



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve:

Somlyai Jázmin

2021.

Hallgató törzskönyvi száma:

T008409/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport: Energetika informatika modul



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Somlyai Jázmin

Szakedolgozat száma: SZD21090213452924

Törzskönyvi száma: T008409/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Ipari üzem villamosenergia-ellátása

A dolgozat címe angolul: Electricity supply for an industrial plant

A feladat részletezése:

1. Villamos energia elosztó hálózat ismertetése, beruházói környezet részletezése
2. Villamos betáplálás megtervezése (nyomvonal kijelölése, kábelek méretezése)
3. Villamos berendezések, készülékek kiválasztása
4. Ipari létesítmény csatlakozó közcélú hálózatának védelmei

Intézményi konzulens neve: Morva György Ádám

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

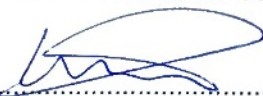
A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 11. 26.

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. 11. 30.

Somogyi János
.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
2. Villamos energia elosztó hálózat ismertetése	3
2.1 Villamos elosztóhálózatok kialakítása.....	6
2.1.1 Sugaras alakzat	7
2.1.2 Gyűrűs vagy ívelt alakzat	7
2.1.3 Körvezetékes alakzat	8
2.1.4 Hurkolt alakzat.....	9
2.1.5 Párhuzamos alakzat.....	9
3. Beruházói környezet ismertetése	10
3.1 Létesítmény ismertetése.....	11
4. Villamos betáplálás megtervezése	13
4.1 Berendezések teljesítmény igénye	13
4.2 Lekötött teljesítmény meghatározása.....	14
4.3 Kommunális hálózatra csatlakozás	18
4.4 Alállomási cella	18
4.5 Betápláló transzformátor.....	19
4.6 Kábelek méretezése	21
4.6.1 Földkábelek méretezése	21
4.6.2 Főelosztót ellátó földkábelek méretezése	24
4.6.3 Kábelalagút létjogosultsága	24
4.7 Főelosztó energia ellátása	32
4.8 EcoStruxure Power Build Rapsody szoftver	34
4.9 Alelosztók energia ellátása	35
4.9.1 A1-es alelosztót ellátó kábel méretezése	38
4.9.2 A2-es alelosztót ellátó kábel méretezése	39
4.9.3 A3-as alelosztót ellátó kábel méretezése	40
4.9.4 A4-es alelosztót ellátó kábel méretezése	41
4.9.5 A5-ös alelosztót ellátó kábel méretezése	42
5. Villamos berendezések, készülékek kiválasztása	43
5.1 Kapcsolókészülékek zárlati szilárdsága.....	43
5.2 Ecodial Advanced Calculation szoftver ismertetése.....	43
5.3 Hálózati elemek paraméterezése.....	44
6. Ipari létesítmény közcélú hálózatának védelmei	49

6.1 Védelmek feladata	49
6.2 Védelmi rendszerekkel szemben támasztott követelmények.....	49
6.3 Záratszámítás a fogyasztói transzformátor 22 kV-os és 0,4kV-os oldalán	50
6.4 22 kV-os oldali védelmek számítási és beállítási adatai	53
7. Összefoglalás	56
8. Contraction.....	57
9. Köszönetnyilvánítás.....	58
10. Irodalomjegyzék	59
11. Mellékletek	61

1. BEVEZETÉS

Szakedolgozatom témája egy újonnan épülő üzemcsarnok villamos energia-ellátásának megtervezése. Az egyetemen eltöltött éveim során az épületvillamos tervezés szakterülete keltette fel leginkább az érdeklődésemet, ezért esett a választásom erre a témára.

Manapság el sem tudjuk képzelni az életünket villamos energia nélkül, a villamos energia az ipar és a lakosság számára nélkülözhetetlen, eljuttatása a fogyasztókhoz fontos feladatunk, hiszen a berendezések többsége ezzel működik, vagy a működéshez szükség van a villamos energia felhasználására. A legtöbb esetben nem a felhasználási helyen, hanem a fogyasztótól messze állítják elő az energiát. Gondoskodnunk kell a megtermelt energia szállításáról, majd biztonságos felhasználásáról.

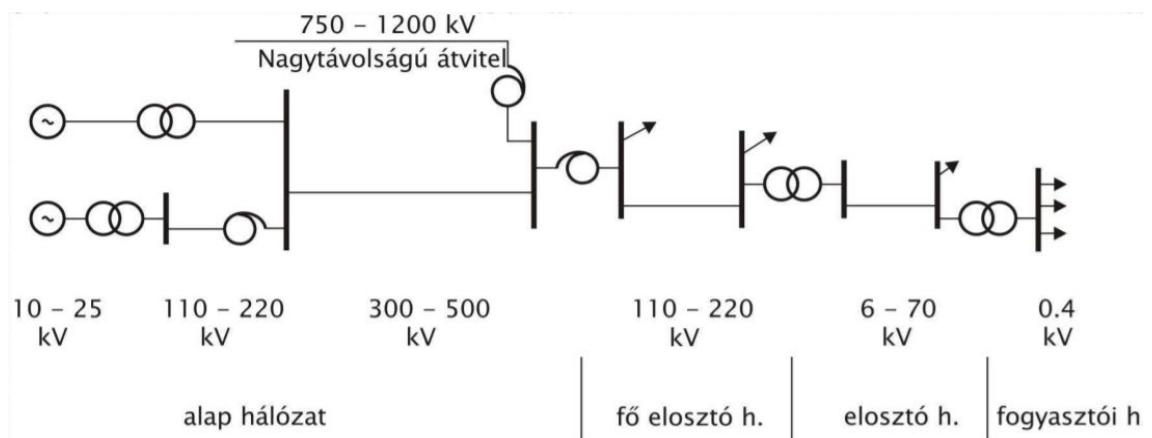
A gyakornokként eltöltött idő alatt megtanultam az épületvillamos tervezéshez szükséges szoftverek használatát, mint például a tervezéshez elengedhetetlenül fontos AutoCad, és sok más tervezést segítő felület felhasználásának elsajátítását köszönhetem ezen időszaknak. Ezen készségek segítették a szakdolgozatom megírását.

Dolgozatomban kifejtem, hogy hogyan történik egy újonnan épülő ipari üzem számára szükséges betáplálás megtervezése. Első feladatként a beruházói környezetet, létesítményt ismertetem, majd a szükséges teljesítmény igény meghatározását számításokkal végzem el. A következő fejezetben a kábelek méretezését, a szükséges keresztmetszeteket határozom meg. Végül a megfelelő védelmi berendezéseket választom ki. Nem áll módomban a teljes tervdokumentáció elkészítésének a bemutatása, főként a teljesítmény igények felmérésére, a fővezetéki rendszerek, főelosztó, alelosztók, áramellátására, védelmi készülékek kiválasztására helyezem a hangsúlyt.

2. VILLAMOS ENERGIA ELOSZTÓ HÁLÓZAT ISMERTETÉSE

Magyarországon a háromfázisú, háromvezetékes váltakozó feszültségű rendszer a leggyakoribb, melynek frekvenciája az Európában szabványos 50 Hz. Az erőművek által megtermelt energiát távvezetékek segítségével szállítjuk, amelyek lehetnek szabadvezetékek vagy kábelek. A hálózatok csomópontjain alállomások helyezkednek el, legfőbb feladatuk, hogy a hálózat különböző terhelési állapotaiban biztosítsák a hatásos és meddőteljesítmény forgalmat. Az alállomásba beérkező távvezetékek gyűjtősínre csatlakoznak, onnan kapcsolódnak a transzformátorállomásra, melyek gondoskodnak a feszültségszintek közötti váltásról. Az áram útját a kapcsolóállomások jelölik ki. [1]

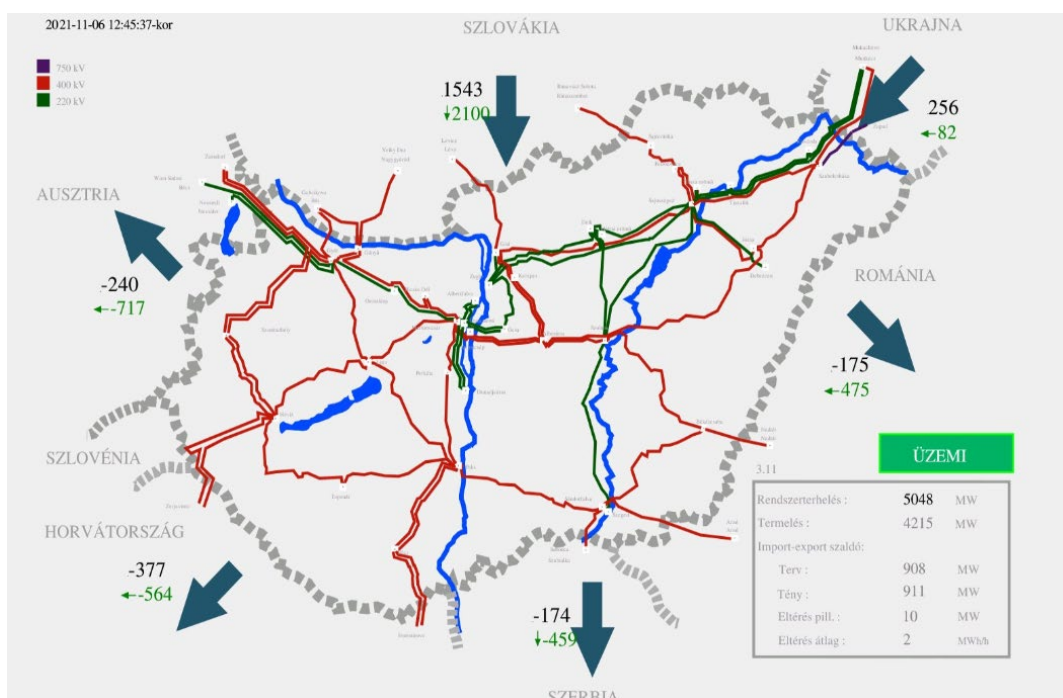
A magyar szabvány szerint megkülönböztetünk feszültségszinteket, 1 kV és a fölött nagyfeszültségről, ezen érték alatt kisfeszültségről beszélünk. Az országos alaphálózati távvezetékek és a hozzájuk kapcsolódó erőművek szintjei, nagyfeszültségen 220 kV, 400 kV, 750 kV, illetve ide tartozik a főelosztó hálózat feszültségszintje, amely 120 kV, ezen a feszültségszinten szállítják az energiát a főbb csomópontok felé. Középfeszültségnek számítanak a 3 kV és a 35 kV közötti feszültség értékek. Általában az alállomások középfeszültségre transzformálnak, fogyasztói szintre az utcavégeken lévő transzformátor redukálja a feszültséget. Főként gazdasági okokból van szükségünk különböző feszültségszintek használatára, ugyanis minél nagyobb áramerősség folyik a távvezetéken az annál inkább melegszik, nagyobb hő termelődik, így energia vész el. [2]



1.ábra: VER feszültségszintek termelés-szállítás-elosztás [3]

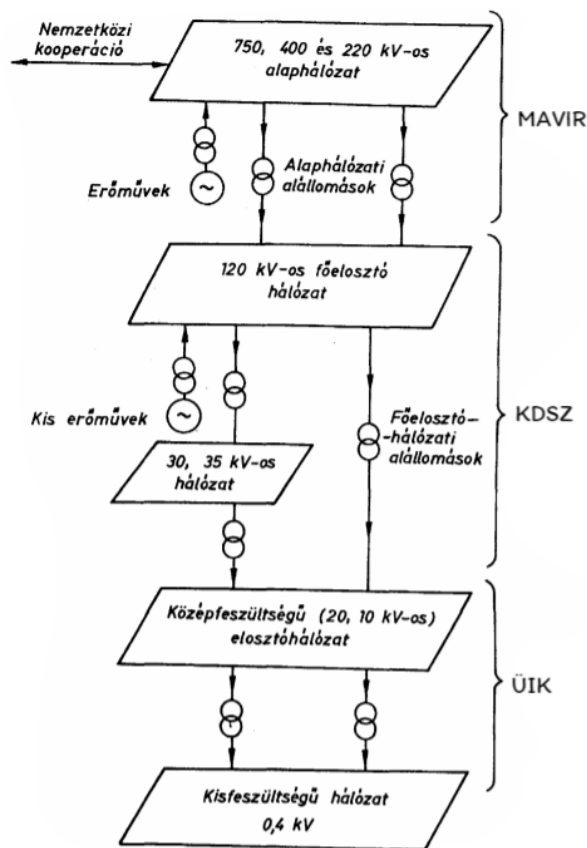
Napjainkban a villamos-energia rendszerek együttműködve üzemelnek, ennek eredményeként nem csak a hazai villamos-energia termelők vesznek részt a fogyasztók számára szükséges villamos energia előállításában, hanem a szomszédos rendszerekből is tudunk villamos energiát vételezni, igény esetén szállítani. Az együttműködés által a rendszerek stabilabbá válnak.[2]

Az 2. ábráról leolvasható, hogy a megadott időpontban Ukrajnából és Szlovákiából vételezünk, Ausztria, Horvátország, Szerbia és Románia számára szállítunk villamos energiát.



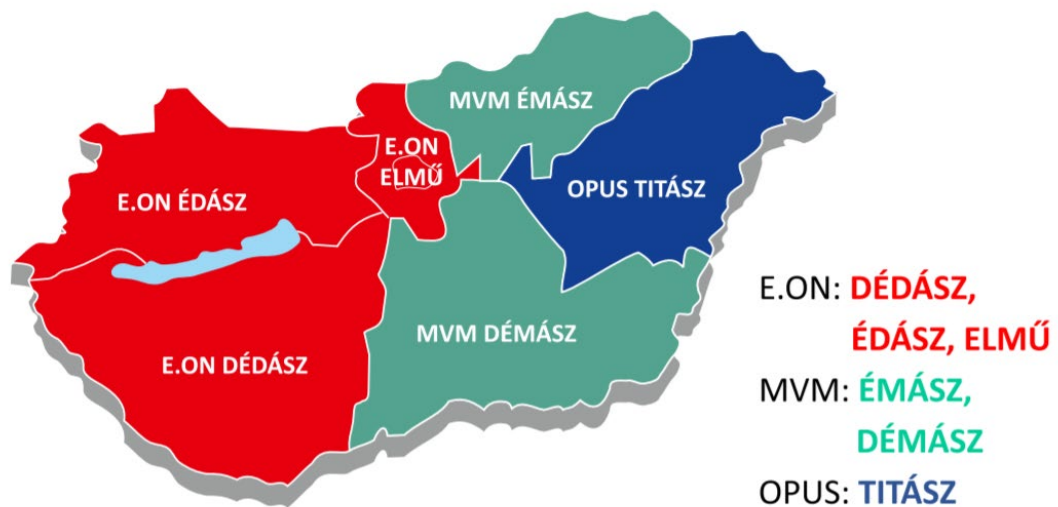
2.ábra: Magyarország villamos energia forgalma 2021.11.06-án 12:45 perckor[4]

A villamos energia termelése, szállítása, elosztása, a rendszer egyensúly fenntartása bonyolult, összetett feladat. Az együttműködő rendszerek célja a biztonságos, szünetmentesen elérhető, jó minőségű, villamos energia biztosítása a fogyasztók számára. Ezen rendszerek irányítására a méretükből adódóan szükség van egy hierarchikus rendszer felállítására (3. ábra).



3. ábra: VER hierarchia

Az átviteli hálózati rendszerirányító (TSO: Transmission System Operator) az üzemirányítás hierarchiájának legfelső fokán áll. Ezt a tevékenységet Magyarországon a MAVIR (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt.) látja el, feladatai közé tartozik az országos alaphálózat, a nagyteljesítményű alaperőművek, illetve az országhatáron túlnyúló távvezetékek zavarmentes működtetése. A következő szinten az elosztóhálózati engedélyesek (DSO: Distribution System Operator), az áramszolgáltatók tulajdonosai és üzemeltetői állnak a 120 kV-os és alacsonyabb feszültségű elosztóhálózatoknak, üzemirányítási feladataikat a Körzeti Diszpécser Szolgálatok (KDSZ-ek) látják el. Az elosztóhálózati engedélyesek Üzemirányító Központokat (ÜIK), illetve Kirendeltségeket jogosultak működtetni. [5]



4. ábra: Elosztóhálózat üzemeltető körzetek [6]

Az elosztóhálózati üzemeltetők feladata, hogy nemzetközi szinten elfogadható színvonalú, hatékonyságú energia elosztást és szolgáltatást teremtsenek meg az energiaszektorban résztvevő egyéb szereplőkkel együttműködve.

Az üzemcsarnok a létesítési helyszíne alapján az OPUS TITÁSZ elosztóhálózati üzemeltető hatásköréhez tartozik.

2.1 Villamos elosztóhálózatok kialakítása

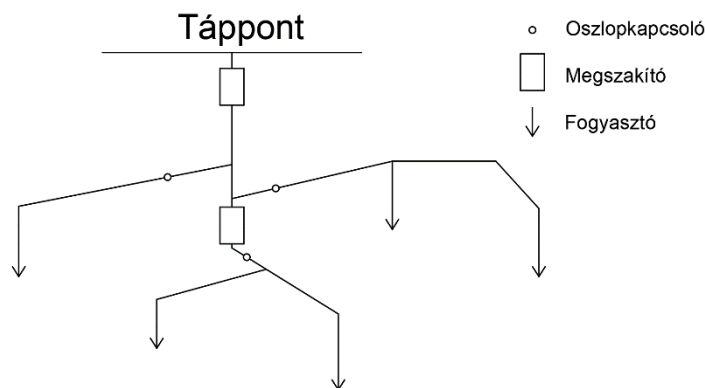
Hazánkban különböző kialakítású elosztóhálózati típusok terjedtek el:

- Sugaras alakzat
- Gyűrűs vagy ívelt alakzat
- Körvezetékes alakzat
- Hurkolt alakzat
- Párhuzamos alakzat

Az említett hálózati típusok mindegyike az üzembiztosság, illetve a kialakítási költségek alapján térnek el egymástól. Létesítéskor a projekthez mérten mérlegelnünk kell, hogy melyik elosztóhálózati típus kialakítása lesz a legmegfelelőbb.

2.1.1 Sugaras alakzat

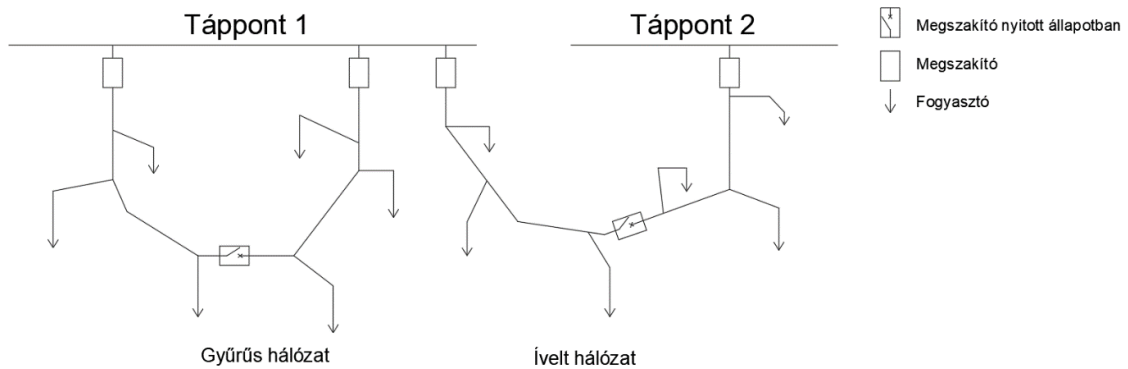
A sugaras hálózati típus leginkább a kisfeszültségű, 0,4 kV-os hálózaton használatos, a leágazások megtáplálásai oszloptranzformátorokból, betonházas transzformátorokból indulnak ki. Annak ellenére, hogy megvalósítási költsége a többi típushoz mérten alacsony üzembiztosság szempontjából ez tekinthető a legrosszabb kialakításnak, ugyanis hiba, karbantartás esetén a fogyasztónak nincs tartalék megtáplálása, a meghibásodott rész és az utána lévő hálózatrészek is a hálózatról teljes mértékben leválnak mindaddig, amíg az üzemzavar elhárításra nem kerül. Szintén hátrányos tulajdonságnak mondható, hogy a tápponttól egyre távolabb haladva a feszültségesés növekedni kezd, melynek következtében a fogyasztók a névleges feszültségszint tartománytól eltérő feszültséget kapnak, a nagymértékű változás a berendezések nem rendeltetésszerű használatát eredményezhetik. [7]



5.ábra: Sugaras kialakítású elosztóhálózat

2.1.2 Gyűrűs vagy ívelt alakzat

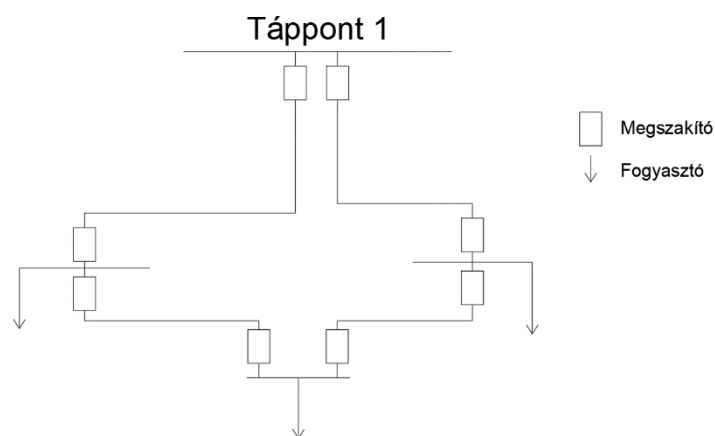
A feszültségszint emelkedési problémára egyfajta megoldási lehetőség az egymáshoz közel lévő sugaras hálózatok végpontjainak összekötése, amennyiben a táppont azonos, gyűrűs hálózati rendszert, ha két különböző táppontú sugaras hálózatot kötünk össze íves hálózati rendszert hozunk létre. A hálózatba egy vezetékív bontó kapcsoló van beépítve, amely alapállapotban nyitott állású, hiba esetén a kapcsoló zár, így a meghibásodott szakaszt leválasztja a hálózatról. [7]



6.ábra: Gyűrűs-, ívelt kialakítású elosztóhálózat

2.1.3 Körvezetékes alakzat

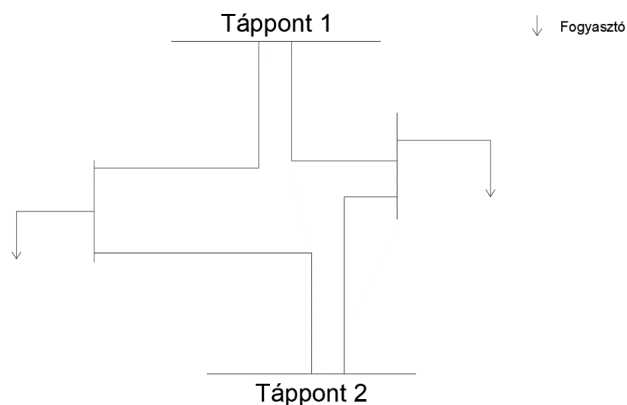
A körvezetékes rendszert többnyire városokban használják a táppontból kiinduló zárt vezeték hálózat érinti a fogyasztókat, majd a táppontba tér vissza, a fogyasztói csatlakozás két védelmi kapcsolóval van ellátva, egy szakaszon bekövetkezett meghibásodás esetén a többi fogyasztó ellátását a hiba nem befolyásolja. Amennyiben egyszerre, egyidejűleg két zárlat lép fel a hálózatban, a két zárlat által határolt fogyasztó kiesik az energiaellátásból. [7]



7.ábra: Körvezetékes kialakítású elosztóhálózat

2.1.4 Hurkolt alakzat

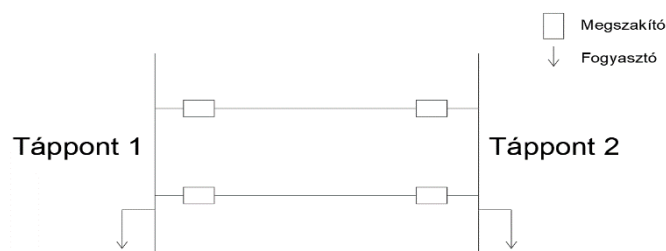
A legüzembiztosabb kialakítás a hurkolt hálózati kialakítás nagy teljesítmény sűrűségű helyeken, városi közép feszültségű hálózatokon, ipartelepeken alkalmazzák, ilyen típusú az elosztó hálózat, az alaphálózat is. A fogyasztó több különböző betáplálási pontból kap energiát, több vezetékhiba, vagy betáplálás kiesés esetén is üzembiztos a működés. Hátránya, hogy létesítési költsége ennek a típusnak a legjelentősebb, több védelmi rendszer telepítése szükséges, viszont a legnagyobb megbízhatósága ennek a hálózati topológiának van. A feszültségesés mértéke ennél a típusnál a legkisebb, mert egyidejűleg több irányból jut el az energia a fogyasztóhoz. [7]



8.ábra: Hurkolt kialakítású elosztóhálózat

2.1.5 Párhuzamos alakzat

Ezt a hálózati kialakítást nagy üzembiztonságú fogyasztók, fontosabb csomópontok összekötése esetén használják, minden feszültségszinten előfordul a használata, létesítési költsége magas. [7]



9.ábra: Párhuzamos kialakítású elosztóhálózat

3. BERUHÁZÓI KÖRNYEZET ISMERTETÉSE

Az üzem rendeltetése alapján az ipari épület, raktár (gyár, műhely, szerelőüzem, csarnok, vágóhíd, sörfőzde, siló) kategóriába sorolható a 312/2012. (XI. 8.) Kormányrendelet 3. melléklete szerint. [8]

A beruházó egy építésszerűleg már megvalósított üzemcsarnok tulajdonában áll. Az építési telek belterületen a város ipari park peremén található a 471-es számú út közvetlen közelében, az újonnan kialakított Park utcában, melyet az Ipari útról tudunk megközelíteni. Az ipari park fejlődése szembetűnő, azonban annak elhelyezkedése megfelelően távol lett kialakítva a környező lakóépületektől, így mérsékelve az esetleges zavaró hatásokat. Az építési telek környezetében megfelelően kialakított infrastruktúra található, új, aszfaltozott úttal, közvilágítással és teljes közműellátottsággal.



10. ábra: Ipari üzem látványterv

A beruházó a teljes építészeti tervdokumentációt a szakági tervezők részére bocsátotta. A tervrajzok a tervezés során fontos szerepet játszanak, hiszen ezen rajzok alapján lehet az épületben tájékozódni, a legpontosabban elkészíteni a szakági tervdokumentációkat, költségvetést, illetve számos egyéb számítás elvégzését teszi lehetővé az épület távolságainak, szakaszainak, magasságainak ismerete.

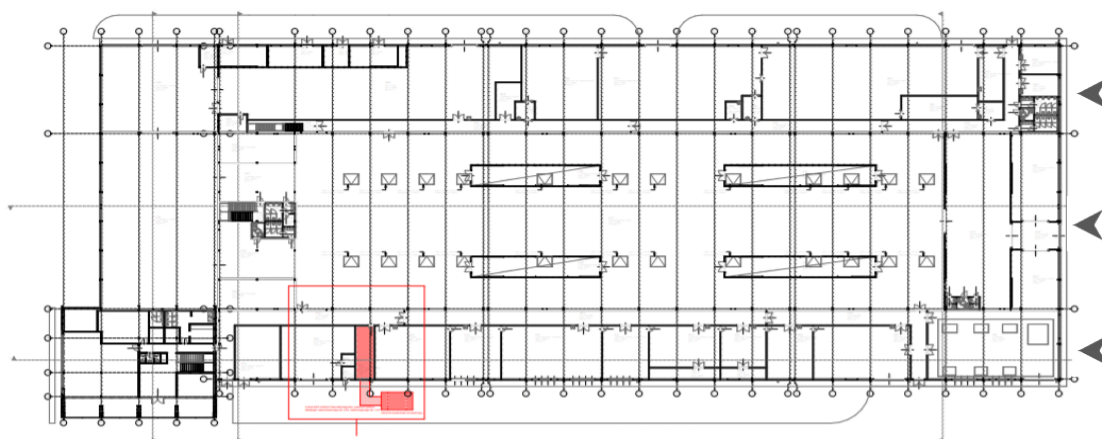
3.1 Létesítmény ismertetése

Az épület vázszerkezete acélból készült, az acélváz borítása szendvicspanelekkal történt. A telket a déli oldal felől szilárd burkolatú út határolja, melyre a terv szerint két ponton készül közútsatlakozás. Az egyik csatlakozási pont a személy gépjárművek parkolásának forgalmát szolgálja ki, míg a másik főképp a teherforgalom lebonyolítására lesz kiépítve.



11. ábra: Ipari üzem helyszínrajza

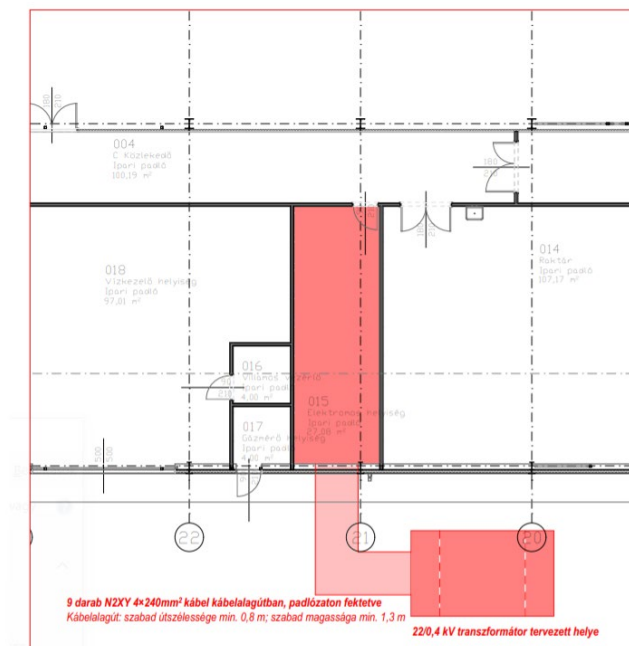
Az üzemcsarnok alaprajz szerint három részre osztható, felső, középső, alsó hajó, melyek mindegyike más funkciót foglal magába. Az üzemben egészségügyi segédeszközöket fognak gyártani, a fenti részben fecskendő hüvelyek gyártása, a középső részben gumikesztyű, az alsó részben tű, orvosi szike gyártása fog történni.



12. ábra: Ipari üzem építész alaprajz

Az említett sorrend szerint a déli hidegalakító üzemszobában orvosi fém segédeszközök gyártása történik majd, a tervlapokon látható alaprajzi elrendezés abszolút illeszkedik a technológiához, a helyiségek mérete és sorrendje a technológus tervezőkkel közreműködve lett kialakítva. Az említett hidegalakító funkciók mellett, itt kerültek kialakításra az épületet ellátó gépészeti helyiségek egy része is, mely az elektromos helyiségből, vízkezelőből és kompresszor gépházból áll. A középső fő hajóban helyezkedik el a kesztyűgyártó üzemszoba és az ezt kiszolgáló helyiségek. A keleti oldalról indulva az üzemet kiszolgáló raktárak találhatók, melyekből a manipulációs térbe, majd a kesztyűgyártó üzemszobába jutunk. A manipulációs térben leválasztásra került egy kisebb vizesblokk, mely kiszolgálja a közelben dolgozók szükségleteit. A kesztyűgyártó üzemszoba egy nagy egybefüggő helyiség. A kesztyűgyártó üzemszoba nyugati oldalán található egy nagyobb vizesblokk, illetve a gyártási folyamatot ellenőrző laborok. A középső hajó lezárásaként egy készáru raktár készül, ezzel teljessé válik a technológiai folyamat. A készáru raktárból a kitárolás nem közvetlenül történik, hanem az északi hajóban található másik készáru raktáron keresztül.

Az épület villamosenergia-ellátását biztosító transzformátor az épület déli részén található zöld sávon kap helyet, innen lesz megtáplálva kábel alagúton keresztül az épület elektromos helyiségében elhelyezett főelosztó berendezés.



13. ábra: Transzformátor elhelyezése helyszínrajz részlet

4. VILLAMOS BETÁPLÁLÁS MEGTERVEZÉSE

4.1 Berendezések teljesítmény igénye

A villamos hálózat létesítésének első lépéseként elsődleges feladatunk az, hogy meghatározzuk az épület teljesítmény igényének a nagyságát. Ahhoz, hogy a lekötött teljesítmény nagysága meghatározható legyen ismernünk kell az üzemcsarnokba elhelyezett fogyasztók műszaki paramétereit.

Az adatokat, táblázatos formába foglalva ismertetem.

Berendezés megnevezése/darabszám	Berendezés hatásos teljesítménye	Teljesítménytényező ($\cos \varphi$)
Gyártó gépsor / 4 db	$P_{\text{gyg}} = 15 \text{ kW}$	0,85
Gyártó sor kompresszor / 4 db	$P_{\text{gyk}} = 22 \text{ kW}$	0,85
Szárítógép / 12 db	$P_{\text{szg}} = 42 \text{ kW}$	0,7
Alapanyag keverő tartály / 12 db	$P_{\text{ak}} = 1,5 \text{ kW}$	0,85
Fröccsöntő gép / 1 db	$P_{112\text{fr}} = 112 \text{ kW}$	0,85
Fröccsöntő gép / 3 db	$P_{64\text{fr}} = 64 \text{ kW}$	0,7
Fröccsöntő gép / 2 db	$P_{39\text{fr}} = 39 \text{ kW}$	0,7
Összeszerelő gépsor / 3 db	$P_{4\text{ög}} = 4 \text{ kW}$	0,7
Csomagoló gép / 2 db	$P_{\text{csg}} = 12 \text{ kW}$	0,85
Összeszerelő gépsor / 1 db	$P_{22\text{ög}} = 22 \text{ kW}$	0,85
Légkezelő / 2 db	$P_{\text{lk}} = 216 \text{ kW}$	0,7

1. táblázat: Berendezések teljesítmény igénye

A gépészet tervezését szakági tervező végzi, ebben az esetben a feladatom tervezési szempontból, hogy az általa meghatározott teljesítmény igénnyel kalkuláljak.

A gépészeti berendezések részére az épületen belül külön alelosztó kerül elhelyezésre, melynek teljesítmény igénye $P_{ge} = 490 \text{ kW}$ teljesítménytényezője $\cos \varphi = 0,85$, hasonlóképpen az üzemcsarnok világításának a megáplálása is egy világítási alelosztóból történik, amely további $P_{ve} = 60 \text{ kW}$ -ot jelent $\cos \varphi = 0,95$ teljesítménytényező mellett.

4.2 Lekötött teljesítmény meghatározása

A továbbiakban számításokkal részletezem a meddő és hatásos teljesítmények nagyságát. Ezen adatok meghatározása elengedhetetlenül fontos, ugyanis a továbbiakban a méretezések ezen fognak alapulni, illetve a betápláló transzformátor kiválasztása is a kapott eredmények ismeretében határozható meg.

Meddő, látszólagos teljesítmény kiszámítása az alábbi képlettel történik:

$$Q_i = P_i \cdot \tan \varphi_i \quad S_{eredő} = \sqrt{P_{összes}^2 + Q_{összes}^2},$$

ahol $P_{összes} = \sum_{i=1}^n P_i$ és $Q_{összes} = \sum_{i=1}^n Q_i$.

Gyártó gépsor meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{gyg} = P_{gyg} \cdot \tan \varphi_{gyg} = 15 \text{ kW} \cdot \tan 31,79^\circ = 9,29 \text{ kVAr}$$

$$Q_{ögyg} = Q_{gyg} \cdot 4 = 9,29 \text{ kVAr} \cdot 4 = 37,16 \text{ kVAr}$$

$$P_{ögyg} = P_{gyg} \cdot 4 = 15 \text{ kW} \cdot 4 = 60 \text{ kW}$$

Gyártó sor kompresszor meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{gyk} = P_{gyk} \cdot \tan \varphi_{gyk} = 22 \text{ kW} \cdot \tan 31,79^\circ = 13,63 \text{ kVAr}$$

$$Q_{ögyk} = Q_{gyk} \cdot 4 = 13,63 \text{ kVAr} \cdot 4 = 54,52 \text{ kVAr}$$

$$P_{ögyk} = P_{gyk} \cdot 4 = 22 \text{ kW} \cdot 4 = 88 \text{ kW}$$

Szárítógép meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{szg} = P_{szg} \cdot \tan \varphi_{szg} = 42 \text{ kW} \cdot \tan 45,57^\circ = 42,84 \text{ kVAr}$$

$$Q_{öszg} = Q_{szg} \cdot 12 = 42,84 \text{ kVAr} \cdot 12 = 514,08 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{öszg}} = P_{\text{szg}} \cdot 12 = 42 \text{ kW} \cdot 12 = 504 \text{ kW}$$

Alapanyag keverő tartály meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{ak} = P_{ak} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ak} = 1,5 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 31,79^\circ = 0,93 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{öak}} = Q_{ak} \cdot 12 = 0,93 \text{ kVAr} \cdot 12 = 11,16 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{öak}} = P_{ak} \cdot 12 = 1,5 \text{ kW} \cdot 12 = 18 \text{ kW}$$

112 kW-os fröccsöntő gép meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{112fr} = P_{112fr} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{112fr} = 112 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 31,79^\circ = 69,41 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{ö112fr}} = Q_{112fr} \cdot 1 = 69,41 \text{ kW} \cdot 1 = 69,41 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{ö112fr}} = P_{112fr} \cdot 1 = 112 \text{ kW} \cdot 1 = 112 \text{ kW}$$

64 kW-os fröccsöntő gép meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{64fr} = P_{64fr} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{64fr} = 64 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 45,57^\circ = 65,28 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{ö64fr}} = Q_{64fr} \cdot 3 = 65,28 \text{ kVAr} \cdot 3 = 195,84 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{ö64fr}} = P_{64fr} \cdot 3 = 64 \text{ kW} \cdot 3 = 192 \text{ kW}$$

39 kW-os fröccsöntő gép meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{39fr} = P_{39fr} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{39fr} = 39 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 45,57^\circ = 39,78 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{ö39fr}} = Q_{39fr} \cdot 2 = 39,78 \text{ kVAr} \cdot 2 = 79,56 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{ö39fr}} = P_{39fr} \cdot 2 = 39 \text{ kW} \cdot 2 = 78 \text{ kW}$$

Összeszerelő gépsor meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{4ög} = P_{4ög} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{4ög} = 4 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 45,57^\circ = 4,08 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{ö4ög}} = Q_{4ög} \cdot 3 = 4,08 \text{ kVAr} \cdot 3 = 12,24 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{ö4ög}} = P_{4ög} \cdot 3 = 4 \text{ kW} \cdot 3 = 12 \text{ kW}$$

Csomagoló gép meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{csg} = P_{csg} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{csg} = 12 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 31,79^\circ = 7,43 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{öcsg}} = Q_{csg} \cdot 2 = 7,43 \text{ kVAr} \cdot 2 = 14,86 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{öcs}g} = P_{fcs} \cdot 2 = 12 \text{ kW} \cdot 2 = 24 \text{ kW}$$

Összeszerelő gépsor meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{22\text{ög}} = P_{22\text{ög}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{tö}} = 22 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 31,79^\circ = 13,63 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{ö}22\text{ög}} = Q_{22\text{ög}} \cdot 1 = 13,63 \text{ kVAr} \cdot 1 = 13,63 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{ö}22\text{ög}} = P_{22\text{ög}} \cdot 1 = 22 \text{ kW} \cdot 1 = 22 \text{ kW}$$

Légkezelő meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{lk} = P_{lk} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{lk} = 216 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 45,57^\circ = 220,3 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{ö}lk} = Q_{lk} \cdot 2 = 220,3 \text{ kVAr} \cdot 2 = 440,6 \text{ kVAr}$$

$$P_{\text{ö}lk} = P_{lk} \cdot 2 = 216 \text{ kW} \cdot 2 = 432 \text{ kW}$$

Gépészeti elosztó meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{ge} = P_{ge} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ge} = 490 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 31,79^\circ = 303,69 \text{ kVAr}$$

$$P_{ge} = 490 \text{ kW}$$

Világítási elosztó meddő, hatásos teljesítménye:

$$Q_{ve} = P_{ve} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ve} = 60 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} 18,19^\circ = 19,71 \text{ kVAr}$$

$$P_{ve} = 60 \text{ kW}$$

A technológiai folyamatok miatt a berendezések, a gépészeti elosztó teljesítménye $e=0,75$ egyidejűségi tényezővel vehetőek figyelembe, a világításnál ez az érték $e=1$.

Az MSZ 447:2009 alapján: „Az egyidejűségi tényező az a valószínűségű szám, amely megadja, hogy két vagy több fogyasztási hely eredő terhelése, a legnagyobb terhelések időbeni eltolódása következtében - azok számtani összegénél mennyiszer kisebb.” [9]

Gépészeti elosztó összes meddő, hatásos teljesítménye az egyidejűségi tényezőt figyelembe véve:

$$Q_{\text{összes gépészet}} = e \cdot Q_{ge} = 0,75 \cdot 37,18 \text{ kVAr} = \mathbf{303,69 \text{ kVAr}}$$

$$P_{\text{összes gépészet}} = e \cdot P_{ge} = 0,75 \cdot 490 \text{ kW} = \mathbf{367,5 \text{ kW}}$$

Világítási elosztó összes meddő, hatásos teljesítménye az egyidejűségi tényezőt figyelembe véve:

$$Q_{\text{összes világítás}} = e \cdot Q_{ve} = 1 \cdot 16,1 \text{ kVAr} = \mathbf{19,71 \text{ kVAr}}$$

$$P_{\text{összes világítás}} = e \cdot P_{ve} = 1 \cdot 60 \text{ kW} = \mathbf{60 \text{ kW}}$$

Berendezések összes meddő, hatásos teljesítménye az egyidejűségi tényezőt figyelembe véve:

$$\begin{aligned} Q_{\text{összesb}} &= e \cdot (Q_{\text{ögyg}} + Q_{\text{ögyk}} + Q_{\text{öszg}} + Q_{\text{öak}} + Q_{\text{ö112fr}} + Q_{\text{ö64fr}} + Q_{\text{ö39fr}} + Q_{\text{ö4ög}} \\ &\quad + Q_{\text{öcs g}} + Q_{\text{ö22ög}} + Q_{\text{ölk}}) \\ &= 0,75 \\ &\quad \cdot (37,16 \text{ kVAr} + 54,52 \text{ kVAr} + 514,08 \text{ kVAr} + 11,16 \text{ kVAr} \\ &\quad + 69,41 \text{ kVAr} + 195,84 \text{ kVAr} + 79,56 \text{ kVAr} + 12,24 \text{ kVAr} \\ &\quad + 14,86 \text{ kVAr} + 13,63 \text{ kVAr} + 440,6 \text{ kVAr}) = \mathbf{1082,295 \text{ kVAr}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{összesb}} &= e \cdot (P_{\text{ögyg}} + P_{\text{ögyk}} + P_{\text{öszg}} + P_{\text{öak}} + P_{\text{ö112fr}} + P_{\text{ö64fr}} + P_{\text{ö39fr}} + P_{\text{ö4ög}} \\ &\quad + P_{\text{öcs g}} + P_{\text{ö22ög}} + P_{\text{ölk}}) \\ &= 0,75 \\ &\quad \cdot (60 \text{ kW} + 88 \text{ kW} + 504 \text{ kW} + 18 \text{ kW} + 112 \text{ kW} + 192 \text{ kW} \\ &\quad + 78 \text{ kW} + 12 \text{ kW} + 24 \text{ kW} + 22 \text{ kW} + 432 \text{ kW}) = \mathbf{1156,5 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Az üzemcsarnok teljes egyidejű meddő teljesítménye:

$$\begin{aligned} Q_{\text{összes}} &= Q_{\text{összesb}} + Q_{\text{összes gépészet}} + Q_{\text{összes világítás}} \\ &= 1082,295 \text{ kVAr} + 303,69 \text{ kVAr} + 19,71 \text{ kVAr} \\ &= \mathbf{1405,695 \text{ kVAr}} \end{aligned}$$

Az üzemcsarnok teljes egyidejű hatásos teljesítménye:

$$\begin{aligned} P_{\text{összes}} &= P_{\text{összesb}} + P_{\text{összes gépészet}} + P_{\text{összes világítás}} \\ &= 1156,5 \text{ kW} + 367,5 \text{ kW} + 60 \text{ kW} = \mathbf{1584 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Eredő látszólagos teljesítmény meghatározása:

$$S_{\text{eredő}} = \sqrt{P_{\text{összes}}^2 + Q_{\text{összes}}^2} = \sqrt{1584 \text{ kW}^2 + 1405,695 \text{ kVAr}^2} = \mathbf{2117,78 \text{ kVA}}$$

Előzetes felmérés alapján megállapítható, hogy a berendezések névleges beépített összteljesítménye 1584 kW.

A beruházó a jövőben tervezi egy 150 kVA-es elektromos autótöltő berendezés telepítését, így ezt is számításba vettem a betápláló transzformátor kiválasztása során.

A rendszer bővíthetősége, miatt az igényelt csatlakozási teljesítmény 2000 kVA.

4.3 Kommunális hálózatra csatlakozás

Beruházói környezet bemutatása, és lekötött teljesítményszámítás után igénybejelentő beküldésre került sor a területileg illetékes elosztóhálózati engedélyes (DSO) felé, aki hálózatszámítással megállapította, hogy az igényelt teljesítmény a 22 kV-os vonalról szolgálható ki. Az üzembiztosság és kritikus infrastrukturális mivolta miatt az üzem kétoldali betáplálással lesz ellátva. A hálózatszámítás során így két alállomási leágazás hálózatvizsgálata történt. Az átkapcsolóautomatika telekhatáron, az építési területen kívül kerül elhelyezésre. Innen a villamosenergia-átvitel egy NA2XSY 1×95RM/16mm² 12/20 kV típusú földkábel segítségével történik.

A helyszínrajzot az 1. számú melléklet tartalmazza.

4.4 Alállomási cella

A villamosenergia-ellátást biztosító alállomás egy külterületen elhelyezkedő 132/22 kV-os tipizált kisállomás, annak kivitelezése E.ON Hungária csoport típusterve alapján történt.

A tipizált kisállomás sémarajzát a 2. számú melléklet tartalmazza.

4.5 Betápláló transzformátor

A lekötött teljesítmény fedezésére egy, a beruházó tulajdonában lévő 2500 kVA névleges teljesítményű SIEMENS GEAFOL neo háromfázisú műgyanta tokozású száraz transzformátor kerül elhelyezésre egy Betonbau UK2548H2700 előregyártott monolit vasbeton szerkezetű, külső kezelőterű betonházba.



14. ábra: Siemens Geafol neo száraztranszformátor

Betonházas transzformátor jellemzői, előnyei:

- Monolit vasbeton szerkezetből harangöntési technológiával készült
- Nagy mechanikai szilárdság jellemzi
- A nyílászárók rozsdamentesek
- Az állomáson belül tűzihorganyzott szerelvények, szerkezetek találhatóak
- A betontest (ház) helyszíni összeépítést nem igényel
- Egyszerűen, könnyen telepíthető
- Beton alapozásra nincsen szükség
- Vész esetén ventilátoros kényszerhűtéssel rendelkezik

Megnevezés	Egység	Érték
Gyártó		Betonbau s.r.o.
Típus		UK2548H2700
1. Névleges feszültség	kV	max.24
2. Az alállomás földelő áramköreinek névleges termikus határárama termikus időhatára dinamikus időhatára	kA S kA _{cs}	14 1 2,5×I _{th}
3. A működtető és segédáramkörök névleges tápfeszültsége	V	max. 250
4. A működtető és segédáramkörök névleges frekvenciája	Hz	50
5. Az alállomás névleges legnagyobb teljesítménye	kVA	2500
6. A tokozás névleges osztályba sorolása	K	20
7. Az állomás névleges íves zárlati határárama/időhatára	kA/s	16 kA / 1s
8. Az alállomás védettsége		IP 33D
9. Az alállomás befoglaló méretei (H×Sz×M/TM)	mm	4780×2500×2855/1875
10. Az alállomás fedőszíne (alaptest/tető)		RAL9010 / RAL7032 törtfehér / középszürke

2. táblázat: Betonházas transzformátor fő jellemzői



15. ábra: Betonházas transzformátor állomás

4.6 Kábelek méretezése

A kábelek méretezésének megkezdése előtt fontos meghatároznunk az alkalmazott kábeltípusokat, mint tudjuk a kábelek keresztmetszete és terhelhetősége változó. A kiválasztás során figyelembe kell vennünk, az alkalmazási területet, a kábel felépítését, illetve a vezető erek maximális hőmérsékletét, a gazdaságosságot.

4.6.1 Földkábelek méretezése

A földkábelek terhelhetőségre történő méretezésére szolgál az MSZ 13207:2020-as szabvány. A kábel névleges keresztmetszetének megválasztásához szükség van a kábel várható névleges terhelésére, ismerni kell a talajnak hővezető képességét, továbbá az adott kábelárókba, amelybe fektetni kívánjuk a kábelt fog-e más kábel is vele együtt nyomvonal szerűen haladni.

A gazdaságosságot, mint szempontot figyelembe véve alumínium vezetővel rendelkező kábelre esett a választás. Az áramszolgáltató által is előszeretettel használt kábel típusa NA2XS(F)2Y, amely térhálós polietilén érszigeteléssel, rézhuzal árnyékolással, vízzáró gumiréteggel és polietilén külső burkolattal rendelkező kábel. A kábelek névleges terhelhetősége gyártói adat, amelyet a szabvány is tartalmaz.



Technikai adatok

Minimum hajlítási sugár
15 x külső átmérő

Névleges feszültség
6/10 kV - 18/30 kV

Vezető felépítése
Durván sodrott alumíniumvezető

Környezeti hőmérséklet
-5 °C és + 70 °C
Megengedett hőmérséklet a vezetőn: + 90 °C
Megengedett rövidzárlati hőmérséklet: + 250 °C

Érszínezés

Engedélyek
VDE 0276-620

Próbafeszültség
6/10 kV: 15 kV
12/20 kV: 30 kV
18/30 kV: 45 kV

Szigetelés fajlagos ellenállás

16. ábra: NA2XS(F)2Y földkábel technikai adatok

Mint ismert, a kábel 0,7 méteres mélységben fog elhelyezkedni, ahol a legmelegebb hónapokban sem melegszik fel Magyarországon a talaj hőmérséklete 20 °C-nál melegebbre. Ez alól kivételt képeznek a szilárd burkolattal borított területek pl. parkolók, utak, ahol a nap melegítő hatása a korábban említett mélységben képes megemelni a talajhőmérsékletet 25°C-ra is. [10]

A következő adat, amely kiemelten fontos a kábel terhelhetőségre történő méretezésénél maga a kábel terhelési tényezője, amely nagyban befolyásolja a számítás során alkalmazandó csökkentő tényezők értékét. A terhelési tényező az átlagos és a legnagyobb terhelés hányadosa. Mivel a kábel egy gyártócsarnokot fog ellátni, így azt 1-re választjuk.

A harmadik szempont a korábban már említett talaj hővezető képessége vagy fajlagos hőellenállása. A talaj hővezető képességét elsősorban a talaj sűrűsége és nedvességtartalma határozza meg. Ezt különböző tényezők (csapadékmennyiség, talajhőmérséklet, talajvíz szintje, a talaj felsőlefedettsége) jelentősen befolyásolják. Fontos, hogy az egymás környezetében futó párhuzamos kábeleket figyelembe kell venni, mivel azok veszteségi hője kiszárítja a talajt. Említést kell még tenni a kábelárókban kötelezően kialakítandó homokágyról. A szabvány a homokágyat a legrosszabb hővezető képességgel rendelkező talajtípushoz sorolja, így számítás során ez a mérvadó.

A méretezéshez szükséges képlet a következő:

$$I_t = I_a \times f_1 \times f_2 \times (0,85) \quad [10]$$

Ahol:

f_1 : f_1 csökkentő tényező a kábelszigetelés függvényében változik, amelyet befolyásol a terhelési tényező, a talaj hővezető képessége és annak hőmérséklete. [10]

f_2 : f_2 csökkentő tényező a kábelszigetelés és kábelárókban történő elrendezési mód függvényében változik, amelyet befolyásol a terhelési tényező, a talaj hővezető képessége és az egy kábelárókba fektetett párhuzamos kábelrendszerek száma. [10]

Harmadikként léphet fel egy 0,85-ös szorzó abban az esetben, ha a kábelt védőcsőben kell fektetni és a védőcső hossza meghaladja az 1 métert. Az érték nem függ a védőcső anyagától.

Méretezés terhelhetőségre:

A névleges terhelő áram $S_n = 2,5$ MVA terhelés esetén:

$$I_n = \frac{S_n}{(\sqrt{3} \times U_n)} = \frac{2,5 \text{ MVA}}{(\sqrt{3} \times 22 \text{ kV})} = 0,0656 \text{ kA} = 65,6 \text{ A}$$

Csökkentő tényezők meghatározása:

 f_1 tényezőt befolyásoló adatok:

Kábelszigetelés típusa: XLPE

Talajhőmérséklet: 20°C

Terhelési tényező: 1

Talaj hővezető képessége $2,5 \text{ K}\times\text{m}/\text{W}$

Ebből f_1 érték kiolvasható: $f_1 = 0,81$

 f_2 tényezőt befolyásoló adatok:

Kábelszigetelés típusa: XLPE

Kábelek elrendezése: egysíkban, kábelek közötti távolság: 0,07 méter

Kábelrendszerek száma: 1

Terhelési tényező: 1

Talaj hővezető képessége $2,5 \text{ K}\times\text{m}/\text{W}$

Ebből f_2 érték kiolvasható: $f_2 = 0,85$

Mivel a 22 kV-os kábel keresztezni fogja a gyártócsarnok körüli szervízutat, így ott a kábelt mechanikai védelemmel kell ellátni, ezért védőcsőben vezetve kell megoldani a keresztezést. Mivel a védőcsőnek a járműforgalomra fenttartott résztől mindkét irányban 0,5-0,5 méterben túl kell nyúlni, így alkalmazni kell a 0,85-ös csökkentő tényezőt.

A terhelhetőségre történő méretező egyenletet úgy kell átalakítani, hogy a kábel alapterhelhetősége biztosan nagyobb legyen, mint a névleges terhelő áram és a csökkentő tényezők hányadosa.

$$I_a > \frac{I_n}{f_1 \times f_2 \times 0,85} \quad [10]$$

Behelyettesítve:

$$I_a > \frac{65,6}{0,81 \times 0,85 \times 0,85} = 112,1 \text{ A}$$

Tehát olyan kábelre van szükség, amelynek alapterhelhetősége nagyobb, mint 112 A. A szabványban mellékelte táblázat alapján a legkisebb feltüntetett keresztmetszetű 95/16 mm²-es alumínium kábel alapterhelhetősége egysíkú elrendezés esetén 282 A. Ez alapján megállapítható, hogy 3×1×NA2XS(F)2Y 95/16 mm² kábelekkel, egysíkú elrendezésben biztosítható az ellátás.

4.6.2 Főelosztót ellátó földkábelek méretezése

A főelosztót ellátó földkábelek terhelhetőségre történő méretezése ismételt az MSZ 13207:2020-as szabvány alapján történik. A kábelek a betápláló transzformátortól indulva kábelalagúton keresztül érkeznek meg a főelosztó berendezéshez. A kábelalagút alkalmazására a hely szűkössége, illetve a már megvalósult építészeti miatt van szükség.

4.6.3 Kábelalagút létjogosultsága

Mielőtt bármi előítéletet fogalmaznánk meg a kábelalagút mellett vagy szemben, tisztában kell lenni néhány alapvető dologgal, amely jelentősen befolyásolja az ellátási problémára adható javaslatok létjogosultságát.

Mikor megoldást kellett keresni alapvetően két fő problémát kellett szem előtt tartani.

- A villamos helyiség alapvetően 27 m² alapterületű, továbbá annak csakis rövidebb falához, amely 3 m tudnak a kábelek megérkezni. Ez alapvetően maximalizálja azt a szélességet, amellyel egy kábelárok rendelkezhet. Nem szabad figyelmen kívül hagyni azt sem, hogy a helytakarékosság miatt alkalmazott többes kábelek az elosztó szekrényhez érve szét kell fejtetni, amelynek helyigényét figyelembe kell venni.
- A gyártócsarnok azon fal szakaszán, ahol a kábelek is belépnek az épületbe más közművek (gáz, víz, bentől pedig szennyvíz) haladnak. Ezek védőtávolságával számolni kell, közművek mozgatása nem, vagy csak nagy többletköltség mellett lenne megoldható.

Vezetés közvetlenül földben MSZ 13207:2020 szerint

Földben való kábelvezetés esetén elsősorban ismét az MSZ 13207:2020-as szabványt kell alkalmazni. Mivel az XLPE szemben a PVC-vel nagyobb hőmérsékletet képes elviselni, így az XLPE szigetelésű kábelek alapterhelhetősége is nagyobb. Itthoni forgalomban kettő keresztmetszet érhető el többberű kábelek esetén, amely rendre 240 mm^2 és 300 mm^2 . Alapterhelhetőségüket a szabvány szerint a következő táblázat tartalmazza.

Kábeltípus	Alapterhelhetőség
N2XY $4 \times 240 \text{ mm}^2$	517 A
N2XY $4 \times 300 \text{ mm}^2$	585 A

3. táblázat: N2XY $4 \times 240 \text{ mm}^2$ és N2XY $4 \times 300 \text{ mm}^2$ kábelek alapterhelhetőségei

A táblázatban szereplő értékeket ezt követően a talaj adottságai és a kábelrendszerek száma szerint redukálni kell.

Az f_1 tényező értéke (**0,81**) korábban meghatározásra került, így az azzal történő redukálás utáni értéket a következő táblázat tartalmazza.

Kábeltípus	f_1 által csökkentett értékek
N2XY $4 \times 240 \text{ mm}^2$	418 A
N2XY $4 \times 300 \text{ mm}^2$	473,85 A

4. táblázat: N2XY $4 \times 240 \text{ mm}^2$ és N2XY $4 \times 300 \text{ mm}^2$ kábelek alapterhelhetőségei f_1 csökkentő tényezőt figyelembe véve

A fenti értékekből belátható, hogy mindkét kábel esetén legalább 9 db párhuzamosan kötött kábelre lenne szükség, hogy a 2,5 MVA teljesítmény igényt kiszolgáljuk. A szabványban 8, illetve 10 db párhuzamos kábelhez találunk értéket. Mivel több, mint 8 de kevesebb, mint 10 kábelről van szó, a biztonságot szem előtt tartva a 10 db kábelre vonatkozó értéket alkalmazzuk. Ez esetben 10 db XLPE szigetelésű többberű kábel, egymástól 0,07 m távolságban történő fektetések az f_2 tényező számbeli értéke **0,44**! Ezt követően a tovább redukált értékeket a következő táblázat tartalmazza.

Kábeltípus	f ₁ és f ₂ által csökkentett értékek
N2XY 4×240 mm ²	183,92 A
N2XY 4×300 mm ²	210,7 A

5. táblázat: N2XY 4×240 mm² és N2XY 4×300 mm² kábelek alapterhelhetőségei f₁ és f₂ csökkentő tényezőket figyelembe véve

A maximálisan átvihető áramerősség 10 db kábel esetén következőképpen alakul:

Kábeltípus	Maximális terhelhetőség
N2XY 4×240 mm ²	1839,2 A
N2XY 4×300 mm ²	2107 A

6. táblázat: N2XY 4×240 mm² és N2XY 4×300 mm² kábelek maximális terhelhetősége 10 db kábel esetén

Ha értékelni akarjuk a fentebb kapott eredményeket, akkor belátható, hogy egyik kábellel sem biztosítható 2,5 MVA teljesítmény átvitele közvetlenül földben történő fektetés esetén.

Vizsgáljuk meg mekkora alapterhelhetőségű kábelre lenne szükség 10 kábel esetén, ha ragaszkodunk a közvetlenül földre történő fektetéshez.

A névleges terhelő áram $S_n = 2,5$ MVA terhelés esetén:

$$I_n = \frac{S_n}{(\sqrt{3} \times U_n)} = \frac{2,5 \text{ MVA}}{(\sqrt{3} \times 0,4 \text{ kV})} = 3,609 \text{ kA} = 3609 \text{ A}$$

Az egy kábelre jutó áramérték 10 db párhuzamos kábel esetén:

$$I_k = \frac{I_n}{10} = \frac{3609 \text{ A}}{10} = 360,9 \text{ A}$$

Alapterhelhetőség visszakeresése:

$$I_a > \frac{360,9 \text{ A}}{0,81 \times 0,44} = 1012,63 \text{ A}$$

Tehát csakis olyan kábellel lehet az ellátást biztosítani, amelynek az alapterhelhetősége nagyobb, mint 1012,63 A. A szabvány többi kábelekre maximum 500 mm²-ig határoz meg számszerű értéket, az 500 mm² kábel alapterhelhetősége pedig 758 A. Tehát az ellátás 500 mm²-es kábelekkel sem lenne biztosítható.

Vezetés közvetlenül földben MSZ HD 60364-5-52:2010 szerint

Az MSZ 13207:2020 mellett az MSZ HD 60364-5-52:2010-es szabvány szolgáltat terhelhetőségre történő méretezéshez segítséget. Mivel a mindkét szabvány érvényben van ugyanarra a témakörre, így ellentmondás nem lehet köztük. A 60364-es szabvány egyfajta bővítményként szolgál ebben a problémában, mivel egészen 20 db párhuzamosan fektetett kábelig megadja a csökkentő tényezőket azzal a kivétellel, hogy ebben a szabványban a kábelek közötti távolság is figyelembe van véve. A szabványban maximum 300 mm²-ig kerültek megadva az alapterhelhetőségi értékek úgy, hogy 1 terhelési tényezővel, 1 db kábelrendszerre és a legrosszabb 2,5 K×m/W talaj paraméterrel. Elhelyezési módból a D2-es típus vonatkozik közvetlen földre fektetésre.

Az szabvány megadott alapterhelhetőségi értékek a következők:

Kábeltípus	Alapterhelhetőség
N2XY 4×240 mm²	375 A
N2XY 4×300 mm²	419 A

7. táblázat: MSZ HD 60364-5-52: 2010-szerint a kábelek alapterhelhetőségei [11]

A csökkentő tényezők 12, 16, és 20 db kábelre vannak megadva 0,125 m, 0,25 m, és 0,5 m kábeltávolság esetén:

Kábelek száma:	0,125 m	0,25 m	0,5 m
12	0,51	0,59	0,71
16	0,47	0,56	0,68
20	0,44	0,53	0,66

8. táblázat: Csökkentő tényezők [11]

Egy kábel terhelhetősége a következőképpen alakul:

	Kábelek száma:	0,125 m	0,25 m	0,5 m
N2XY 4×240 mm²	12	191,25 A	221,25 A	266,25 A
	16	176,25 A	210 A	255 A
	20	165 A	198,75 A	247,5 A
N2XY 4×300 mm²	12	213,69 A	247,21 A	297,49 A
	16	196,93 A	234,64 A	284,92 A
	20	184,36 A	222,07 A	276,54 A

9. táblázat: Kábelek terhelhetőségének alakulása csökkentő tényezők figyelembevételével

A maximálisan átvihető áramérték (zölddel bejelölve, amelyek megfelelnek):

	Kábelek száma:	0,125 m	0,25 m	0,5 m
N2XY 4×240 mm ²	12	2295 A	2655 A	3195 A
	16	2820 A	3360 A	4080 A
	20	3300 A	3975 A	4950 A
N2XY 4×300 mm ²	12	2564A	2966 A	3569A
	16	3150 A	3754 A	4558 A
	20	3687 A	4441 A	5530 A

10. táblázat: Maximálisan átvihető értékek (piros-nem megfelelő; zöld-megfelelő)

A kábelárok szélességét a következő képen határozzuk meg:

$$D = K \times d + (K - 1) \times l + 2 \times t \text{ [m]} \text{ [10]}$$

Ahol:

K – kábelek száma;

d – kábel külső átmérője [m];

l – kábelek közötti távolság [m];

t – árok falától való távolság, MSZ 13207:2020 szabvány szerint $t = 0,1 \text{ m}$;

A kábelárok szélessége (az árok falától mindkét oldaltól 0,1-0,1 m eltartással):

	Kábelek száma:	0,125 m	0,25 m	0,5 m
N2XY 4×240 mm ² d=63 mm	12	2,33 m	3,71 m	6,46 m
	16	3,09 m	4,96 m	8,71 m
	20	3,84 m	6,21 m	10,96 m
N2XY 4×300 mm ² d=68,5 mm	12	2,4 m	3,77 m	6,53 m
	16	3,12 m	5,05 m	8,8 m
	20	3,95 m	6,32 m	11,07 m

11. táblázat

A fenti táblázatokból kiolvasható, hogy legalább 16 kábelre biztosan szükség lenne, bármelyik keresztmetszetet is választjuk. A gazdaságossági szempontot figyelembe véve azonban elvetendő, mivel egyrészt egyik esetben sem lenne kisebb a kábelárok, mint a villamos helyiség fal hossza, továbbá figyelembe kell még venni, hogy ezeket a kábeleket a transzformátorháztól behozva egyszer meg kell hajlítani, ami komoly helyigénnyel rendelkezne. Fontos említést tenni arról, hogy az adott falszakaszon más közművek bevezetése is ellehetetlenülne a széles kábelárok miatt.

Másrészt a műtárgy esetén kiválasztott kábelmennyiségnél közel kétszer annyi kábelre van szükség, amely a réz árából kiindulva jelentősen drágítaná az ellátás kialakítását. Az épületbe való bevezetés is igen bonyolult lenne, mivel a kábelek szétfejtése után 64 egyerű kábelt kellene az elosztószekrényben lévő főmegszakító sínrendszerére csatlakoztatni.

A fentebb kifejtett okokból kifolyólag kábelalagútban történik az elhelyezés, a kábel körül levegő van nem föld, így a szabványban lévő 19. táblázatban meghatározott több kábelrendszer levegőre történő elhelyezése esetére, padozatra történő fektetéshez tartozó 0,84 csökkentő tényezőt alkalmazom, mivel egymás mellett 9 darab kábel lesz elhelyezve, a kábelek között d távolság lesz tartva.

Az f_4 átszámítási tényező több kábelrendszer levegőben történő elhelyezése esetére¹⁾
Háromerű kábelek és egyerű egyenáramú kábelek

A kábelek elhelyezése		Kábelek távolsága = d (d a kábel átmérője) Távolság a faltól ≥ 2 cm				
Az egymás melletti kábelek száma		1	2	3	6	9
Padozaton fekvő kábelek		0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
Akadályozott hőleadás (Tálcán elhelyezett kábelek)	A tálcák száma					
	1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
	2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80
	3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78
Akadálytalan hőleadás (Perforált tálcán, kábeltrán elhelyezett kábelek)	A perforált tálcák száma					
	1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92
	2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89
	3	1,00	0,94	0,92	0,89	0,88
Az egymás fölötti kábelek száma	A tálcák száma					
	1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92
	2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89
	3	1,00	0,94	0,92	0,89	0,88
Falon, vagy tartószerkezeten elhelyezett kábelek		1,00	0,93	0,90	0,87	0,86
A terhelhetőséget nem csökkentő elrendezések ¹⁾		Tetszőlegesen sok kábel helyezhető el egymás fölött				

12. táblázat: MSZ 13207:2020 szabvány 19. táblázat [10]

A transzformátor névleges teljesítménye már ismert, illetve a számítási feszültség szint is, így meghatározható, a transzformátor névleges árama.

Transzformátor adatai	
Számítási feszültség szint [kV]	0,4 kV
Névleges teljesítmény [kVA]	2500 kVA
Drop [%]	6 %

13. táblázat: Transzformátor adatai

A transzformátor névleges árama:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{sz}} = \frac{2500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} = 3609 \text{ A}$$

Mivel 9 darab kábelben keresztül történik a villamosenergia szállítása, így ez az áramerősség megoszlik, egy kábelben a transzformátor névleges áramának kilenced része fog folyni.

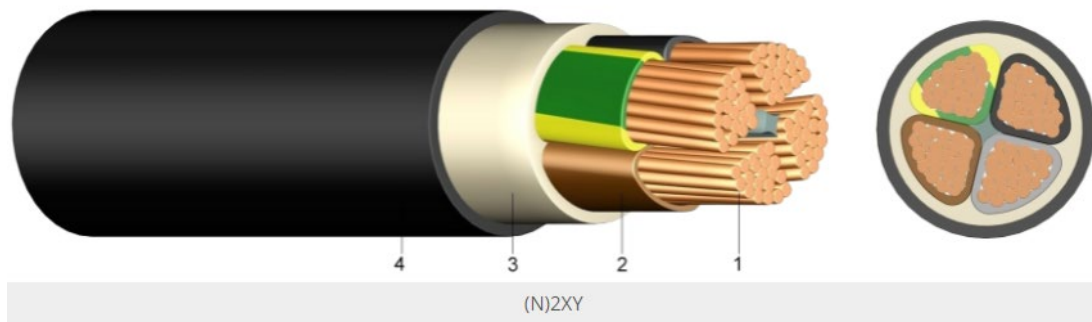
Egy kábel áramterhelhetőségének meghatározása:

$$I_k = \frac{I_n}{9} = \frac{3609 \text{ A}}{9} = 401 \text{ A}$$

A szabvány alapján meghatározott csökkentő tényezőt figyelembe kell vennünk, így egy kábel áramterhelhetősége:

$$I_{kcs} = \frac{401 \text{ A}}{0,84} = 477,38 \text{ A.}$$

A választott kábel áramterhelhetőségének tehát nagyobbak kell lenni, mint 477,38 A. A választott kábel polietilén szigetelésű, N2XY 4 × 240 mm² - es kábelre esett a választás, melynek terhelhetősége 564 A.



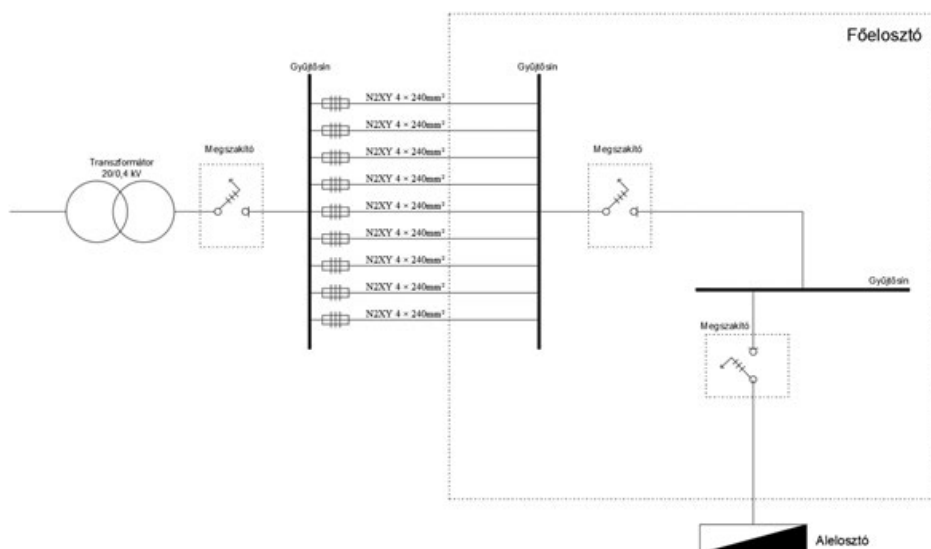
Felépítése:

- 1 rézvezető, csupasz, tömör (RE) vagy sodrott (RM/SM)
- 2 térhálós polietilén érszigetelés
- 3 PVC - kitöltőköpeny vagy bandázsolás
- 4 Külső köpeny PVC, fekete (UV álló)

17. ábra: N2XY kábel felépítése [12]

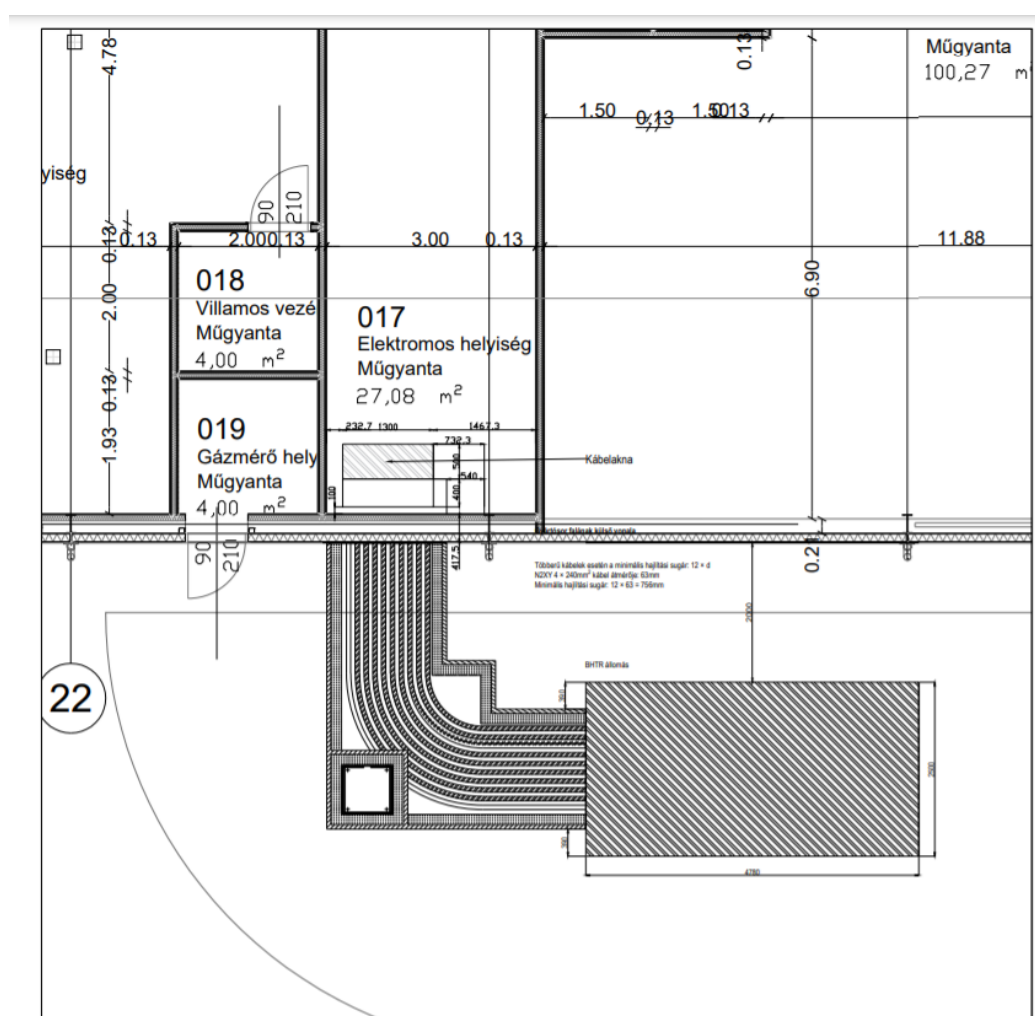
4.7 Főelosztó energia ellátása

A főelosztót a beruházó saját tulajdonában álló 2500 kVA névleges teljesítményű háromfázisú műgyanta szigetelésű betonházas transzformátorházban elhelyezett transzformátora látja el villamos energiával. A transzformátor energiaellátása a közelben húzódó 20 kV-os közcélú szabadvezetéki hálózatról leágazva földkábelben keresztül történik.

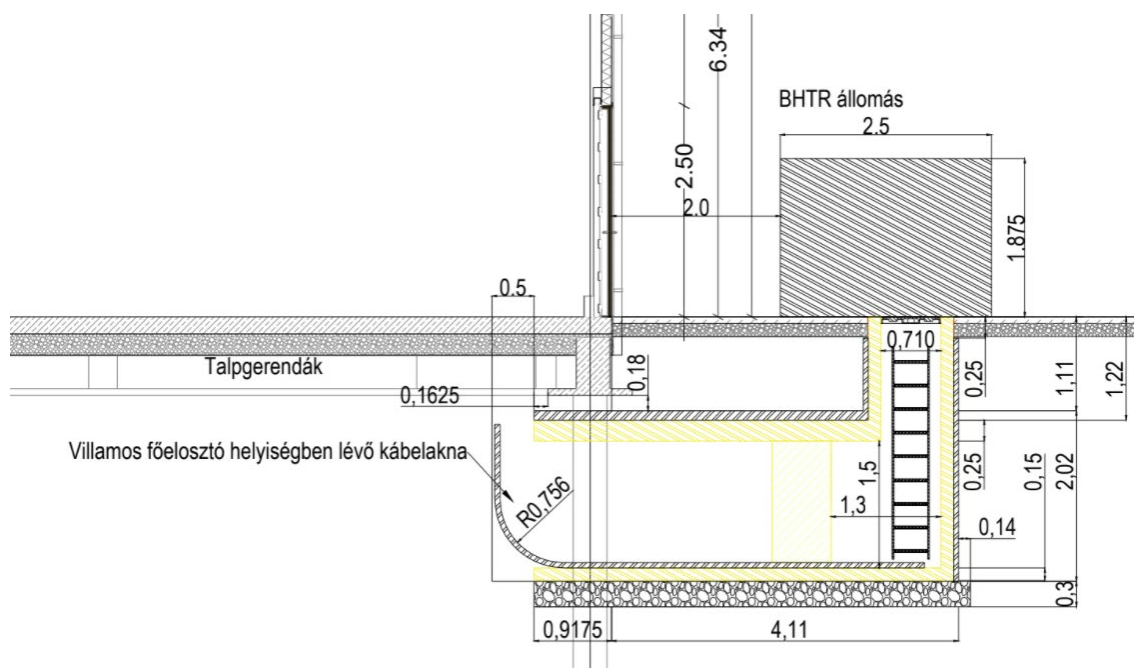


18. ábra: Elvi kapcsolási rajz főelosztó

A transzformátortól tehát a főelosztó felé kábelalagúton keresztül 9 db N2XY 4×240 mm² típusú földkábelrel történik az energia szállítása. A 22 kV-os szabadvezetékes és földkábeles hálózat IT rendszerű. Az épület villamos ellátását biztosító 0,4 kV-os hálózat TN-C rendszerű, a PEN vezető szétválasztása a főelosztóban történik védővezetőre (PE) és nullavezetőre (N), újbóli közösítése nem megengedett. Az épület installációs rendszere TN-C-S rendszerű.



19. ábra: Főelosztót ellátó kábelek bevezetése az épületbe felülnézet helyszínrajz részlet



20. ábra: Főelosztót ellátó kábelek bevezetése az épületbe oldalnézet helyszínrajz részlet

Az általam választott főelosztó gyártója a Schneider Electric, a szekrény típusát a Prisma G sorozatból választottam ki.

A főelosztó egyvonalas, előnézeti rajzát a 3. számú melléklet tartalmazza.

A főelosztó egyvonalas rajza a Schneider Electric EcoStruxure Power Build Rapsody-szoftverével készült, az 5.3-as pontban meghatározottak alapján.

4.8 EcoStruxure Power Build Rapsody szoftver

Az EcoStruxure Power Build Rapsody a Schneider Electric által forgalmazott szoftver, amely lehetővé teszi a kapcsoló szekrények összeállítását. A gyártó berendezéseiből kiválaszthatjuk a beépíteni kívánt, a tervezés során meghatározott megfelelő paraméterezésű berendezéseket. Kiválaszthatjuk a szekrény típusát, tetszőleges elrendezést alakíthatunk ki, majd lehetőségünk van az egyvonalas rajz, homloknézeti kép, anyagjegyzék pdf fájl formátumú kimentésére.

4.9 Alelosztók energia ellátása

A gyártócsarnok berendezéseinek energiaellátása az üzemben elhelyezett 5 db alelosztóból fog történni. A már ismertetett berendezések elhelyezkedésükhöz mérten lettek csoportosítva a hozzájuk legközelebben elhelyezkedő alelosztó egységhez.

Az alelosztók egyidejű teljesítményét, főelosztótól lévő távolságukat a jól áttekinthetőség miatt táblázatos formában foglaltam össze.

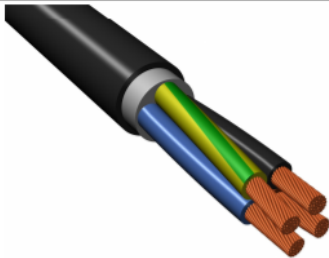
Alelosztó azonosító	Egyidejű teljesítmény [kW]	Főelosztótól lévő távolság [m]
A1	489 kW	19 m
A2	309 kW	35 m
A3	367,5 kW	154 m
A4	385,5 kW	167 m
A5	60 kW	85 m

14. táblázat: Alelosztók teljesítmény felvétele, főelosztótól lévő távolságuk

Mivel a technológiai csarnok vázszerkezete acélból, borítása szendvicspanelből készült, illetve a padlózat már előre lebetonozott, műgyantával borított állapotban van, nem lehetséges süllyesztett szerelési mód alkalmazása, falon kívüli szereléssel lesz megoldva a kábelek vezetése, ezért az alelosztók megtáplálásához szükséges kábelek kábellétrán vezetve, az acélszerkezethez rögzítve érkeznek meg az alelosztók fogadó egységeikbe.

Az alelosztókat ellátó kábelek NY-Y-J típusú, erőátviteli kábelek, PVC szigeteléssel, réz vezetőréssel.

NYY-J



Típus: PVC szigetelésű kábel réz vezetővel
Szabvány: MSZ 146-6, HD 603 3. rész, DIN VDE 0276
Felépítése: tömör, vagy sodrott, tömörített merev rézvezetők | PVC érszigetelés | extrudált, vagy tekercselt szalag övréteg | fekete színű PVC köpeny
Alkalmazása: Belső térben és a szabadban, kábelcsatornában, rögzített elhelyezéssel falon és fémszerkezeteken, vagy közvetlenül a földbe fektetve. Főleg közcélú elosztóhálózatokban, erőművekben, ipari üzemekben és kapcsoló-berendezésekben, ha a felhasználás során a kábel mechanikai sérüléseknek nincs kitéve.

További információk:

Környezeti hőmérséklet	rögzített elhelyezésnél, tárolásnál -30 °C-tól +70 °C-ig mozgatásnál, fektetésnél -5 °C-tól +50 °C-ig.
A vezetőér megengedett max. hőmérséklete	+70 °C
Névleges feszültség	0,6/1 kV
Vizsgálófeszültség	4 kV
A vezetőér ellenállása	MSZ HD 383 S2 , II. táblázat szerint
Lángállóság	IEC 332-1
Minimális hajlítási sugár	12 X külső átmérő

21. ábra: NYY-J kábel műszaki adatok [13]

Keresztmetszet		Terhelhetőség levegőben	Terhelhetőség földben	Hajlítási sugár	Külső átmérő	Maximális húzóerő	Rézsúly	Tájékoztató tömeg
4x1,5	RE	19	27	146,4	12,2	300	58	220
4x2,5	RE	25	36	158,4	13,2	500	96	290
4x4	RE	34	47	183,6	15,3	800	154	400
4x6	RE	43	59	195,6	16,3	1200	230	510
4x10	RE	59	79	219,6	18,3	2000	384	720
4x16	RE/RM	79	103	256,8	21,4	3200	614	1050
4x25	RM	106	133	306	25,5	5000	960	1600
4x35	SM	129	159	332,4	27,7	7000	1344	1750
4x50	SMv	157	188	357,6	29,8	10000	1920	2300
4x70	SMv	199	232	405,6	33,8	14000	2688	3100
4x95	SMv	246	280	466,8	38,9	19000	3648	4200
4x120	SMv	285	318	504	42	24000	4608	5200
4x150	SMv	326	359	564	47	30000	5760	6400
4x185	SMv	374	406	624	52	37000	7104	8050
4x240	SMv	445	473	696	58	48000	9216	11000

15. táblázat: 4 vezetékes NYY-J kábelek terhelhetőségei [13]

Alelosztókat ellátó kábelek méretezése:

A kábelek számított keresztmetszete a következőképpen határozható meg: [14]

$$A_{sz} = \frac{\rho}{e'} * \sum_{i=1}^n (I * l_{0-i})$$

Ahol:

e' - a mértékadó feszültségesés

ρ - a kábel fajlagos ellenállása

I - a szakaszáram

l - az adott szakasz hozza

Mivel a kábelek vezető ereinek anyaga réz, így a réz fajlagos ellenállásával számolok a számított keresztmetszetek meghatározásakor.

A réz fajlagos ellenállása:

$$\rho_{Cu} = \frac{1}{56} \frac{\Omega mm^2}{m}$$

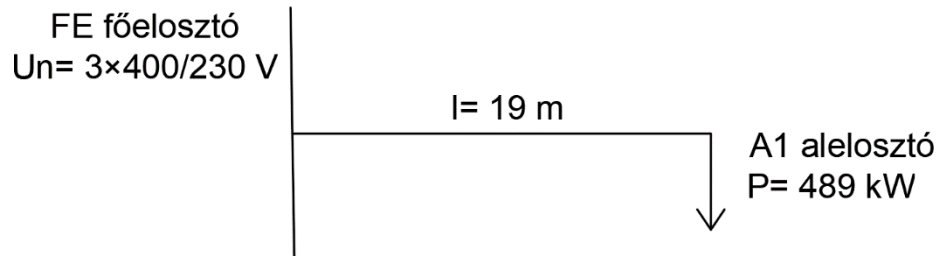
Az alelosztókat ellátó kábelek mindegyike 4 vezető kábel, a mértékadó feszültségesést a következő képlettel határoztam meg:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{Un}{\sqrt{3}} \cdot 0,75$$

A százalékos feszültségesés értékét $\varepsilon = 3\%$ -nak tekintem.

A méretezés során a feszültségesésre számított keresztmetszet mellett a kábelek áramterhelhetőségét is figyelembe vettem a 15. táblázat alapján. Az áramterhelhetőséget levegőben veszem figyelembe, ugyanis a kábelek kábeltálcán a levegőben kerülnek vezetésre.

4.9.1 A1-es alelosztót ellátó kábel méretezése



22. ábra: A1 alelosztó sémarajz

$$\varepsilon = 3\%$$

Névleges áramterhelhetőség meghatározása:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{489 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 705 \text{ A}$$

Mértékadó feszültségesés számítása:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = \frac{3}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = 5,19 \text{ V}$$

A számított keresztmetszet:

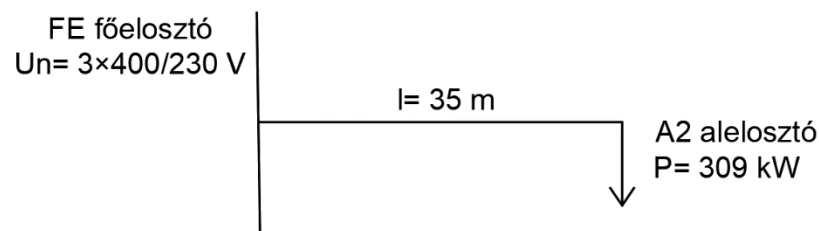
$$A_{sz} = \frac{\rho}{e'} \cdot \sum_{i=1}^n (I \cdot l_{0-i}) = \frac{1}{5,19} \cdot (705 \cdot 19) = 46,08 \text{ mm}^2$$

A feszültségesésre számított keresztmetszet a táblázatból visszakeresve NY-Y-J 4×50 mm²-es kábelt kellene alkalmaznom, viszont ennek a kábelnek az áramterhelhetősége 157 A levegőben, így megállapítható, hogy ez a kábel nem felel meg a feszültség esésre történő méretezésre. Megállapítható, hogy a megadott teljesítményt 2 db párhuzamosan vezetett kábel tudja kiszolgálni. Ebben az esetben az MSZ 13207:2020 szabvány szerint csökkentő tényezőt kell használnunk, amit perforált kábeltálcán vezetés esetén 0,93-ra határoznak meg, ugyanis a kábeltálcán több kábel fog párhuzamosan egymás mellett futni.

$$I_k = \frac{I_n}{0,93} = \frac{705 \text{ A}}{0,93} = 758,06 \text{ A}$$

Ezért az A1-es alelosztó energiaellátását 1 db $4 \times 240 \text{ mm}^2$ -es kábel és 1 db $4 \times 150 \text{ mm}^2$ -es kábel egymás mellett párhuzamosan vezetve végzi el.

4.9.2 A2-es alelosztót ellátó kábel méretezése



23. ábra: A2 alelosztó sémarajz

$$\varepsilon = 3\%$$

Névleges áramterhelhetőség meghatározása:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{309 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 446,1 \text{ A}$$

Mértékadó feszültségesés számítása:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = \frac{3}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = 5,19 \text{ V}$$

A számított keresztmetszet:

$$A_{sz} = \frac{\rho}{e'} \cdot \sum_{i=1}^n (I \cdot l_{0-i}) = \frac{1}{5,19} \cdot (446,1 \cdot 35) = 53,72 \text{ mm}^2$$

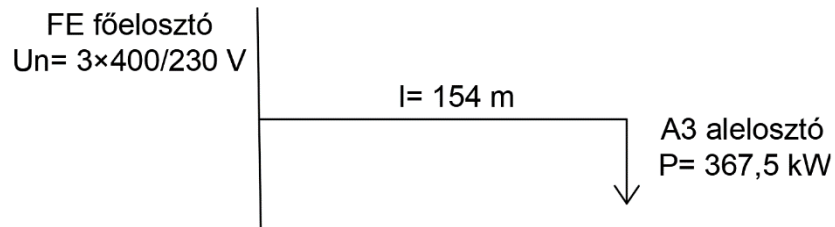
Az áramterhelhetőségre szolgáló táblázatból ismét belátható, hogy a feszültség esésre történő méretezés nem elegendő, ugyanis ez alapján választott kábel NY-Y-J $4 \times 70 \text{ mm}^2$ lenne, melynek terhelhetősége 199 A levegőben.

A már meghatározott csökkentő tényezőt alkalmazva:

$$I_k = \frac{I_n}{0,93} = \frac{446,1 \text{ A}}{0,93} = 479,56 \text{ A}$$

Az A2-es elosztót ellátására $2 \parallel 4 \times 95 \text{ mm}^2$ -es NY-Y-J kábelt választok.

4.9.3 A3-as alelosztót ellátó kábel méretezése



24. ábra: A3 alelosztó sémarajz

$$\varepsilon = 3\%$$

Névleges áramterhelhetőség meghatározása:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{367,5 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 530,45 \text{ A}$$

Mértékadó feszültségesés számítása:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = \frac{3}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = 5,19 \text{ V}$$

A számított keresztmetszet:

$$A_{sz} = \frac{\rho}{e'} \cdot \sum_{i=1}^n (I \cdot l_{0-i}) = \frac{1}{5,19} \cdot (530,45 \cdot 154) = 281,06 \text{ mm}^2$$

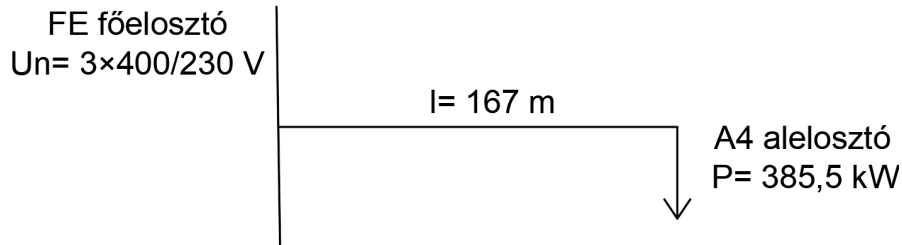
A 4 erű NYY-J kábelek maximális keresztmetszet $4 \times 240 \text{ mm}^2$, így már a feszültség esésre történő méretezésből is jól látható, hogy minimum két darab kábel alkalmazására lesz szükségünk.

Csökkentő tényezőt figyelembe véve:

$$I_k = \frac{I_n}{0,93} = \frac{530,45 \text{ A}}{0,93} = 570,37 \text{ A}$$

Az áramterhelhetőséget is figyelembe véve az alkalmazott kábel típusa NYY-J 2|| $4 \times 150 \text{ mm}^2$.

4.9.4 A4-es alelosztót ellátó kábel méretezése



25. ábra: A4 alelosztó sémarajz

$$\varepsilon = 3\%$$

Névleges áramterhelhetőség meghatározása:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{385,5 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 556,42 \text{ A}$$

Mértékadó feszültségesés számítása:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = \frac{3}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = 5,19 \text{ V}$$

A számított keresztmetszet:

$$A_{sz} = \frac{\rho}{e'} \cdot \sum_{i=1}^n (I \cdot l_{0-i}) = \frac{1}{5,19} \cdot (556,42 \cdot 167) = 319,71 \text{ mm}^2$$

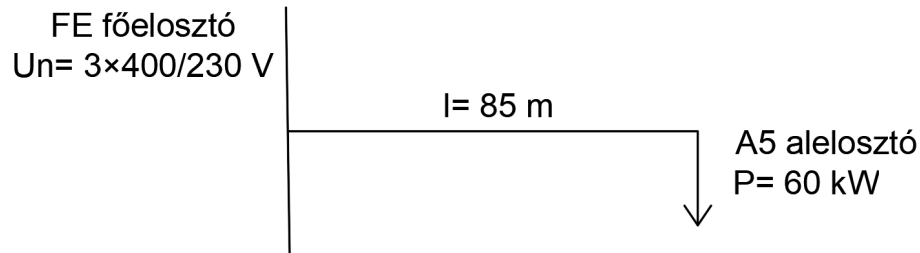
Az A3-as elosztóhoz hasonlóan már itt is megfigyelhető a feszültség esésre történő méretezés elvégzése után, hogy több kábellel valósítható meg a meghatározott teljesítmény átvitele.

A kábeltálcán történő vezetéshez meghatározott csökkentő tényezőt alkalmazva:

$$I_k = \frac{I_n}{0,93} = \frac{556,42 \text{ A}}{0,93} = 598,3 \text{ A}$$

A választott kábelek típusa NY-Y-J 2||4x150 mm².

4.9.5 A5-ös alelosztót ellátó kábel méretezése



26. ábra: A5 alelosztó sémarajz

$$\varepsilon = 3\%$$

Névleges áramterhelhetőség meghatározása:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{60 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 86,61 \text{ A}$$

Mértékadó feszültség esés számítása:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = \frac{3}{100} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot 0,75 = 5,19 \text{ V}$$

A számított keresztmetszet:

$$A_{sz} = \frac{\rho}{e'} \cdot \sum_{i=1}^n (I \cdot l_{0-i}) = \frac{1}{5,19} \cdot (86,61 \cdot 85) = 25,32 \text{ mm}^2$$

A feszültség méretezés alapján meghatározott kábel típusa NY Y-J 4×35 mm²-es kábel, melynek terhelhetősége a táblázatból kiolvasva 129 A. Áram terhelhetőség alapján figyelembe véve a csökkentő tényezőt:

$$I_k = \frac{I_n}{0,93} = \frac{86,61 \text{ A}}{0,93} = 93,129 \text{ A}$$

A csökkentő tényezőt figyelembe véve megállapítható, hogy a NY Y-J 4×35 mm²-es kábel megfelelő az A5-ös alelosztó villamosenergia-ellátására.

5. VILLAMOS BERENDEZÉSEK, KÉSZÜLÉKEK KIVÁLASZTÁSA

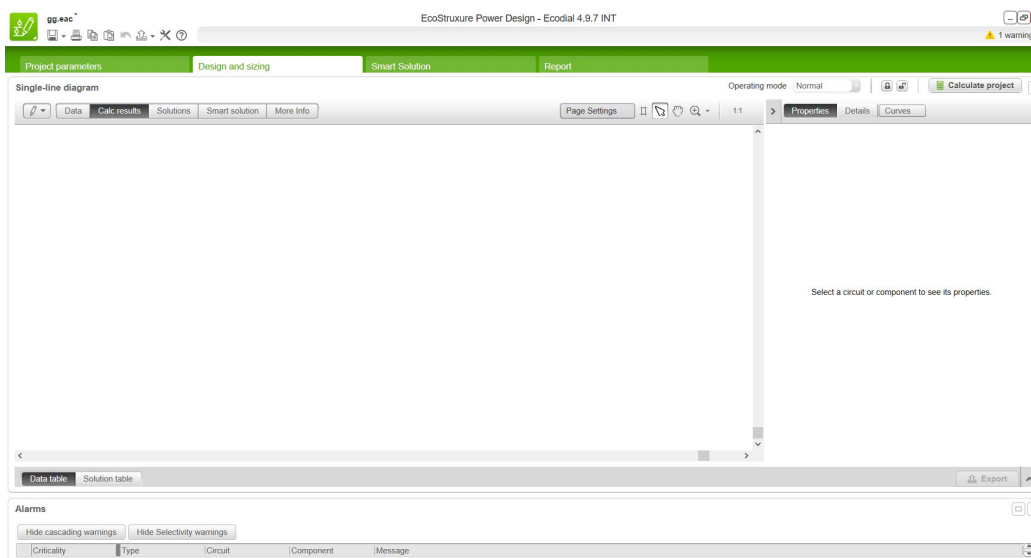
5.1 Kapcsolókészülékek zárlati szilárdsága

A kapcsolókészülékek zárlati szilárdsága helyett általában a zárlati megszakítóképesség elnevezést használjuk. A zárlati megszakítóképesség a berendezéseken átfolyó zárlati áram azon legnagyobb értéke, amelyet a berendezés károsodás nélkül képes elviselni.

A berendezéseket az Ecodial Advanced Calculation szoftver segítségével választottam ki.

5.2 Ecodial Advanced Calculation szoftver ismertetése

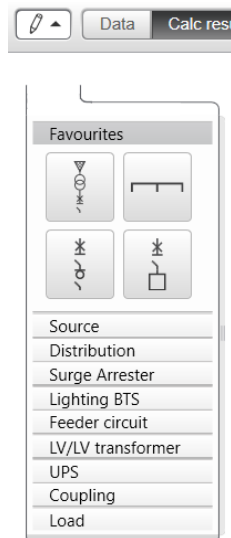
A szoftver a Schneider Electric honlapjáról tölthető le, az Ecodial Advanced Calculation a cég saját fejlesztésű kis- és közép feszültségű rendszerek modellezésére létrehozott fejlesztése. Gyors és hatékony tervezést tesz lehetővé, ezzel megkönnyítve a tervezés munkafolyamatát. A paraméterezést követően a szoftver automatikusan elvégzi a számításokat, méretezéseket, meghatározza a szükséges kábel keresztmetszeteket, kimutatja a mértékadó zárlati szilárdság nagyságát, illetve ehhez mérten kiválasztja a szükséges védelmi berendezéseket.



27. ábra: Ecodial kezelő felülete

5.3 Hálózati elemek paraméterezése

A kezelőfelületen a ceruza ikonra kattintva, legördül egy menüsor, amelyekben megtalálhatóak a hálózati elemek, itt kiválasztva a kívánt berendezést beállíthatjuk a hozzá tartozó paramétereket.



28. ábra: Ecodial menüsor

- Transzformátor paraméterezése



MV/LV transformer TA 0	
Technology	Resin ▼
Type of losses	AoAk ▼ ?
Primary connection	D ▼
Secondary connection	yn ▼
UrT2 (V)	400 ▼
Type of system earthing	TN-C ▼ ?

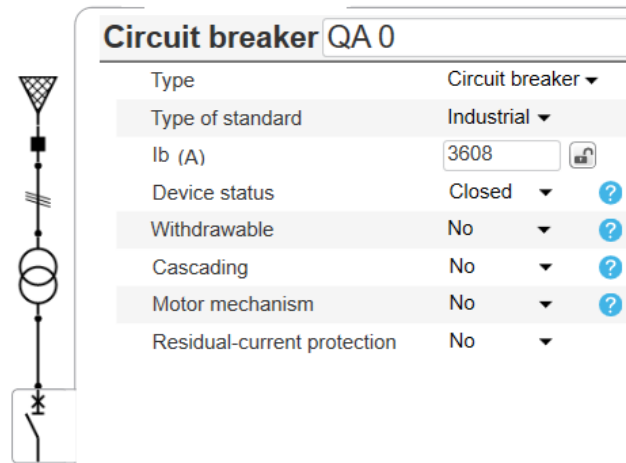
Solution

Range	Trihal
SrT (kVA)	2500 ▼ 🔒
UkrT (%)	6
PkrT (kW)	19
UrT20 (V)	420
UiT0 (kV)	24
Ir (A)	3608

29. ábra: Transzformátor paraméterezése

Kiválasztottam a KÖF/KIF transzformátort, beállítottam a szigetelését, a földelési rendszer típusát, illetve a már ismertetett teljesítményét. A program automatikusan kitöltötte a többi paramétert, amelyek már számítással is meg lettek határozva.

- Védelmi készülék paraméterezése

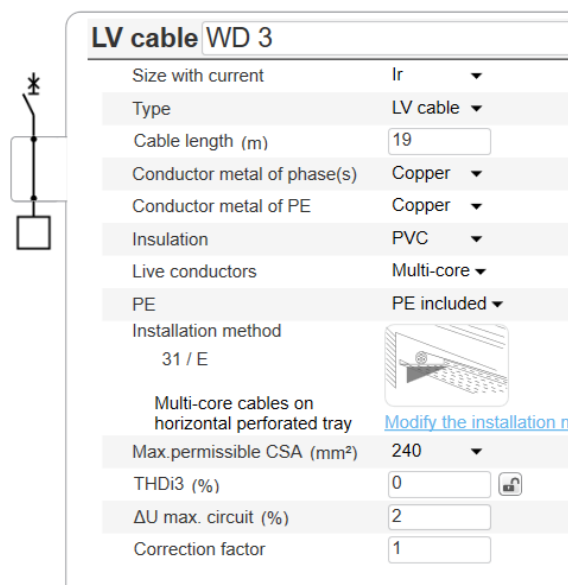


Circuit breaker QA 0	
Type	Circuit breaker ▼
Type of standard	Industrial ▼
Ib (A)	3608
Device status	Closed ▼
Withdrawable	No ▼
Cascading	No ▼
Motor mechanism	No ▼
Residual-current protection	No ▼

30. ábra: Védelmi készülék paraméterezése

Kiválasztottam a berendezés típusát, a program a transzformátorhoz mérten beállította a többi paramétert.

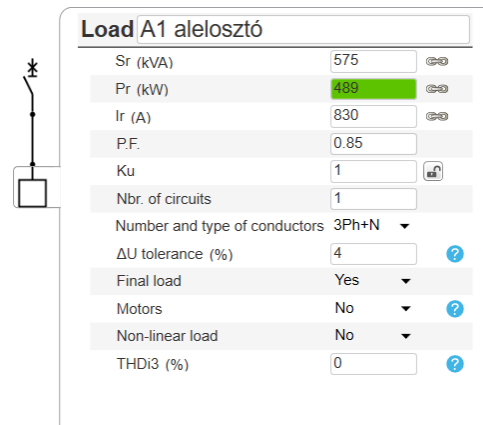
- Alelosztók paraméterezése



LV cable WD 3	
Size with current	I _r ▼
Type	LV cable ▼
Cable length (m)	19
Conductor metal of phase(s)	Copper ▼
Conductor metal of PE	Copper ▼
Insulation	PVC ▼
Live conductors	Multi-core ▼
PE	PE included ▼
Installation method	31 / E
Multi-core cables on horizontal perforated tray	Modify the installation
Max. permissible CSA (mm ²)	240 ▼
THDi3 (%)	0
ΔU max. circuit (%)	2
Correction factor	1

31. ábra: A1 alelosztót ellátó kábel paraméterezése

A kábelek hosszát kiválasztottam, majd az elrendezési metódust is meghatároztam, amely a kábelek perforált kábeltálcán vezetése volt. A szigetelés típusát PVC-re, a vetőér anyagát rézre állítottam be. A további paramétereket a szoftver határozta meg. Ezt követően az alelosztóknál megjelenő teljesítmény igényt vezettem fel, illetve a vezetők számát határoztam meg.

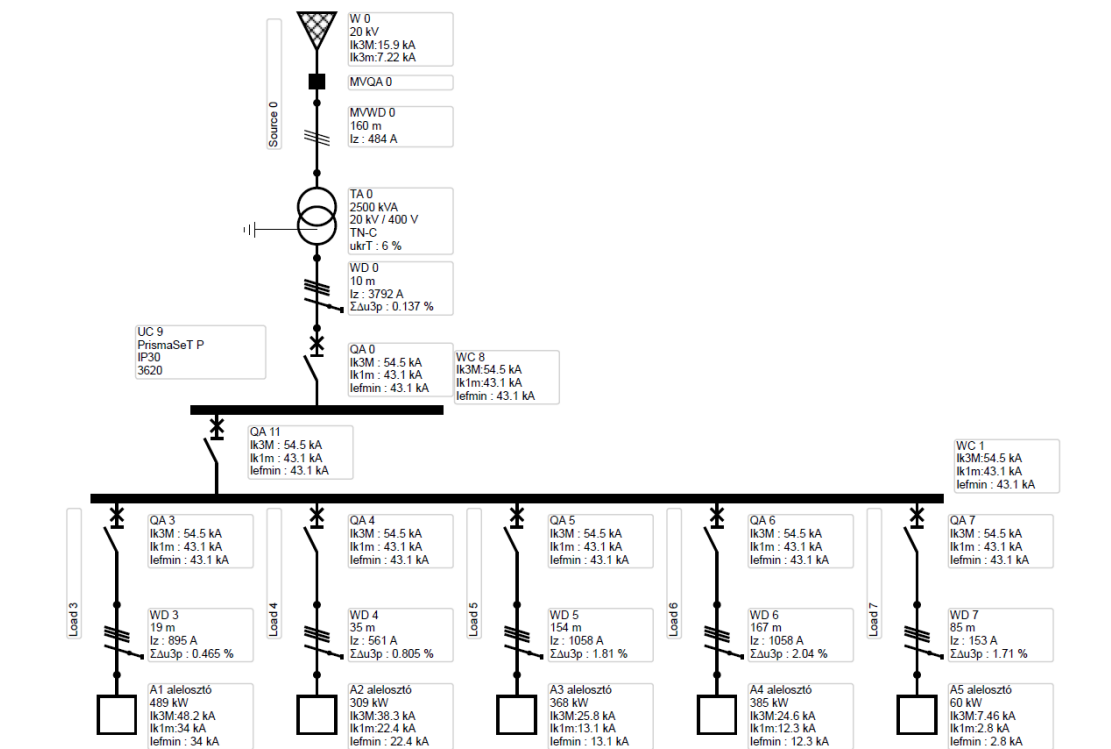


Load A1 alelosztó	
Sr (kVA)	575
Pr (kW)	489
Ir (A)	830
P.F.	0.85
Ku	1
Nbr. of circuits	1
Number and type of conductors	3Ph+N
ΔU tolerance (%)	4
Final load	Yes
Motors	No
Non-linear load	No
THDi3 (%)	0

32.ábra: A1 alelosztó paraméterezése

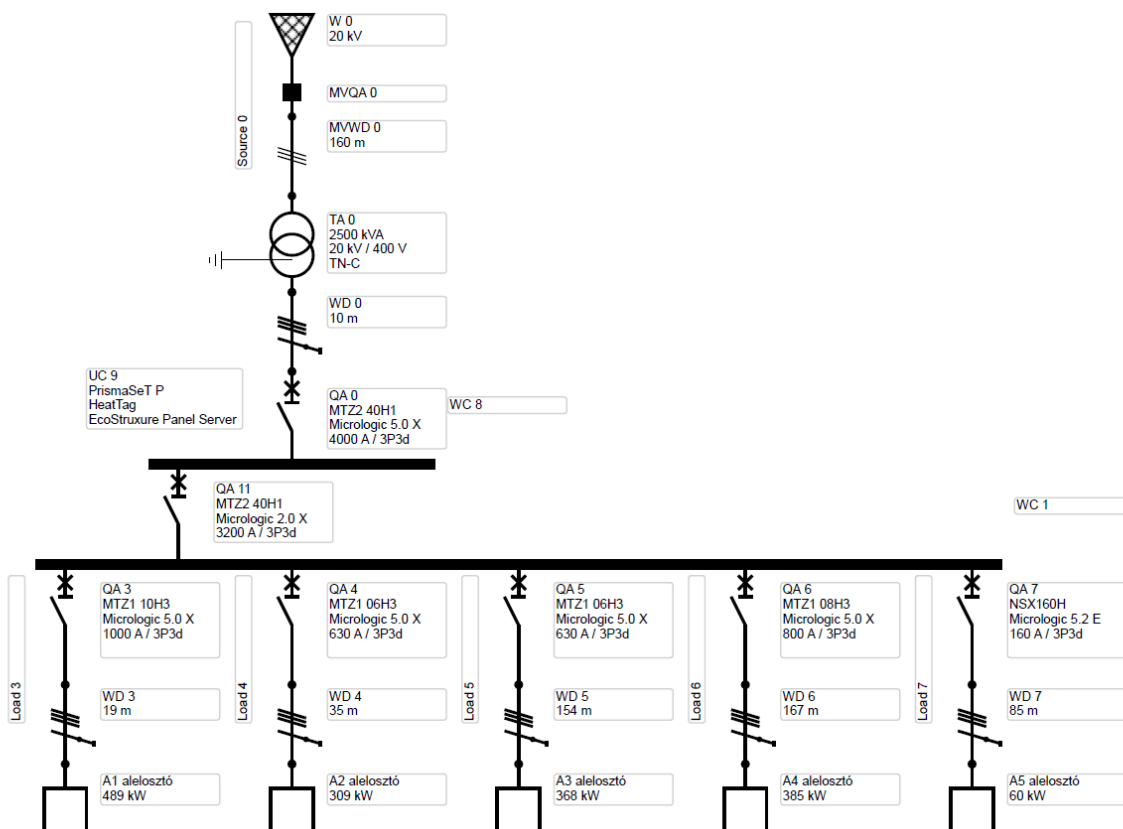
A fentiekben az A1-es alelosztó paraméterezését mutattam be az A2, A3, A4, A5-ös elosztók paraméterezése is az A1-es elosztó mintájára lett meghatározva.

A hálózati elrendezés program által kalkulált számított értékei a következő:



33.ábra: Hálózat zárlati számításai

A kalkulátor lefuttatása után a program kiszámította a zárlati áramokat, kiválasztotta a védelmi berendezéseket. A kapott értékekről dokumentáció kimentésére is lehetőségünk van. A dokumentációban táblázatos formában tekinthetjük át a kapott értékeket.

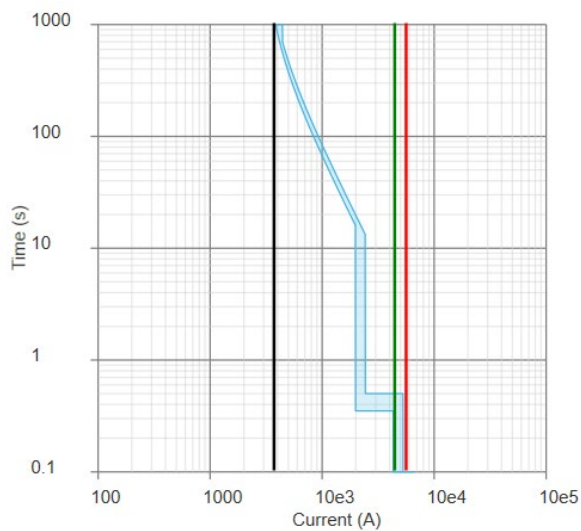


34.ábra: Hálózat program által meghatározott védelmei

Name	Nbr	Range - Designation	Rating (A)	Poles	Trip unit/Curve
QA 0	1	Masterpact MTZ2 - MTZ2 40H1	4000	3P3d	Micrologic 5.0 X
QA 3	1	Masterpact MTZ1 - MTZ1 10H3	1000	3P3d	Micrologic 5.0 X
QA 4	1	Masterpact MTZ1 - MTZ1 06H3	630	3P3d	Micrologic 5.0 X
QA 5	1	Masterpact MTZ1 - MTZ1 06H3	630	3P3d	Micrologic 5.0 X
QA 6	1	Masterpact MTZ1 - MTZ1 08H3	800	3P3d	Micrologic 5.0 X
QA 7	1	Compact NSX - NSX160H	160	3P3d	Micrologic 5.2 E
QA 11	1	Masterpact MTZ2 - MTZ2 40H1	4000	3P3d	Micrologic 2.0 X

16. táblázat: Kiválasztott védelmek típusai

A szoftver lehetővé teszi az áram-idő védelmi karakterisztikák áttekintését, illetve lehetőségünk van a beállításokat is változtatni.



35. ábra QA0 megszakító áram-idő karakterisztika

☒ Ib ☒ Ik3max ☒ Iefmin

QA 0 MTZ2 40H1

Micrologic 5.0 X - 4000 A

Ir (A)

Trip...

I_{sd} (A)

I_{2t} ☐

t_{sd} (s)

I_i deactivated ☐

I_i (A)

t_i (s)

36. ábra QA0 védelmi beállításai

A program által választott védelmi berendezések tökéletesen kielégítik a hálózat biztonságát. Az Ecodial szoftver kezelőfelülete egyszerűen használható, megállapítható, hogy a szoftver használata felgyorsítja a tervezés folyamatát.

6. IPARI LÉTESÍTMÉNY KÖZCÉLÚ HÁLÓZATÁNAK VÉDELMEI

6.1 Védelmek feladata

A villamos berendezéseket különböző üzemzavarok, rendellenességek veszélyeztetik. A pontos, körültekintő tervezéstől, beüzemelésétől függetlenül is kialakulhatnak hibák, amelyek a rendszer üzemét megzavarják. A védelmek feladata ezen hibák érzékelése, jelzése, megszüntetése, emberi közbeavatkozás nélkül, vagy az esetleges normálistól eltérő üzem esetén a hibás berendezés kikapcsolása. A beavatkozás, kikapcsolás célja a hibás berendezés további károsodásának megakadályozása, illetve a hibamentes további hálózatrész zavartalan működésének biztosítása. [15]

6.2 Védelmi rendszerekkel szemben támasztott követelmények

- **Gyorsaság**

A zárlatok romboló hatása nagymértékben csökkenthető, vagy teljesen kikerülhető, ha a védelem elég gyorsan reagál. A gyorsaság egyrészt csökkenti a hibahelyen a berendezés károsodását, másrészt az üzem zavartalan működését biztosítja. [15]

- **Szelektivitás**

Szelektivitással elérhetjük azt, hogy csak a zárlatos hibás rész legyen leválasztva a hálózatról, így lehetővé válik a berendezések további zavartalan működése. [15]

- **Érzékenység**

A védelmeknek bármely üzemállapotban működniük kell zavaró tényezők ellenére is, ezt az érzékenységüknek kell biztosítani. [15]

- **Üzembiztonság, gazdaságosság**

Minden villamos berendezéstől megkövetelik az üzembiztos működést, a védelmeknél ezt hangsúlyozottan ki kell emelnünk, ugyanis a védelem felesleges működése, vagy működésének elmaradása súlyos következményeket von maga után, akár ellátási zavart is okozhat.

Egy védelmi készülék alkalmazása akkor gazdaságos, ha a bekerülési költsége kevesebb, mint a védendő hálózat berendezés értéke meghibásodás esetén.

- **Egyszerűség**

Egy bonyolult sok elemből álló védelem belső hibája gyakoribb lehet, mint egy egyszerű felépítésű nagyobb biztonságot nyújtó védelemé. A védelemben az egyszerűség megkööttséget jelenthet a berendezések egyes üzemállapotaival szemben.

A védelmek kiválasztásához, beállításához zárlatszámítást végzek el a fogyasztói transzformátor 22 kV-os és 0,4 kV-os oldalán.

6.3 Zárlatszámítás a fogyasztói transzformátor 22 kV-os és 0,4kV-os oldalán

Áramszolgáltatótól adatszolgáltatás keretében megadott anyagok:

Zárlati teljesítmények a csatlakozási ponton:

S_{zMAX1} (Msz 17 Rk vonalról történő ellátás során): 245, 51 MVA

S_{zMIN1} (Msz 09 Msz II. vonalról történő ellátás során): 110,54 MVA

Csatlakozási ponton fellépő zárlati áramok:

Maximális 3F zárlati áram a csatlakozási ponton:

$$I_{z1MAX3F} = \frac{S_{zMAX1}}{U_n \times \sqrt{3}} = \frac{245,51}{22 \times \sqrt{3}} = 6,443 \text{ kA}$$

Minimális 3F zárlati áram a csatlakozási ponton:

$$I_{z1MIN3F} = \frac{S_{zMIN1}}{U_n \times \sqrt{3}} = \frac{110,54}{22 \times \sqrt{3}} = 2,9 \text{ kA}$$

Minimális 2F zárlati áram a csatlakozási ponton:

$$I_{z1MIN2F} = I_{z1MIN3F} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2,512 \text{ kA}$$

Zárlati teljesítmények a 2,5 MVA névleges teljesítményű transzformátor 22 kV-os oldalán:

Típus	Hossz [m]	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]
3 × 1 × 95/16 mm² NA2XS(F)2Y 12/20 kV	160	0,06006	0,01973	0,06322

17. táblázat 3×1×NA2XS(F)2Y 95/16 mm² kábel adatai

A kábel zárlati teljesítménye:

$$S_{zfk} = \frac{U^2}{Z} = \frac{22^2}{0,06322} = 7655,81 \text{ MVA}$$

Maximális zárlati teljesítmény a transzformátor primer oldalán:

$$S_{zMAX2} = \frac{1}{\frac{1}{S_{zMAX1}} + \frac{1}{S_{zfk}}} = \frac{1}{\frac{1}{245,51} + \frac{1}{7655,81}} = 237,88 \text{ MVA}$$

Minimális zárlati teljesítmény a transzformátor primer oldalán:

$$S_{zMIN2} = \frac{1}{\frac{1}{S_{zMIN1}} + \frac{1}{S_{zfk}}} = \frac{1}{\frac{1}{110,54} + \frac{1}{7655,81}} = 108,97 \text{ MVA}$$

Transzformátor primer oldalán fellépő zárlati áramok:

Maximális 3F zárlati áram a transzformátor primer oldalán:

$$I_{z2MAX3F} = \frac{S_{zMAX2}}{U_n \times \sqrt{3}} = \frac{237,88}{22 \times \sqrt{3}} = 6,243 \text{ kA}$$

Minimális 3F zárlati áram a transzformátor primer oldalán:

$$I_{z2MIN3F} = \frac{S_{zMIN2}}{U_n \times \sqrt{3}} = \frac{108,97}{22 \times \sqrt{3}} = 2,86 \text{ kA}$$

Minimális 2F zárlati áram a transzformátor primer oldalán:

$$I_{z2MIN2F} = I_{z2MIN3F} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2,476 \text{ kA}$$

Zárlati teljesítmények a 2,5 MVA névleges teljesítményű transzformátor 0,4 kV-os oldalán:

Transzformátor adatai:

$S_{nTR}=2,5$ MVA,

$\varepsilon = 6\%$.

$$S_{zTR} = \frac{100}{\varepsilon} \times S_{nTR} = \frac{100}{6} \times 2,5 = 41,67 \text{ MVA}$$

Maximális zárlati teljesítmény a transzformátor szekunder oldalán:

$$S_{zMAX3} = \frac{1}{\frac{1}{S_{zMAX2}} + \frac{1}{S_{zTR}}} = \frac{1}{\frac{1}{237,88} + \frac{1}{41,67}} = 35,46 \text{ MVA}$$

Minimális zárlati teljesítmény a transzformátor szekunder oldalán:

$$S_{zMIN3} = \frac{1}{\frac{1}{S_{zMIN2}} + \frac{1}{S_{zTR}}} = \frac{1}{\frac{1}{108,97} + \frac{1}{41,67}} = 30,14 \text{ MVA}$$

Transzformátor szekunder oldalán fellépő zárlati áramok:

Maximális 3F zárlati áram a transzformátor szekunder oldalán:

$$I_{z3MAX3F} = \frac{S_{zMAX3}}{U_n \times \sqrt{3}} = \frac{35,46}{0,4 \times \sqrt{3}} = 51,18 \text{ kA}$$

Minimális 3F zárlati áram a transzformátor szekunder oldalán:

$$I_{z3MIN3F} = \frac{S_{zMIN3}}{U_n \times \sqrt{3}} = \frac{30,14}{0,4 \times \sqrt{3}} = 43,5 \text{ kA}$$

Minimális 2F zárlati áram a transzformátor szekunder oldalán:

$$I_{z3MIN2F} = I_{z3MIN3F} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 37,675 \text{ kA}$$

6.4 22 kV-os oldali védelmek számítási és beállítási adatai

Csatlakozási pont számítási adatok, eredmények:

Zárlati teljesítmény a közcélú csatlakozási ponton:	$S_{\max} = 245,51 \text{ MVA}$
Zárlati teljesítmény a közcélú csatlakozási ponton:	$S_{\min} = 110,54 \text{ MVA}$
Gyűjtősín feszültsége a közcélú csatlakozási ponton:	$U_v = 22,0 \text{ kV}$
Zárlati áram a közcélú csatlakozási ponton:	$I_{z \max} = 6446 \text{ A}$
Zárlati áram a közcélú csatlakozási ponton:	$I_{z \min} = 2901 \text{ A}$
2f Zárlati áram a közcélú csatlakozási ponton:	$I_{z \min} = 2512 \text{ A}$
Mögöttes impedancia a közcélú csatlakozási ponton:	$Z_{\min} = 1,97 \text{ Ohm}$
Mögöttes impedancia a közcélú csatlakozási ponton:	$Z_{\max} = 4,38 \text{ Ohm}$

Központi transzformátor számítási adatok, eredmények:

22/0,4 kV-os transzformátor teljesítménye:	$S_{tr} = 2,500 \text{ MVA}$
22/0,4 kV-os transzformátor droppja:	$\varepsilon_{tr} = 6,0 \%$
22/0,4 kV-os áttétele	$a = 52,4$
22/0,4 kV-os transzformátor impedanciája	$Z_{tr} = 11,62 \text{ Ohm}$
Mögöttes impedancia 22/0,4 kV-os tr szekunder oldal	$Z_{\max} = 13,59 \text{ Ohm}$
Mögöttes impedancia 22/0,4 kV-os tr szekunder oldal:	$Z_{\min} = 15,99 \text{ Ohm}$
Zárlati áram 22/0,4 kV-os tr primer oldalon, szek.zárlat:	$I_{z \max} = 935 \text{ A}$
Zárlati áram 22/0,4 kV-os tr primer oldalon, szek.zárlat:	$I_{z \min} = 794 \text{ A}$
0,4 22/0,4 kV-os szekunder vonali feszültség:	$U_v = 420 \text{ V}$
22/0,4 kV-os tr primer névleges áram:	$I_{np} = 66 \text{ A}$
Primer oldali bekapcsolási áramlökés, max. 9x:	$I_{be \max} = 590 \text{ A}$
22/0,4 kV-os tr szekunder névleges áram:	$I_{ns} = 3437 \text{ A}$
Zárlati áram 22/0,4 kV-os tr szekunder oldal:	$I_{z \max} = 48969 \text{ A}$

2,5 MVA-es transzformátor számítási adatok:

Minimális zárlati áram: $I_z 2f \text{ min (tart üzem, 2f primer zárlat)} = 2512 \text{ A}$

Minimális zárlati áram: $I_z 3f \text{ min (tart üzem, 3f szekunder zárlat)} = 794 \text{ A}$

22/0,4 kV-os transzformátor primer névleges áram: $I_n \text{ tr} = 66 \text{ A}$

Primer oldali bekapcsolási áramlökés, max. 9x: $I_{be \text{ max}} = 590 \text{ A}$

2,5 MVA-es transzformátorok védelmi beállítások:

Zárlatvédelem: biztosan működjön $I_z 2f \text{ min.}$ áram értékére
 biztosan működjön $I_z 3f \text{ min.}$ áram értékére
 ne szólaljon meg a transzformátor bekapcsolási áramlökésére

Következmény:

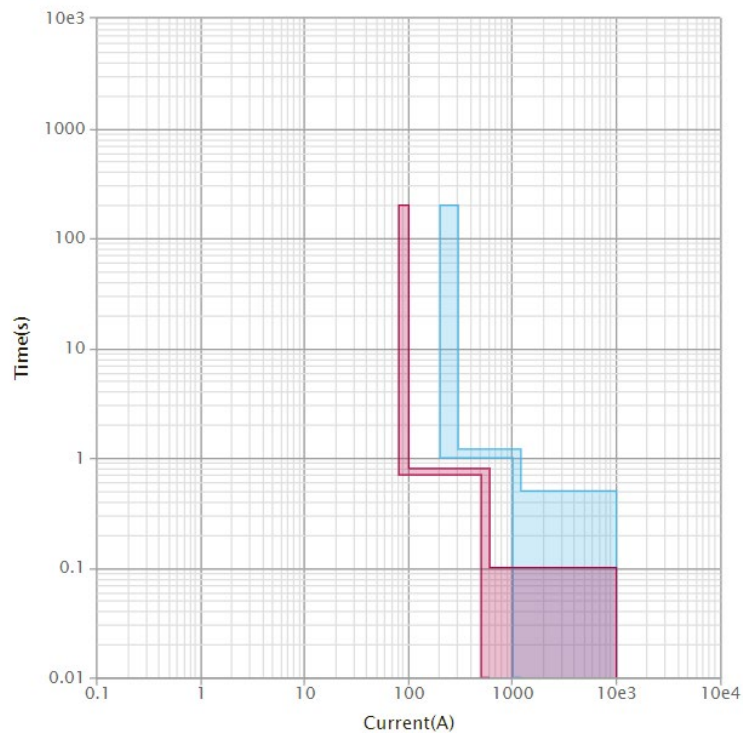
0,4 kV-os oldali megszakító mögötti nagyáramú zárlatkor a primer oldal is kikapcsolódik

Túlterhelésvédelem:

tegye lehetővé a transzformátor rövid idejű túlterhelését
 adjon fedővédelmet a szekunder oldali védelemnek

Földzárlatvédelem:

biztosan működjön a földzárlati áramértéktől
 időben előzze meg a betáplálás földzárlatvédelmét



37. ábra: 22 kV- oldali védelmek áram-idő karakterisztika

Alállomási védelmek beállítási értékei (kék karakterisztika):

Pillanatfokozat: 1200 A - 0,5 s

Késleltetett fokozat: 300 A – 1,2 s

Transzformátor középfeszültségű oldalának védelmi beállítási értékei (piros karakterisztika):

Pillanatfokozat: 600 A - 0,1 s

Késleltetett fokozat: 100 A – 0,8 s

A karakterisztikát az Ecodial program segítségével vettem fel.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozatomban bemutattam egy ipari üzem villamosenergia-ellátásához szükséges betáplálás megtervezésének folyamatait. A szakági tervezők, a szolgáltató, illetve az általam meghatározott adatok alapján ismertettem a méretezéseket, tervezési folyamatokat.

A villamosenergia-elosztóhálózat, különböző hálózattípusok ismertetése után a beruházói környezetet részleteztem, majd számítással a berendezések teljesítményigényeinek ismeretében meghatároztam a lekötött teljesítmény nagyságát. Ezt követően kiválasztottam a betápláló transzformátor típusát, majd meghatároztam a kábelek hosszának ismeretében a szükséges kábel keresztmetszeteket. Kiválasztottam a megfelelő védelmi berendezéseket, majd ellenőriztem a védelmek beállítását az Ecodial Advanced Calculation program segítségével. Összeállítottam a főelosztó szekrényt az Eco Struxure Rapsody program segítségével, a szoftver által generált tartalmat mellékletként ismertettem. A szoftverek Schneider Electric szoftver termékcsaládjához tartoznak.

A szakedolgozat megírása során a tervezés szakaszaiban felhasználtam az egyetemi, illetve a gyakornokként eltöltött időszak alatt elsajátított tudásomat, illetve szakirodalmak, szabványok segítségével igyekeztem kibővíteni az ismereteimet.

A tervezés, számítások során figyelembe vettem az alkalmazott szabványokat, előírásokat. A műszaki megoldások, az emberi, jogi, szakmai és gazdasági szempontokat figyelembe véve készültek.

8. CONTRACTION

In my dissertation I presented the processes of supply planning for the power supply of an industrial plant. I describe the sizing and design processes based on the data of the branch designers, the service provider and the data I have defined.

After the description of the electricity distribution network and different network types, I detailed the investor environment, and then I determined the size of the contracted capacity by calculating the power requirements of the equipment. Next, I selected the type of feed transformer and then determined the required cable cross sections based on the length of the cables. I selected the appropriate protection equipment and then checked the protection settings using the Ecodial Advanced Calculation program. I assembled the main distribution cabinet using the Eco Struxure Rapsody program, and described the content generated by the software as an attachment. The software belongs to the Schneider Electric software product family.

During the writing of the dissertation, I used my knowledge acquired during the university and the period spent as an intern in the planning stages, and I tried to expand my knowledge with the help of literature and standards.

During the planning and calculations I took into account the applied standards and regulations. The technical solutions have been designed with human, legal, professional and economic considerations in mind.

9. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Morva György egyetemi konzulensemnek, hogy tanácsaival segítette a szakdolgozatom megírását, probléma, felmerülő kérdés esetén azonnal rendelkezésemre állt.

Szeretném megköszönni Kazsoki Attila Sándor külsős konzulensemnek, szakmai segítségnyújtását, amelyek hozzájárultak szakdolgozatom létrejöttéhez, illetve, hogy mindig erőt meríthettem a szakmai előrehaladásából. Szeretném megköszönni Papp Gábor munkatársamnak, hogy kérdés esetén mindig fordulhattam hozzá, tanácsaival javaslataival a szakdolgozatom színesebbé vált.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni a családomnak, kiváltképp szüleimnek, hogy lehetővé tették számomra a felsőfokú tanulmányok elvégzését, hogy támogattak minden téren és bíztak bennem.

10. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Novothny Ferenc (PhD) (2010) – Villamos Energetika I. – 5. Távfűtő az energiarendszerben
- [2] Dr. Bodnár István VILLAMOSENERGETIKA ÉS BIZTONSÁGTECHNIKA
<https://oszkdk.oszk.hu/storage/00/02/51/41/dd/1/Egybe.pdf>
- [3] Villamos energetika (viveab01) - 2. előadás - Dr. Ladányi József egyetemi docens, tanszékvezető BME-VIK - Villamos Energetika Tanszék
https://vik.wiki/images/2/23/02_VER_felepites-2020.pdf
- [4] MAVIR honlap: <https://www.mavir.hu/web/mavir/home>
- [5] Holcsik Péter - A kisfeszültségű villamos elosztóhálózat ellátásbiztonságának korszerű megoldásai
http://lib.uni-obuda.hu/sites/lib.uni-obuda.hu/files/Holcsik_Peter_ertekezes.pdf
- [6] Rendszerengedélyes fogyasztásmérő szekrények
https://www.meevet.hu/app/webroot/kcfinder/upload/files/meevet_segedlet_web.pdf
- [7] Hálózati áramellátás és feszültségminőség – Dán András, Hartmann Bálint, Kiss Péter
<https://docplayer.hu/7325656-Halozati-aramellatas-es-feszultsegminoseg.html>
- [8] 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200312.kor>
- [9] MSZ 447:2009 szabvány
- [10] MSZ 13207:2020 szabvány
- [11] MSZ HD 60364-5-52:2010 szabvány

- [12] VLG weboldal
<http://www.vlg.hu/arukinalatunk/kabelek-es-vezetek/eroatviteli-kabelek-1-30-kv-rez-sodratok/n-2xy>
- [13] <https://admittancia.files.wordpress.com/2018/06/nyy-j.pdf>
- [14] Dr. Novothny Ferenc (PhD): Villamos Energetika I.
- [15] Póka Gyula: Védelmek és automatikák villamosenergia-rendszerekben, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1988.

11. MELLÉKLETEK

1. számú melléklet



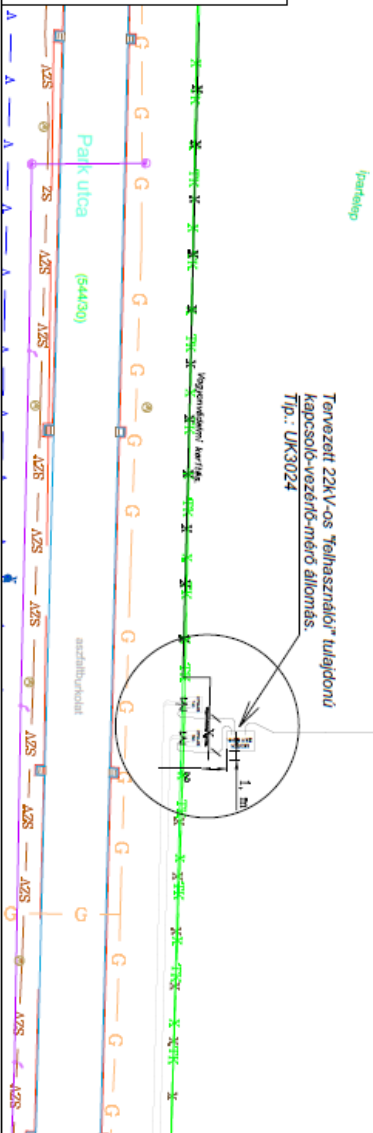
1sz. Tip.: UK2548H2700

Tervezett 22kV-os "felhasználói" tulajdonú mért földkábel.
1sz. Tr. részére: 3x NA2XS(F)2Y 24kV 1x95mm² (ny/h: 155/160mm)

Tervezett 22kV-os "felhasználói" tulajdonú
kapcsoló-vezető-mérő állomás.
Típus: UK3024

Tervezett, 22kV-os "felhasználói" tulajdonú műszaki egységek:

méterlen, földkábel rendszer:	
3x NA2XS(F)2Y 24kV 1x95mm ² 2db. (ny/h: 12/17m)	
mét földkábel rendszer:	
1sz. Tr. részére: 3x NA2XS(F)2Y 24kV 1x95mm ² (ny/h: 155/160m)	
"kompakt" berendezések:	
1db. UK2548H2700 Tr. (1sz.)	
1db. kapcsoló-vezérlő-mérő állomás, UK3024 típus.	



2. számú melléklet

3. számú melléklet



26 / 11 / 2021

FE

CREATED BY

FE

Name

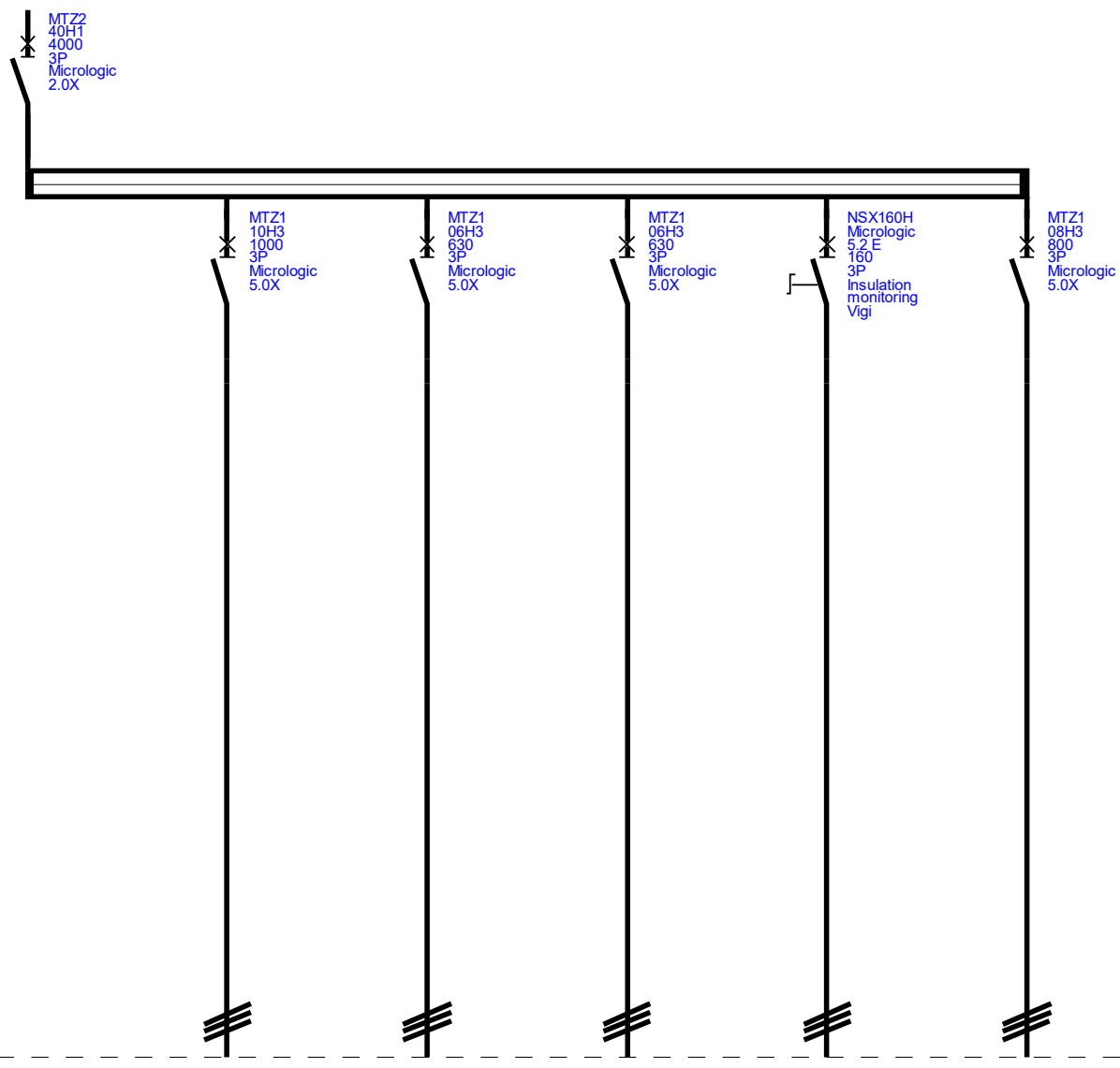
Tel

City

FOR

Name

Address



FE

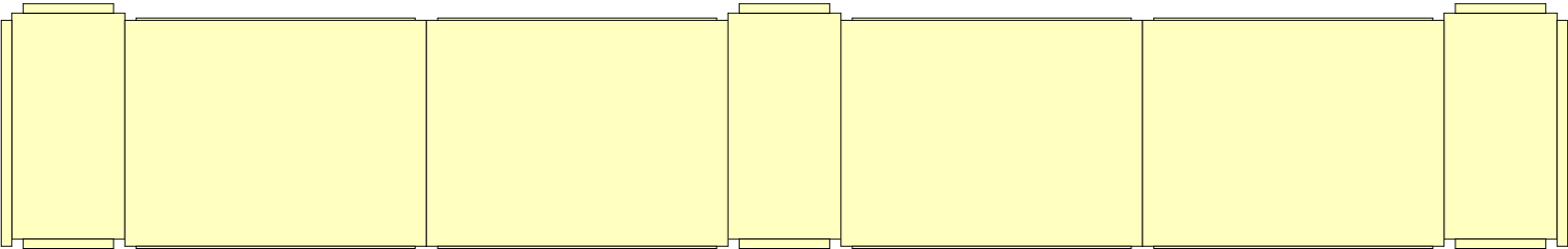
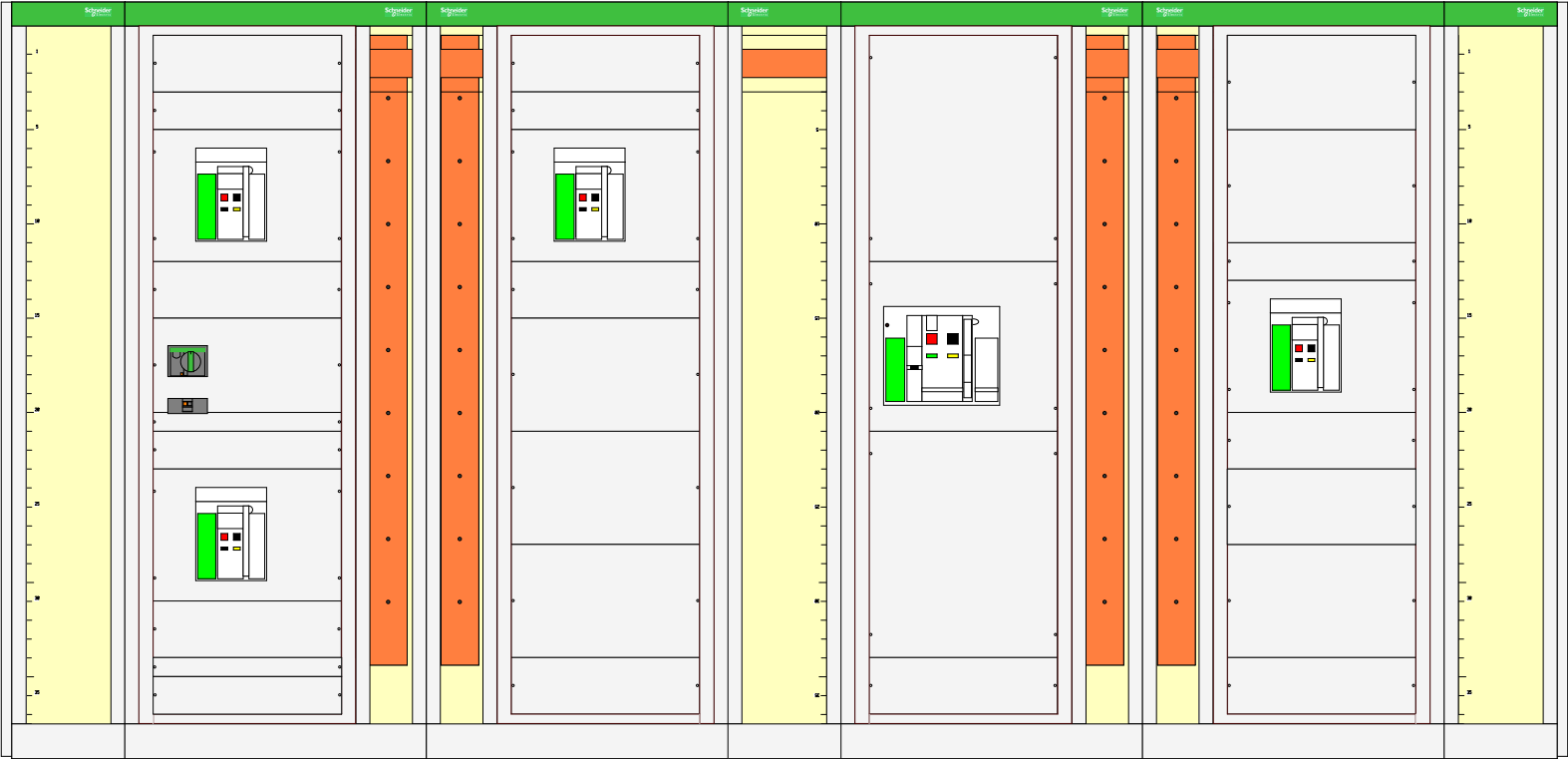
FE

Switchboard

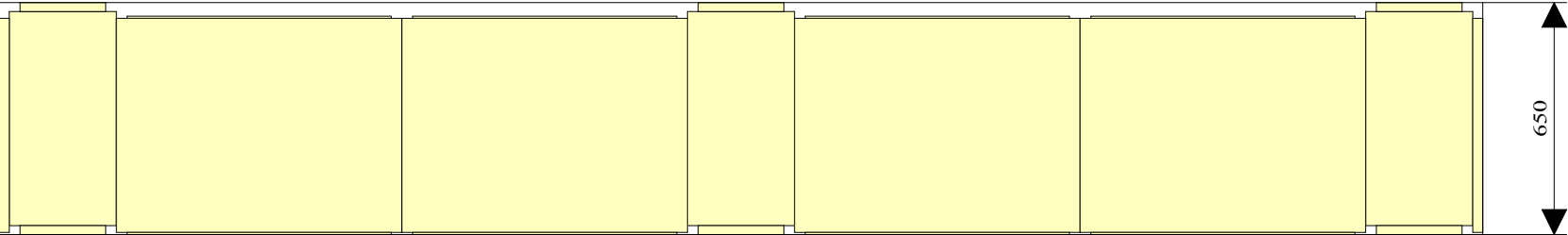
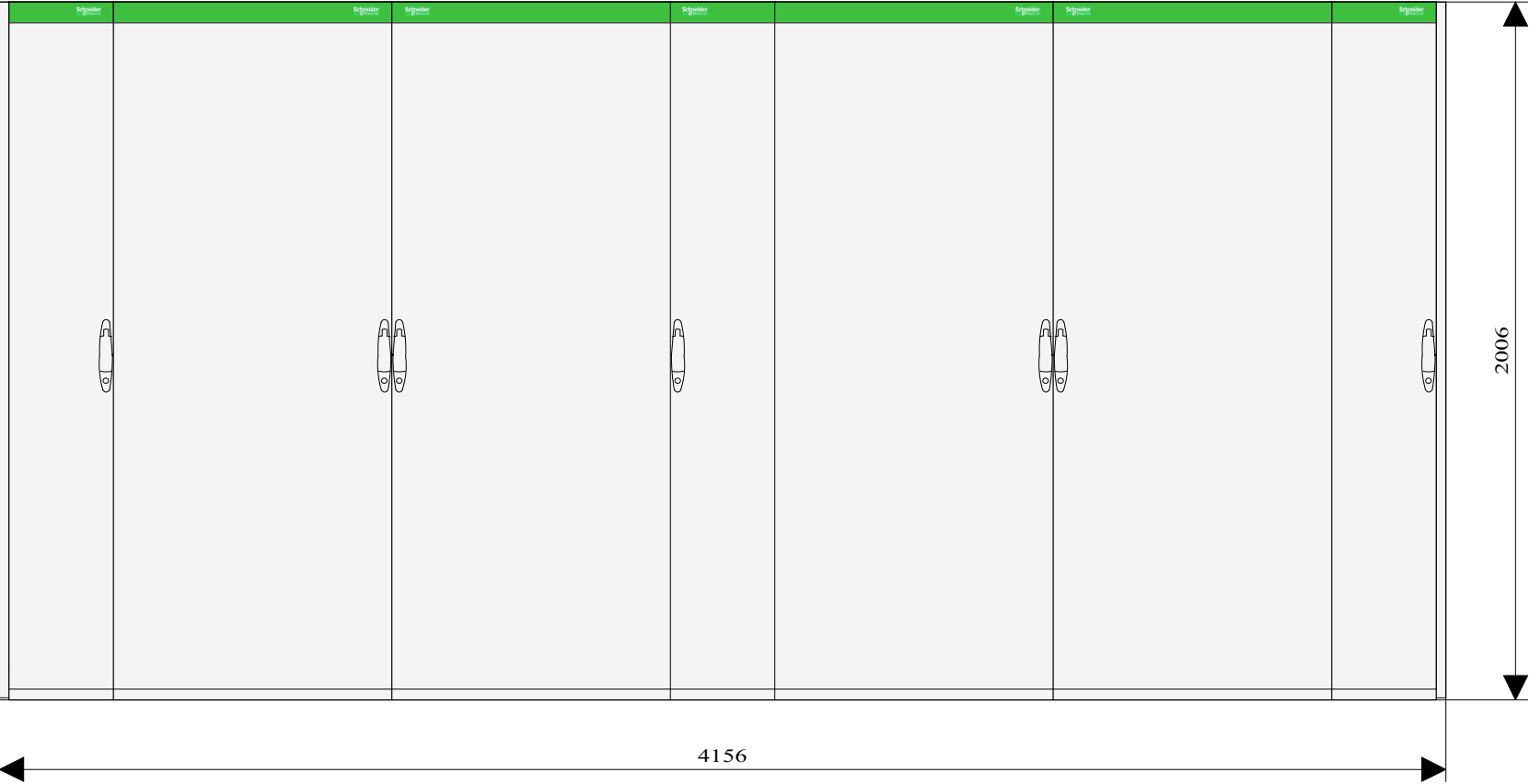
26 / 11 / 2021

Rev

Folio: 1/1



		Actual Spare space : 40 %	
FE	PrismaSeT P		
Switchboard	In : 4000 A, Icc : 60.0 kA, IP : 30		1



		Actual Spare space : 40 %	
FE	PrismaSeT P		
Switchboard	In : 4000 A, Icc : 60.0 kA, IP : 30		1