E.ON Dél-dunántúli régiónál leggyakrabban alkalmazott és elfogadott moduláris NPS 24 B1-K4-J2 típusú oltókamrával felszerelt kültéri kapcsoló, mely megfelel a megrendelő igényeinek, biztonsági és élettartami követelményeknek. (4.sz. melléklet) Szerkezeti kialakítása ellenálló a zárlati áramok okozta erőhatásokkal, valamint az időjárási tényezőkkel szemben. Az érintkezők, a szakaszoló fém részei korrózióálló védő bevonattal vannak ellátva.[15]

A kapcsolóberendezés tartozéka a fázisonként 1-1 darab ASM-24 típusú áramváltó, melyek átvezető szigetelőre kerülnek. A fázisáram mérésre szolgáló áramváltó a jobb oldalon, míg a zérus-sorrendű áram mérésére szolgáló áramváltó a kapcsolóberendezés bal oldalán helyezkedik el. Az áramváltó szekunder köreit sorkapocsban kell összesíteni, a vezérlőszekrénybe történő levezetéshez $7 \times 2,5 \text{ mm}^2$ -es vezetékkel kell használni, fogadását IP68 védettségű tömszelencével kell biztosítani.

Úgyszintén a kapcsolóberendezés tartozéka, viszont egy külön tartókonzolon kell elhelyezni a TDO6 típusú feszültségváltót. Bekötését a betáplálási oldal felől kell kialakítani, ezért a szabadvezetékes vonal alá célszerű telepíteni az áramkötések rövidsége és azok átláthatósága érdekében. Szekunder $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ -es kábelezését közvetlenül a vezérlőszekrénybe kell érkeztetni és bekötni a megfelelő sorkapocsba.

A leágazó kábel túlfeszültség elleni védelmét POLIM-D24M túlfeszültségkorlátozók látják el.

6.1.4. TMOK vezérlőszekrénye és kiegészítői

Az UEMC50L5-24VDC/21 típusú Profield UR mezőgép beszereléséhez szerelő lemezzel ellátott vezérlőszekrényt a feszültségváltóval ellentétes oldalon, kapcsoló

felülnézeti síkjának arra merőleges oldalára kell elhelyezni ugyanazon az oszlopon, a vonal alatt, olyan magasságban, hogy az a földről kezelhető legyen segédenergia nélkül. A szekrény korrózióálló, rozsdamentes acéllemezről készült, IP55-ös védelemmel. Az illetéktelen, jogosulatlan hozzáférés két ponton zárható kivitelének és elektronikus ajtóállás figyelőnek köszönhetően kizárható. Itt található Profield UR típusú vezérlő egység (RTU), mely tartalmazza a beépített akkumulátor töltésének vezérlését. Az akkumulátor képes segéd feszültség nélkül 10-12 teljes kapcsolási procedúrát lebonyolítani. A telemechanikai vezérlőegység szerves részét alkotja a DI-416 CI jelzésfogadó kártya, VR-516 CI vezérlés kártya, AZ167 CI árammérő kártya és a TR0F2 jelzésű tápegység, ami tápellátást biztosít a felsorolt részeknek, valamint a Motorola DM2600 típusú URH rádióknak, valamint a hozzátartozó ACY antennát, mely kielégíti a megnövekedett működési hatótáv iránti alapkövetelményeket. Az antennát úgy kell rögzíteni a felhelyezett tartóra, a feszültség alatti részekről való szükséges védőtávolságok betartásával, hogy az a rádiós tervben meghatározott irányszögben nézzen.

6.1.5. TMOK kiválasztásának szempontjai

Minden esetben úgy kell megválasztani a paramétereket, hogy azok összhangban legyenek a csatlakozó hálózati elemek villamos jellemzőivel. Lényeges szempont továbbá, hogy a tényleges igénybevétel jóval kisebb legyen a névlegeseknél. Következő szempont a névleges feszültségérték, aminek legalább meg kell egyeznie a hálózati feszültséggel, vagy nagyobbak kell lennie. Készülék névleges árama, ami az üzemi áram értékével azonos nagyságú, vagy az üzemi áramnál nagyobb értékű kell legyen. Ezeken felül zárlatbiztonságra szükséges ellenőrizni a kiválasztott kapcsolót, katalógusban számszerűsített termikus zárlati áramérték és a névleges zárlati csúcsáram nem lehet kisebb, mint a beépítési helyen fellépő zárlati értéknél. Fontos kiválasztási szempont a készülék működtetés módja. Az utóbbi szempont jelentősen korlátozza a rendelkezésre álló választékot, hisz a működtetés leginkább előforduló és alkalmazott módja a kézi hajtás. Az utóbbi időkben Smart Grid (Okos Hálózat) térnyerésével lényegesen megnőtt a távműködtetésű hajtás alkalmazása, és egyre több gyártónál választhatunk telemechanizált kiegészítőkkel felruházott készülékeket.[16]

6.1.6. TMOK kiválasztásának alátámasztása

$$\begin{aligned}
 U_{\text{TMOK}} &\geq U_{\text{üzemi}} \rightarrow 24 \text{ kV} \geq 22 \text{ kV}; \\
 I_{\text{TMOK}} &\geq I_{\text{üzemi}} \rightarrow 630 \text{ A} \geq 131,2 \text{ A}; \\
 I_{th}^{\text{TMOK}} &\geq I_{\text{Zmax}} \rightarrow 25 \text{ kA} \geq 14,3 \text{ kA}; \\
 I_{\text{zcs}} &= k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{Zmax}} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,3 \cdot 10^3 = 36,4 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

A felsorolt feltételek mindegyike teljesül, tehát a kiválasztott oszlopkapcsoló megfelelő.

6.2. Távműködtetésű kapcsolókészülék (TMKK)

A 17232 sz. („Paks A. E.”) transzformátorállomás és a 61. sz. oszlopkapcsoló közötti, „Atomerőmű” elnevezésű 22kV-os földkábel vonalát fel kell hasítani, és felfűzni rá egy hárommezős kapcsolóállomást, amiből indítható a tervezett földkábel az ellátandó rendszerhasználói transzformátor állomás felé. A meglévő kábelvonalat úgy kell felhasítani, hogy a kábel egyik fele toldás nélkül beforgatható legyen a létesítendő állomásba, míg a kábel másik felét egyenes összekötő elemek segítségével, azonos típusú és keresztmetszetű földkábellel meg kell toldani.

A tervezett közép feszültségű kapcsolóállomás az ABB által gyártott SafePlus CCC konfigurációval ellátott moduláris közép feszültségű kapcsolókészülék, mely az E.ON kérésének megfelelően távműködtetésű motoros hajtási opcióval van kiegészítve. (5.sz. melléklet) A telemechanizált kapcsolat az előzőekben ismertetett oszlopkapcsoló távkommunikáció elvén zajlik, URH rádiós távműködtető rendszeren keresztül. A kiépítendő rádiós rendszernek illeszkedni kell az E.ON TMOK-TMKK tenderrendszerébe. Működtetése távolról diszpécseri beavatkozással történik. Helyi kapcsolások szintén eszközölhetők, amennyiben megszűnik a segédáramforrás, kézi kapcsolással a szükséges reteszelvek kioldásával.

6.2.1. Kapcsolóberendezés kiválasztásának szempontjai

A kiválasztott kapcsolóberendezés esetében az oszlopkapcsoló kiválasztási szempontjait vettem figyelembe, ugyanis ez is egy szakaszoló. A beépítési hely jellege, ami szintén szabadtéri, ezért kültéri változatot szükséges választani. A berendezés az erre a célra kialakított kültéri tokozatba lesz beépítve.

6.2.2. Kapcsolóberendezés kiválasztásának alátámasztása

$$U_{TMKK} \geq U_{üzemi} \rightarrow 24 \text{ kV} \geq 22 \text{ kV};$$

$$I_{TMKK} \geq I_{üzemi} \rightarrow 630 \text{ A} \geq 131,2 \text{ A};$$

$$I_{th}^{TMKK} \geq I_{Zmax} \rightarrow 21 \text{ kA} \geq 14,3 \text{ kA};$$

$$I_{ZCS} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{Zmax} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,3 \cdot 10^3 = 36,4 \text{ kA}$$

A felsorolt feltételek mindegyike teljesül, tehát a kiválasztott kapcsolóberendezés megfelelő.

6.2.3. Kapcsolóberendezés elhelyezése

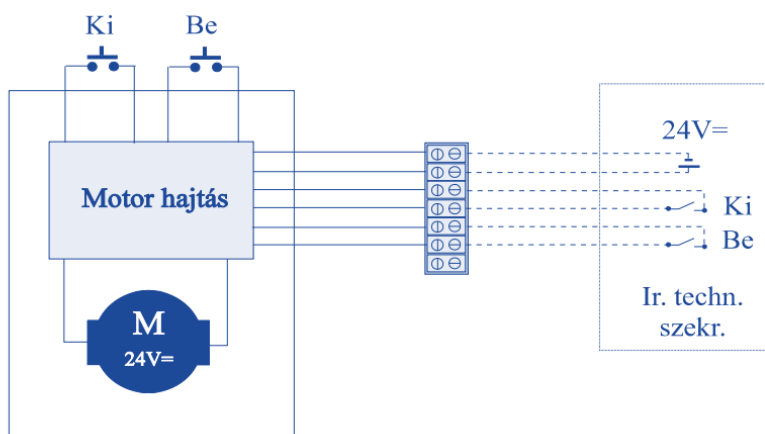
A választott kültéri, IP54-es védettségű tokozat szintén ABB gyártmányú lemez szekrény, amely alkalmas a választott kapcsolóberendezés biztonságos fogadására. ISO 9001 és 14001 irányelvek betartásával készült, és az IEC 60529 előírásai szerint ellenőrzött megfelelősége. A tokozat telepítése érdekében ki kell ásni az állomás méretének megfelelő alapgödört és betonlapot kell önteni. Gödör mérete a telepített berendezés geometriai méreteinek függvényében eltérő lehet. Az aktuálisan kialakítandó alapgödör méretei a következők:

- szélesség: állomás szélessége, azaz $1000 \text{ mm} + 500 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$
- hosszúság: állomás hossza, azaz $1116 \text{ mm} + 500 \text{ mm} = 1610 \text{ mm}$
- mélység: 400 mm, ebből a betonalap vastagsága 150 mm

A kiásott alapgödör aljára kavics és homok keverékéből álló ágyat kell kialakítani, majd döngöléssel tömöríteni és tökéletesen vízszintezni. Az előkészített alapra 15 cm vastag C12-32/FN minőségű betonlapot kell létesíteni. Középfeszültségű kábelek egyszerű beforgatása érdekében, kábelek számának megfelelően védőcsöveket kell elhelyezni alapozáskor. A védőcsöveket úgy kell beállítani, hogy azok pontosan az áttörés helyére essenek. A kapcsolóállomás betonlapra történő elhelyezése a tokozat oldalán található emelőfülek segítségével történhet erre a célra, a teljes berendezés súlyának (kb. 500 kg) megfelelő emelődaruval. Beemeléskor, betonlapra történő helyezésénél célszerű figyelmet kell arra fordítani, hogy a fém alaplemez felső pontja és a talajszint között legalább 100 mm maradjon, a nyílászárók zökkenőmentes nyitása végett.

6.2.4. Kapcsolóberendezés motoros hajtása

A telemechanizált működtetés érdekében a berendezés kapcsoló mezőjébe motoros hajtást kell kiépíteni, ami közvetlenül mozgatja a főérintkezőket. A motoros hajtáshoz biztosítani kell 24VDC feszültséget. A szükséges segédüzemi feszültségről a vezérlőszekrényben elhelyezett akkumulátor gondoskodik. Az akkumulátor töltése normál üzemállapotban történik, erre hivatott feszültségváltó szekunder kapcsairól. Segédüzemi energiaforrások megszűnésekor manuális kapcsolás eszközölhető, amennyiben a mechanikus reteszt kioldjuk. A beépített telemechanikai egység, RTU (Remote Terminal Unit) fél másodperces impulzusokban adja ki a vezérlés parancsokat. Ezért szükségeszerű a beépített mágneskapcsoló és a további relék segédérintkezői segítségével az öntartást úgy megvalósítani, hogy mindkét irányban végbemehessen a kapcsolási folyamat.



6. ábra: Motoros meghajtás elvi bekötési vázlata

Bontható kötésekkel kell kialakítani szekunder fülkében a földelő szakaszoló és a terheléskapcsolók állásjelzéseit. Bontható sorkapcsos szükséges kialakítani a vezérlés parancs csatlakozási felületét a későbbi, jövőben történő módosítások és mérések megkönnyítése érdekében. Az irányítástechnikai szekrényt minden esetben beltéri helyen, azaz zárható ajtón belül, külső környezeti hatásoktól elzártan kell telepíteni.

7. ÁRAMÜTÉS ELLENI VÉDELEM

Az alkalmazott áramütés elleni védelem módja az MSZ EN 50522:2013 szabványban foglaltak szerinti középfeszültségű hálózaton alkalmazandó IT-rendszer, avagy védőföldelés. A szabvány értelmében az új, tervezett oszlopok létesítésénél maximum 10Ω , kezelőoszlopoknál pedig legfeljebb 5Ω földelési ellenállást biztosító földelőrendszert kell tervezni.

Az oszlopok helyszínén fellelhető talaj fajlagos földelési ellenállása ismeretében a **T1** rajzjelű oszlopot keretföldeléssel, míg a **T2**-es oszlopot 3 méteres rúdföldelővel kell földelni a kívánt földelési ellenállás biztosításához. Mivel a tervezett oszlopokra manuálisan is működtethető hajtással ellátott oszlopkapcsoló lesz felszerelve, így ezen oszlopok kezelőoszlopoknak minősülnek. Kezelőhelyeknél lépésfeszültség csökkentő keretföldelő telepítése szükséges a kezelőszemélyzet védelmek céljából. A 1×1 méteres potenciálbefolyásoló keretet a kapcsolót működtető kar közvetlen közelében kell elhelyezni vízszintesen a talaj szintje alatt 40 cm mélységben. A 22kV-os hálózat oszlopain az oszlopföldelés kivezetésébe be kell kötni minden feszültség alatt nem álló, de meghibásodás során feszültség alá kerülő fémszerkezetet 50mm^2 AASC vezető segítségével.

A tervezett KÖF kapcsolóállomást négy darab 4 méteres $\varnothing 20$ mm köracél rúdföldelővel kell leföldelni. A földeléseket $\varnothing 14$ mm-es földelőkerettel kell összekötni (a tokozott berendezéstől kb. 0,1 méter távolságra és 0,8 méter mélységben). Az állomás külső földelését a kapcsolóállomás belső földelő hálózatához 25×3 mm-es laposacéllal kell csatlakoztatni. A kezelőtérnél 1 méter távolságra kinyúló potenciálbefolyásoló keretet kell elhelyezni. A kapcsolóállomásnál kialakított eredő földelési ellenállás legfeljebb 2Ω legyen.

Az áramütés elleni védelem megfelelőségének biztosítása kiemelten fontos, így az elkészült földelési és érintésvédelmi rendszert méréssel kell ellenőrizni, és jegyzőkönyvbe foglalni. Kívánt értékektől való eltérések esetén utólagos korrekciót, további földelések telepítését kell eszközölni.

ÖSSZEGZÉS

Dolgozatomban *PaksII.* felvonulási területén rendszerhasználó által kiépítendő 22/11kV-os transzformátorállomás közcélú hálózatra való csatlakoztatásának megtervezésével foglalkozom. Ezen létesítmény látja el a közeljövőben, várhatóan 2023-ban kezdődő építési munkák, építési munkákhoz szükséges létesítménykomplexumok energiaigényét.

Szakdolgozatom tématerülete összetett, mely során soktényezős műszaki és jogi szempontok vizsgálata egyaránt elengedhetetlen. A tervezés sikerességét alakító jogi, engedélyezési szempontokat csak érintőlegesen definiáltam tervezés előkészítése című fejezetben. Kezdeti nehézségeket a megfelelő nyomvonal kiválasztása okozott, mivel a vizsgált első variáns nem felelt meg több érintett szakhatóságoknak és tulajdonosoknak, köztük a helyi önkormányzatnak. Második kidolgozott nyomvonalverzióhoz bizonyos kikötések mellett hozzájárultak, így ez fog megvalósulni. Mellékelt nyomvonalrajzok (1-6. sz. rajzok) szemléltetik a pontos vonalvezetés módját, illetve a helyszínenként eltérő kialakítandó kábelárok metszetrajzát.

További fejezetekben a tervezés műszaki oldalát mutattam be. Elsőként kiválasztottam az adott középfeszültségű hálózatra alkalmazható kábeltípust, kábelkeresztmetszetet, amely a fellépő várható és nem várható igénybevételek esetén is megfelel. Szabadvezetésekről történő leágazások biztosítására új tartószerkezeteket kell létesíteni, amelyekre távműködtetésű oszlopkapcsolót kell telepíteni, biztosítva így a rendkívül hatékony kapcsolásokat és üzemzavar behatárolást rövid idejű fogyasztói zavartatással, vagy fogyasztói zavartatás nélkül. A kiválasztott oszlopok terhelhetőségét, alapozások állékonyságát ellenőriztem. Szabadvezetésekről és földkábelről való leágazások indítására alkalmas kapcsolókészülékeket bemutatam, valamint kiválasztásainak szempontjait részletesen ismertettem. A villamos berendezéseket, tervezett hálózati elemeket a kapcsolódó előírások és szabványok betartásával terveztem meg.

SUMMARY

In my thesis I deal with the planning and design implementation the connection of the *PaksII*. 22/11kV transformer station to the public grid where I was involved through my workplace. This transformer facility will supply the energy needs of the construction works and structures necessary for the upcoming construction of the building projects, which are expected to start in the near future, in 2023.

The subject of my thesis is a complex one, in need of a multifactorial, comprehensive analysis of both technical and legal aspects. The legal and permitting elements that shape the success of planning are only tangentially defined in the chapter on planning preparation. Initial difficulties were encountered in selecting an appropriate cable route, as the first option examined did not satisfy several of the authorities and landowners concerned, including the local municipality. A second version of the cable layout was developed and agreed to, subject to certain conditions, and will be implemented. Attached cable layout drawings (Cable Layout Plan Figures 1 to 6) illustrate the exact alignment and a sectional drawing of the cable trenches to be constructed, which are different for each site. The technical aspects of the design are presented in the following chapters.

At the first instance, I have selected the cable type and cable cross-section that is appropriate for the medium-voltage electricity network and that is suitable for the expected and unanticipated stresses that will occur. To provide for connections from the overhead line, new support structures are needed on which to mount a remotely operated pole switch, thus ensuring highly efficient switching and fault isolation with or without short-time consumer disturbance. The load capacity and stability of the foundations of the selected poles were verified. Switching devices suitable for starting dropouts from overhead line and ground cable were presented and the criteria for their selection were described in detail. The electrical equipment and planned network elements have been designed in compliance with the relevant E. ON South-West Hung. Electr. Supply Co. Ltd. Regulations, International and National standards.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Morva, Gy. (2012). Villamosenergetika, Digitális Tankönyvtár, Edutus Főiskola
- [2] Paks2, (2020). Közérthetően a létesítési engedélyezésről. [online] Elérhető: <https://www.paks2.hu/kozerthetoen-a-letesitesi-engedelyezesrol> [Hozzáférés dátuma: 2021.10.22.].
- [3] Országos Atomenergia Hivatal (2011). Nemzeti Jelentés a Paksi Atomerőmű Célzott Biztonsági Felülvizsgálatáról. [online] Elérhető: http://vienna.io.gov.hu/akadalymentes/download/2/e7/20000/CBF_NJ_final_hun_signed.pdf [Hozzáférés dátuma: 2021.10.22.].
- [4] Dr. Novothny, F. (PhD) (2010). Villamos energetika I., ÓE KVK 2050 jegyzet, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest
- [5] Lechner Nonprofit Kft. (2018). Általános Szerződési Feltételek az e-közmű rendszer használatához [online] Elérhető https://www.eepites.hu/sites/default/files/csatolmanyok/180710_ekozmu_aszf_2.00_3d_ltk_0.pdf [Hozzáférés dátuma: 2021.10.22.].
- [6] 2/2013. (I. 22.) NGM rendelet a villamosművek, valamint a termelői, magán- és közvetlen vezetékek biztonsági övezetéről
- [7] Zolmat Kft., Irányított fűrés. [online] Elérhető: <http://zolmat.hu/iranyitott-furas/> [Hozzáférés dátuma: 2021.10.22.].
- [8] MSZE 50341-2:2019 – 1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű szabadvezetékek. 2. rész: Nemzeti előírások
- [9] MSZ 13207:2020 – 0,6/1 kV-tól 20,8/36 kV-ig terjedő névleges feszültségű erősáramú kábelek és jelzőkábelek kiválasztása, fektetése és terhelhetősége
- [10] Dr. Novothny, F. (PhD) (2010). Villamosenergia-rendszerek I., ÓE KVK 2022 jegyzet, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest
- [11] 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet a folyók mértékadó árvízszintjeiről [online] Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400074.bm> [Hozzáférés dátuma: 2021.10.22.].
- [12] Prysmian Group termékkatalógus
- [13] E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt. Elosztói szabályzata
- [14] MSZ 151/3– Erősáramú szabadvezetékek – Tartószerkezetek
- [15] ABB - NPS Modular outdoor switch-disconnectors (katalógus)
- [16] Dr. Novothny, F. (PhD) (2010). Villamosenergia-ellátás I., ÓE KVK 2052 jegyzet, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest
- [17] ABB - SafeRing/SafePlus 12-24kV Gas-insulated ring main unit SafeRing and Compact switchgear SafePlus (katalógus)

MELLÉKLETJEGYZÉK

1. Prysmian Group kábelkatalógus
2. Ferrobeton Zrt. távvezeték oszlop katalógus
3. Befogott alapozás - 21-3-004-EON (VÁT-H21)
4. ABB NPS moduláris oszlopkapcsoló
5. ABB SafePlus kapcsolóberendezés, kültéri tokozat

RAJZJEGYZÉK

Egyvonalas vázlat – 00E

Nyomvonalrajzok:

- Nyomvonalrajz – 1
- Nyomvonalrajz – 2
- Nyomvonalrajz – 3
- Nyomvonalrajz – 4
- Nyomvonalrajz – 5
- Nyomvonalrajz – 6

A tervrajzok az alábbi hivatkozáson elérhetők:

<https://drive.google.com/drive/folders/1mmjv98F9zhKJu8MVMKYZKK9TizXVwI2g?usp=sharing>

vagy

https://obudaiegyetem-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/leborti4_stud_uni-obuda_hu/EncCcdqR_hNOs5YcWEV3wesB1MbLObGYWKrOcJOSqKQYBA?e=e52czX

PROGRAMJEGYZÉK

Autodesk AutoCad Map3D 2021

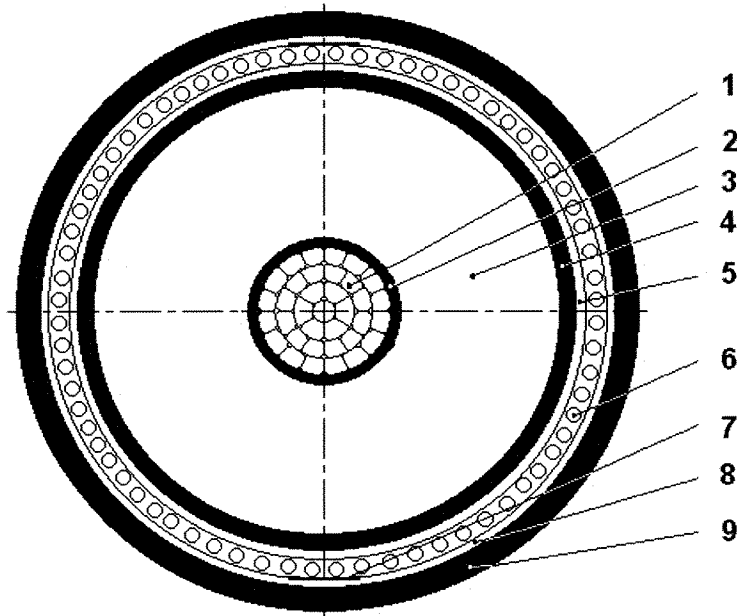
1.sz. melléklet

PRYSMIAN MKM
HUNGARIAN CABLE WORKS LTD.

Prysmian
Group

Linking
the Future

NA2XS(F)2Y 1x150 RM/25 12/20 kV (kr)
DIN VDE 0276-620



	Construction	Material	Size	Diameter *
1	Conductor	Al	19x Ø3,16	14,2
2	Inner semi-conductive layer	XLPE	Min. Th.: 0,3	15,1
3	Insulation (XLPE)	XLPE DIX 8	Nom. Th.: 5,5 Min. Th.: 4,85	26,3
4	Outer semi-conductive layer	XLPE	Min. Th.: 0,3 Max. Th.: 0,6	27,1
5	Swellable tape	Semi-conductive Polyester	1x 60-70x0,4 (helic.) or 1x 95x0,4 (long.)	28,0
6	Cu wire screen	Cu	42x Ø 0,86	29,7
7	Counter helix	Cu	1x 5x0,2 or 1x 10x0,1	
8	Separating tape	Crepe	1x 60-70x0,3	30,3
9	Outer sheath HDPE	HDPE DMP 2 Black (UV res.)	Nom. Th.: 2,5 Min. Th.: 2,1	35,2

2.sz. melléklet



FERROBETON Zrt.

2400 Dunaújváros, Papírgyári út 18-22
2401 Dunaújváros, Pf. 112tel. +36-25/283-346
fax. +36-25/283-932

NAGY CSÚCSHÚZÁSÚ TÁVVEZETÉK OSZLOPOK MŰSZAKI ADATAI:

Típus	L	S	X/A	Y/B	V1	V2	T	F1/F2	Tömeg
	[m]	[mm]							[kg]
B10-18	10	3580	570/250	435/200	90	120	2200	1050/2950	2647
B10-28									
B12-18	12	4220	635/250	485/200	90	120	1800	1510/2560	3306
B12-28									
B14-18	14	4720	700/250	530/200	90	120	2000	1510/2780	4427
B14-28									
B14-4	14	5050	445/200	330/180	70	85	1845	1610/2630	1830
B16-4	16	5770	480/200	350/180	70	85	2045	1610/2630	2060

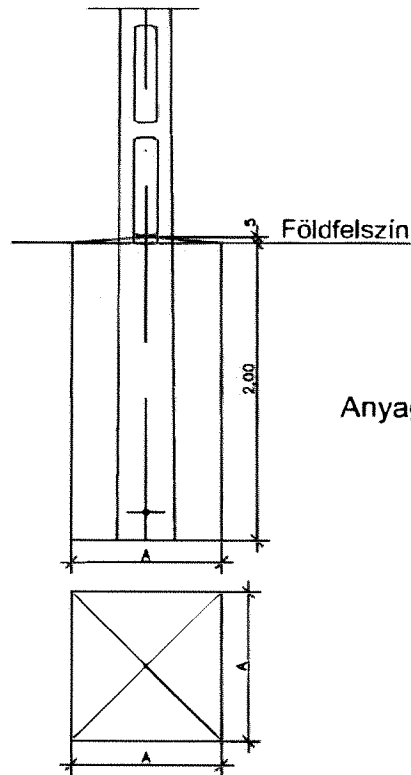
IGÉNYBEVÉTELI ADATOK:

Típus	Főirány				
	F _{d,csúcs}	M _{Max,qp,fr}	M _{Cr,kar}	M _{Rd}	M _{Rd,A}
	[kN]	[kNm]			
B10-18	18	131,2	184,8	222,0	258,7
B10-28	28	180,4	198,9	303,7	358,4
B12-18	18	157,8	228,5	254,9	296,2
B12-28	28	219,8	280,1	362,6	423,5
B14-18	18	184,6	274,3	291,9	338,5
B14-28	28	259,6	352,2	419,7	488,7
B14-4	4	50,0	73,3	84,8	98,4
B16-4	4	59,9	87,4	99,6	115,5

Típus	Mellékirány					Nyírási, csavarási ellenállás	
	F _{d,csúcs}	M _{Max,qp,fr}	M _{Cr,kar}	M _{Rd}	M _{Rd,A}	V _{Rd}	T _{Rd}
	[kN]	[kNm]				[kN]	[kNm]
B10-18	9	62,5	88,1	150,5	179,1	136,3	3,7
B10-28	14	91,7	101,1	187,4	221,5	136,3	3,2
B12-18	9	70,7	102,4	175,9	208,5	136,3	3,7
B12-28	14	95,2	121,3	228,5	273,2	136,3	3,2
B14-18	9	78,7	117,0	200,9	237,3	136,3	3,7
B14-28	14	116,9	158,6	265,4	318,1	136,3	3,2
B14-4	2	23,3	34,0	57,2	67,8	136,3	2,5
B16-4	2	26,6	38,8	62,8	74,5	136,3	2,5

3.sz. melléklet

**B10/18, B12/18, B14/18, B10/28, B12/28, B14/28
áttört gerincű vasbetonoszlopok**



Anyagminőség: Beton: C12-32/FN

Oszlop jele	A	Beton	Zsalu	Simítás	Földkiemelés kézi		Földkiemelés gépi		
	m	m3	m2		kiemelés	elszáll.	kiemelés	visszatölt	elszáll.
B12/18	1,40	4,02	—	1,96	3,92	3,92	5,54	1,62	3,92
B14/18	1,50	4,62	—	2,25	4,50	4,50	6,23	1,73	4,50
B12/28	1,80	6,65	—	3,24	6,48	6,48	8,56	2,08	6,48
B14/28	2,00	8,20	—	4,00	8,00	8,00	10,31	2,31	8,00
B10/18	1,40	4,02	—	1,96	3,92	3,92	5,54	1,62	3,92
B10/28	1,80	6,65	—	3,24	6,48	6,48	8,56	2,08	6,48

Első	2012. 07.27.	Aláírás Név				E.ON által adaptált rajz			
Kiadás	Dátum	Tervező	Minőségellenőr	Projektvez.					
			18 ill. 28 kN-os áttört gerincű vasbetonoszlop befogott alapja						
			talaj határfeszültség: 200kN/m2 esetén						
			Rajzszám				Lap/összes lap		
			21-3-004 -EON				1/1		

Ez a tervdokumentum a PÖRY ERŐTERV Zrt. szellemi terméke. Lemásolása, adatainak átadása a cég engedélye nélkül TILOS!

4.sz. melléklet

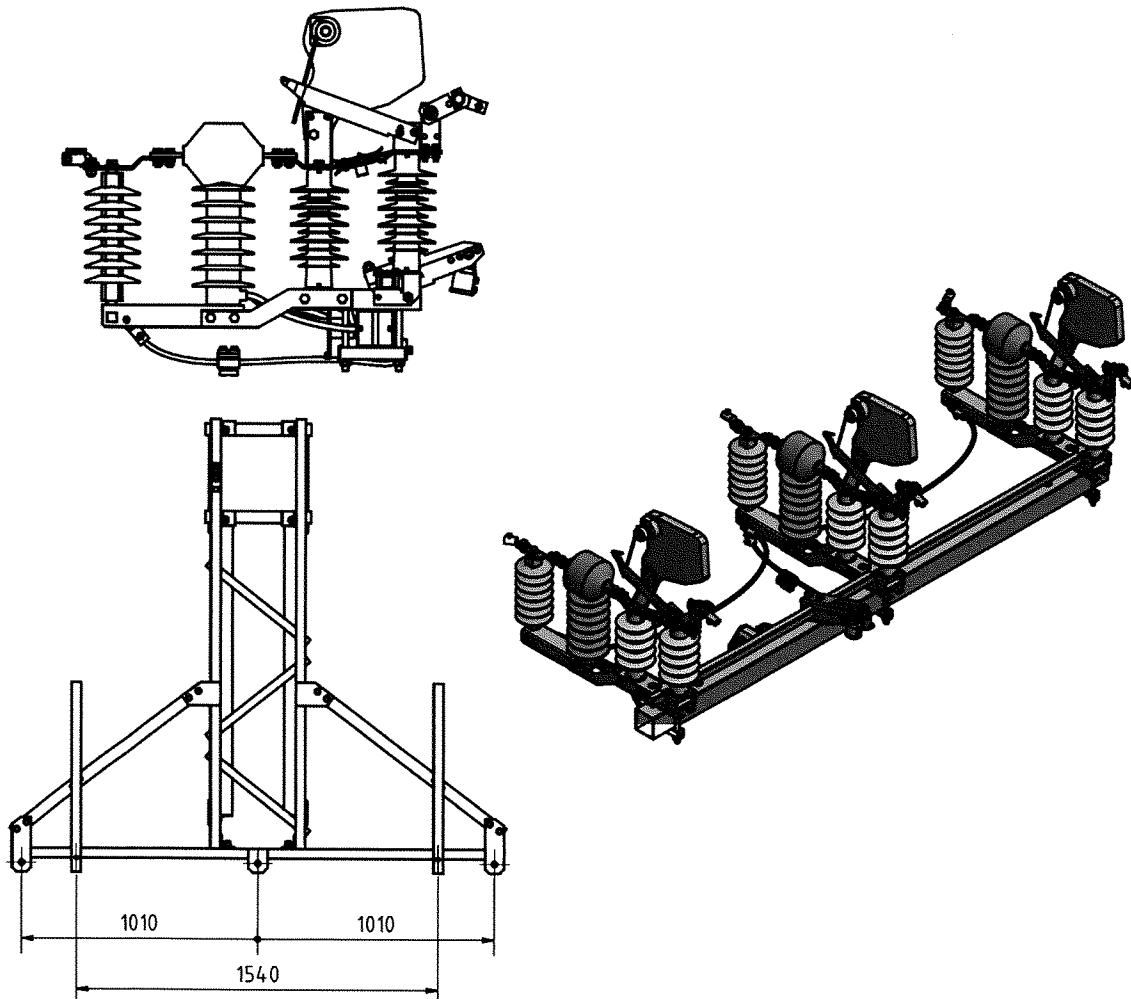
NPS

Modular outdoor switch disconnecter

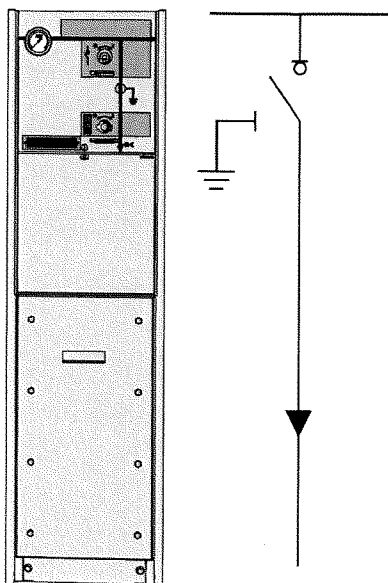


Main parameters

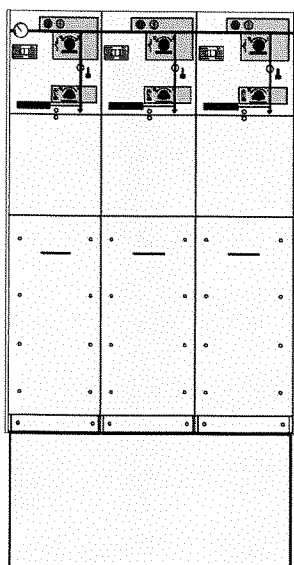
Type	Disconnecter	Switch disconnecter	Switch disconnecter	Switch disconnecter	Switch disconnecter	Disconnecter	Switch disconnecter
Rated voltage	24 kV	24 kV	24 kV	24 kV	25,8 kV	36 kV	36 kV
Rated current	630 A	630 A	630 A	630 A	630 A	630 A	630 A
Insulators type	Epoxy (Porcelain) [Silicon]	Epoxy (Porcelain) [Silicon]	Epoxy [Silicon]	Epoxy (Porcelain)	Epoxy (Porcelain) [Silicon]	Porcelain (Silicon J2) [Silicon J3]	Porcelain (Silicon J2) [Silicon J3]
BIL	125 kV (150 kV) [150 kV]	125 kV (150 kV) [150 kV]	125 kV [150 kV]	125 kV (150 kV)	125 kV (150 kV) [150 kV]	200 kV (200 kV) [200 kV]	200 kV (200 kV) [200 kV]
Creepage distance	755 mm (620 mm) [760 mm]	755 mm (620 mm) [760 mm]	755 mm [760 mm]	755 mm (620 mm)	755 mm (620 mm) [760 mm]	900 mm (1205 mm) [1365 mm]	900 mm (1205 mm) [1365 mm]
Rated short circuit withstand current	16 kA / 1 s (20 kA / 1 s) [25 kA / 1 s]	16 kA / 1 s (20 kA / 1 s) [25 kA / 1 s]	16 kA / 1 s [25 kA / 1 s]	16 kA / 1 s (20 kA / 1 s)	16 kA / 1 s (20 kA / 1 s) [25 kA / 1 s]	16 kA (16 kA) [16 kA]	16 kA (16 kA) [16 kA]
Rated peak withstand current	40 kA (50 kA) [62,5 kA]	40 kA (50 kA) [62,5 kA]	40 kA [62,5 kA]	40 kA (50 kA)	40 kA (50 kA) [62,5 kA]	40 kA (40 kA) [40 kA]	40 kA (40 kA) [40 kA]
Type of breaking device	-	NPAB1	NPAK1	NPAK4	NPAK5	-	NPAB4
Rated breaking current / number of cycles	-	25A / 100CO	50 A / 30 CO	250 A / 100 CO	400 A / 100 CO 630 A / 10 CO	-	16 A / 100 CO
Mechanical endurance	2000 CO	2000 CO	2000 CO	2000 CO	2000 CO	2000 CO	2000 CO



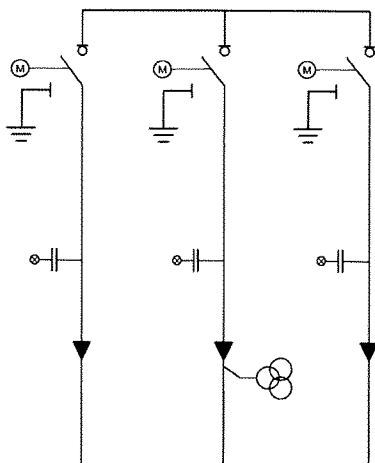
C - Cable switch module - Technical data



Depth: 751 mm
Width: 325 mm
Height: 1336 mm / optional 1100 mm



Width 1021 mm, Height 1786 mm



Technical data

Switch disconnecter

Rated voltage	kV	12	17.5	24
Power frequency withstand voltage	kV	28 ¹⁾	38	50
Impulse withstand voltage	kV	95	95	125
Rated normal current	A	630	630	630
Breaking capacities:				
- active load	A	630	630	630
- closed loop	A	650	650	650
- off load cable charging	A	140	140	140
- earth-fault	A	205	160	160
- earth-fault cable charging	A	117	91	91
Making capacity	kA	62.5	52.5	52.5
Short time current 3 sec.	kA	25	21	21
Number of mechanical operations	1000 close / open manual			
Electrical and mechanical classes	E3, C2, M1			

Earthing switch

Rated voltage	kV	12	17.5	24
Power frequency withstand voltage	kV	28 ¹⁾	38	50
Impulse withstand voltage	kV	95	95	125
Making capacity	kA	62.5	50	50
Short time current 3 sec.	kA	25	21	21
Number of mechanical operations	1000 close / open manual			
Electrical and mechanical classes	E2, M0			

Outdoor enclosure 12-24 kV

