



SZAKDOLGOZAT

ÓE-KVK

2021.

Hallgató neve:

Kormos László

Hallgató törzskönyvi száma:

T007298/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kormos László

Szaktervezési száma: SZD21090213455672

Törzskönyvi száma: T007298/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Családi ház villamos tervezése és villamosenergia-ellátása

A dolgozat címe angolul: Electricity supply and electrical design of a private house

A feladat részletezése: 1. A vonatkozó műszaki előírások áttekintése

2. A mai kor követelményének megfelelő villamosenergia-igény meghatározása

3. Az új követelményeknek megfelelő betáplálás kialakítása

4. Villamos tervezés (áramütés elleni védelem, villámvédelem, túlfeszültség védelem, tűzvédelem)

Intézményi konzulens neve: Dr. Pálfi Judith

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 06.

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. 08.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	7
1. VILLAMOSENERGIA-IGÉNY MEGHATÁROZÁSA	8
1.1. Főbb villamosenergia fogyasztók és adataik	8
1.2. Energiaigény meghatározása	9
1.3. Kihasználási tényező	10
2. KÖZCÉLÚ HÁLÓZATRA CSATLAKOZÁS MEGTERVEZÉSE	11
2.1. Csatlakozó fővezeték méretezése	11
2.2. Méretlen fővezeték méretezése	13
2.3. Mért fővezeték méretezés	13
3. ÁRAMKÖRKIOSZTÁS	15
3.1. Áramkörök adatai	15
4. ÁRAMKÖRÖK KERESZTMETSZETEINEK MEGHATÁROZÁSA	17
4.1. Dugaszoló aljzatokat ellátó áramkörök méretezése feszültségesésre	17
4.2. Világítási áramkörök méretezése feszültségesésre	18
4.3. Fix bekötésű fogyasztók méretezése feszültségesésre	19
5. ÁRAMÜTÉS ELLENI VÉDELEM	20
5.1. A hálózat impedanciái	20
5.1.1. A közcélú transzformátor impedanciája (Z_{Tr})	20
5.1.2. Szabadvezetékes közcélú hálózat impedanciája	21
5.1.3. Csatlakozóvezeték (szigetelt légvezeték) ellenállása	21

5.1.4. Méretlen fővezeték ellenállása	22
5.1.5. Mért fővezeték ellenállása.....	22
5.1.6. Végáramkörök ellenállása	22
5.2. Végáramkörök áramütés elleni védelme.....	24
5.2.1. Kismegszakító kioldás ellenőrzése	25
5.2.2. ÁVK kioldás ellenőrzése	26
5.3. Lakáselosztó áramütés elleni védelme.....	26
5.4. Fogyasztásmérő szekrény áramütés elleni védelme	27
6. 20/0,4 KV-OS TRANSZFORMÁTOR ZÁRLATSZÁMÍTÁS.....	28
7. MÉRETEZÉS ZÁRLATI MELEGEDÉSRE	29
8. LAKÁSOK, CSALÁDI HÁZAK ÁRAMÜTÉS ELLENI VÉDELMÉNEK FELÜLVIZSGÁLATA.....	30
9. VILLAMOS TERVEZÉS.....	31
9.1. A családi ház egyik szobájának villamos egyvonalas rajza	31
9.2. A teljes családi ház többvonalas, áramutas villamos terve.....	32
9.3. Mérőhely kialakítás	33
9.4. ÁVK szelektivitás és ÁVK beépítés a gyakorlatban	35
9.5. Kismegszakító szelektivitás.....	36
10. TÚLFESZÜLTSGVÉDELEM.....	38
11. VILLÁMVÉDELEM	42
12. NAPELEMES RENDSZER	44
ÖSSZEFOGLALÁS	46

SUMMARY	47
IRODALOMJEGYZÉK	48
ÁBRAJEGYZÉK.....	50

BEVEZETÉS

Szakedolgozatom témája egy földszintes családi ház villamosenergia ellátásának megtervezése. Azért ezt választottam témának mert ezzel szeretnék majd foglalkozni a jövőben és ez egy, a szívemhez közel álló téma. Ezen kívül, ebben a kérdéskörben van a legtöbb személyes tapasztalatom, aminek nagy hasznát veszem szakedolgozatom készítésekor. Remélem, hogy a jövőben hasznát veszem majd az itt befektetett munkának. Projektmunka 1 és Projektmunka 2. tantárgy keretein belül is ezzel foglalkoztam, most pedig a szakedolgozat fél évében véglegesítem a munkámat.

A családi ház nem egy konkrét kész épület, hanem egy jelenleg tervek szintjén létező, ezáltal nagyrészt elképzelt objektum. A családi ház modern fogyasztókkal rendelkezik, ilyen az elektromos autó töltő, elektromos fűtés, indukciós főzőlap és további nagy energiaigényű fogyasztók is vannak. A mai világban egyre növekszik a villamosenergia igény, valamint egyre fontosabbak a zöld megoldások. Fontos, hogy egyre kevesebb üvegházhatást okozó gáz kerüljön a légterbe, éppen ezért a legkézenfekvőbb megoldás a szükséges energia előállítására egy megújuló energiaforrás, azon belül is jelen esetben egy tetőre telepített napelemes HMKE rendszer. A napelemes rendszer konkrét tervezése szakedolgozatomnak nem közvetlen témája, de természetesen erről is említést teszek, ennek a lehetőségét a tervezés során számításba veszem és megteremttem a lehetőséget egy esetleges későbbi napelemes rendszerrel történő bővítésre. A családi ház energiaigénye kizárólag villamos energiára korlátozódik.

Dolgozatomban megtervezem a ház villamosenergia igényét, villamos csatlakozását, fogyasztásmérőhelyét, villamos vezetékezését, villamos fogyasztók ellátását. Kiválasztom a villamos készülékeket, amelyek beszerzésére szükség van. Szó van még a dolgozatomban családi házak villámvédelméről, túlfeszültségvédelméről, áramütés elleni védelméről is. Mindent igyekeztem a legmodernebb kor követelményei szerint leírni, meghatározni. A villamosmérnöki szakma egyik nagyon fontos része az épületvillamosság. Rengeteg forrást, szakmai cikket és jegyzetet elolvastam, amik hatására kialakult bennem egy határozott nézet a szakma ezen területéről.

1. VILLAMOSENERGIA-IGÉNY MEGHATÁROZÁSA

1.1. Főbb villamosenergia fogyasztók és adataik

Fogyasztók	Névleges teljesítmény [kW]	Becsült napi átlag fogyasztás [kWh/nap]	Éves átlag fogyasztás [kWh/év]
Mosógép	2,00	2,00	600,00
Mosogatógép	1,50	1,50	450,00
Villamos fűtés	6,00	48,00	5760,00
Elektronikai berendezések (TV, számítógép, stb.)	0,50	1,00	300,00
Konyhai kisgépek	1,50	0,15	45,00
Mikrohullámú sütő	1,50	0,30	90,00
Hűtőszekrény	0,10	0,60	180,00
Villanysütő és főzőlap	10,00	4,00	1200,00
e-autó töltő	11,00	30,00	9000,00
Világítás	0,50	0,50	150,00

1. Táblázat: villamosenergia fogyasztók adatai

Forrás: saját szerkesztés

A ház legnagyobb teljesítményű villamos fogyasztóit, azok teljesítményét és becsült kihasználtságukat tartalmazza ez a táblázat. A fogyasztók névleges teljesítményét részben saját mérések alapján, részben pedig adattábla alapján határoztam meg. A mosógép, a

mosogatógép, a villamos fűtés, az e-autó töltő, a konyhai gépek teljesítményét a berendezéseken és/vagy a leírásukban lévő adattáblák alapján határoztam meg. Az összes többi berendezés teljesítményét megmértem vagy becsültem és ezt az értéket használtam a feladatban. [19]

Az említett fogyasztók egy része működés közben természetesen nem mindig a névleges teljesítményen üzemel, hanem valamivel alatta, éppen ezért ezen fogyasztóknál nem lehet a névleges teljesítményből közvetlenül számolni a fogyasztást, tehát a napi és így az éves fogyasztás is becsült érték. Ezen becsült értékek alapján határozható meg az energiaigény.

Évi 300 nappal számoltam az éves fogyasztást minden fogyasztónál, kivéve a fűtés esetében, hiszen az természetesen szezonális. Utóbbi esetében 120 nappal számoltam. Ami a világítást illeti, mindenhol LED-es fényforrás található, azért ilyen kis névleges teljesítményt kaptam.

A számítógépek fogyasztásának az oka, hogy egy kisebb iroda is található a házban. Így alakult ki a ház éves villamosenergia fogyasztása.

Éves villamosenergia fogyasztás:

$$(600+450+5760+300+45+90+180+1200+9000+150)+10\%= 19552 \text{ kWh}$$

A fogyasztók alapján az éves villamosenergia fogyasztás a háztartásban 17775 kWh lett, ehhez +10%-ot hozzáadtam egyéb esetleges ideiglenes plusz fogyasztók fogyasztásából adódóan, így 19552 kWh lett az összes fogyasztás. [19]

1.2. Energiaigény meghatározása

A ház energiaigényét a legegyszerűbben úgy lehet meghatározni, hogy kiszámoljuk a házban a „beépített teljesítményt”, azaz az összes fogyasztó névleges teljesítményének az összegét kW-ban. Erre azonban nem szabad méreteznünk sem műszaki, sem gazdasági szempontból. A beépített teljesítményt megszorozzuk az „egyidejűségi tényezővel”, ugyanis a házban lévő összes fogyasztói készülék egyazon időben együtt soha nem üzemel. Az egyidejűségi tényezőt 0,6-ra választom, ugyanis tervezői tapasztalatok alapján egy átlagos családi házban ez a reális egyidejűség amire méretezni szükséges.

A csatlakozási teljesítmény meghatározása: beépített teljesítmény * egyidejűségi tényező (c)

$$P_{\text{beépített}} = 34,6 \text{ kW} ; c = 0,6$$

$$P_{\text{csatlakozási}} = P_{\text{beépített}} * c$$

$$P_{\text{csatlakozási}} = 34,6 \text{ kW} * 0,6 = 20,76 \text{ kW}$$

$$I_{\text{csatlakozási}} = \frac{P_{\text{csatlakozási}}}{\sqrt{3} * 400} = \frac{20760 \text{ W}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V}} = 29,96 \text{ A}$$

A szükséges csatlakozási áramerősség tehát, ami megfelelő biztonsággal képes ellátni minden fogyasztót az $3 * 32 \text{ A}$ lett. A $29,96 \text{ A}$ -t legközelebbi eggyel nagyobb kismegszakító-olvadóbiztosító névleges értékre kerekítettem. Ez azt is jelenti, hogy a méretlen kismegszakítók névleges áramértéke (I_n) 32 A lesz mindhárom fázison. Ezt az adatot későbbi számításaim során felhasználom és a későbbiekben bemutatott tervben is feltüntetem. [9]

1.3. Kihasználási tényező

A kihasználási tényező úgy határozható meg a legkönnyebben, hogy a házban az általunk elfogyasztott energiamennyiséget elosztjuk az egy nap alatt a hálózathoz maximálisan vételezhető villamosenergia mennyiségével, így megkapjuk az ezt kifejező viszonyszámot.

$3 * 32 \text{ A}$ -es kismegszakító található a villamos fogyasztásmérő szekrényben, ennek alapján a maximális energiafelvétel a hálózathoz $= 3 * 32 \text{ A} * 230 \text{ V} * 24 \text{ h} = 529,92 \text{ kWh}$. A ház napi villamosenergia fogyasztását úgy kapom, hogy a korábban kiszámolt éves fogyasztást elosztom 365-tel, ennek alapján tehát: $19552 \text{ kWh} / 365 \text{ nap} = 53,56 \text{ kWh}$.

$$\text{Kihasználási tényező} = \frac{53,56 \text{ kWh}}{529,92 \text{ kWh}} = 0,101$$

Ennek alapján látható, hogy a kihasználási tényező 10% lesz a ház esetében.

[19]

2. KÖZCÉLÚ HÁLÓZATRA CSATLAKOZÁS MEGTERVEZÉSE

A közcélú hálózatra való csatlakozást részletesen tárgyalja az MSZ447 szabvány, a méretezéseket ezen szabvány alapján kell elvégezni. Felhasználtam még a méretezésekhez további hasznos jegyzeteket is, amelyek segítettek a gyakorlati megközelítésben. Ami a gyakorlati megvalósítást illeti, mindig az adott elosztói engedélyeshez kell fordulni első lépésként, ha házunk villamos csatlakozását szeretnénk kiépíteni.

A házunk esetében a legelső és legfontosabb lépés a hálózatra csatlakozás és annak paramétereinek megtervezése, kiszámítása. Az utca elejére a villamos energia a környéken lévő 120/20 kV-os alállomástól, közép feszültségű szabadvezetéki oszlopokon érkezi. Majd az utca elején elhelyezett 400 kVA-es 20/0,4 kV-os oszloptranzformátor szekunder kapcsaitól indul a 4 vezetékes TN-C rendszerű közcélú hálózat. Ez a 0,4 kV-os kisfeszültségű közcélú hálózat szintén szabadvezetékes, 4x95mm²-es csupasz alumínium sodronyból áll és természetesen oszlopokon érkezik a házakhoz. [19]

2.1. Csatlakozó fővezeték méretezése

A fogyasztásmérő előtti sorkapcsokba érkezik a szigetelt csatlakozó légvezeték méretezni kell, a szükséges keresztmetszetét feszültségesésre való méretezéssel lehet megállapítani. Természetesen áramterhelésre is meg kell felelnie, de mivel 16 mm² Al vagy 10 mm² Cu a minimum keresztmetszet a csatlakozóvezeték esetében, a mi méretlen kismegszakítóink pedig 32A-esek, így ezzel biztosan nem lesz gond. Feszültségesés számításnál mindig az áram wattos összetevőjével számolunk, tehát a hálózatunkon maximálisan folyni képes wattos árammal (I_w) kell végezni a számítást. A légvezeték hossza az oszloptól a méretlen fővezetéki sorkapocsig 20 méter. [19]

A teljesítményvesztésre történő méretezést el lehet hagyni, ugyanis átlagos teljesítménytényező ($\cos\varphi$) esetén, kisfeszültségű hálózatokon a méretezés feszültségesésre azonos keresztmetszetet ad, mint a teljesítményvesztésre teljes terhelési árammal történő méretezés. Jelen esetben, a házunknál a méretlen kismegszakítók névleges értéke: 3x32A. Csak ohm-os fogyasztók esetén ez tisztán wattos, de akár látszólagos áram (teljes terhelési áram) is lehet. Éppen ezért 32 A fázisvezetőn folyó wattos áramerősségre végzem a méretezést, azaz a $\cos\varphi$ a számításoknál 1 lesz. [3]

Természetesen ez egy háromfázisú négyvezetékes rendszer, amiben vegyes terhelésre kell méretezni, hiszen a fogyasztás soha nem lesz teljesen szimmetrikus, mivel nem csak háromfázisú motoros-, hanem egyfázisú fogyasztók is vannak a hálózaton. Ezáltal különböző feszültségesés lesz a fázisvezetőkön és a PEN vezetőkön. Az éppen aktuális terhelésnek megfelelően, a PEN vezető biztosan más amperitású lesz, mint a fázisvezetők, hiszen a rendszer szimmetriája, vagy éppen aszimmetriája kiszámíthatatlan, csak becsülhető lesz. Az ilyen hálózatok esetében a feszültségesés számítás extrémén bonyolult lenne, emiatt statisztikai adatok alapján kialakult, közelítő számítást végzünk. [3]

A megengedett feszültségesés a csatlakozóvezetéken $(\varepsilon) = 1\%$, MSZ 447 alapján.

A mértékadó feszültségesés a csatlakozóvezetéken:

$$e' = 0,75 * \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_v}{\sqrt{3}} = 0,75 * \frac{1}{100} * \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 1,732 \text{ V}$$

A számított keresztmetszet réz vezeték esetében:

$$A_{sz} = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_w * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 1,732 \text{ V}} * 32 \text{ A} * 20,5 \text{ m} * 1 = 6,76 \text{ mm}^2$$

A névleges keresztmetszet a következő szabványos keresztmetszetre történő kerekítés alapján:

$$A_n = 10 \text{ mm}^2$$

A számított keresztmetszet alumínium vezeték esetében:

$$A_{sz} = \frac{\rho_{Al}}{e'} * I_w * l * \cos\varphi = \frac{1}{35 * 1,732 \text{ V}} * 32 \text{ A} * 20,5 \text{ m} * 1 = 10,82 \text{ mm}^2$$

A névleges keresztmetszet a következő szabványos keresztmetszetre történő kerekítés alapján:

$$A_n = 16 \text{ mm}^2 \quad [9]$$

A gyakorlatban a legtöbbször ezek a csatlakozóvezetékek alumínium vezeték, így én most kiválasztom a 4x16 mm² -es NFA2X szigetelt alumínium légvezetőt, amely tökéletesen alkalmas közcélú hálózatra történő szabadtéri csatlakoztatáshoz. [19]

2.2. Méretlen fővezeték méretezése

Méretlen fővezeték esetében is feszültségesésre méretezünk. A megengedett feszültségesés a méretlen fővezetéken $(\varepsilon) = 1\%$, MSZ 447 alapján. A méretlen fővezeték a méretlen fogadó sorkapocstól, a fogyasztásmérő bemeneti kapcsaiig tart.

A mértékadó feszültségesés:

$$e' = 0,75 * \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_v}{\sqrt{3}} = 0,75 * \frac{1}{100} * \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 1,732 \text{ V}$$

A számított keresztmetszet réz esetében:

$$A_{sz} = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_w * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 1,732 \text{ V}} * 32 \text{ A} * 3 \text{ m} * 1 = 1 \text{ mm}^2$$

Ez a vezeték már réz lesz. A számított keresztmetszet 1 mm^2 lenne, de ez nyilvánvalóan nem lehetséges már csak a terhelhetőség alapján sem, de a minimum keresztmetszet szabálya alapján sem, sőt tragédiához is vezetne ilyen kis keresztmetszetű vezető alkalmazása. Így méretlen fővezetéknek a szabvány által előírt minimum, azaz 10 mm^2 Mkh vezetékét célszerű használni.

A névleges keresztmetszet tehát: $A_n = 10 \text{ mm}^2$ [9]

2.3. Mért fővezeték méretezés

Itt is természetesen csak feszültséggel számolunk. A megengedett feszültségesés $(\varepsilon) = 1,5\%$ lesz, MSZ 447 alapján. A mért fővezeték a fogyasztásmérő „elmenő” vezetéke, ez a szakasz egészen a lakáselosztóig tart. Természetesen itt is réz vezetékét használunk.

A mértékadó feszültségesés:

$$e' = 0,75 * \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_v}{\sqrt{3}} = 0,75 * \frac{1,5}{100} * \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 2,6 \text{ V}$$

A számított réz keresztmetszet:

$$A_{sz} = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_w * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 2,6 \text{ V}} * 32 \text{ A} * 15 \text{ m} * 1 = 3,3 \text{ mm}^2$$
 [9]

A számított keresztmetszet 4 mm^2 , természetesen ez sem lehetséges a vezeték terhelhetősége alapján. A szabvány és az elosztói engedélyesek szabályzata alapján, a mért fővezetékét 10 mm^2 -re választottam, ugyan olyanra, mint a méretlen fővezetékét. Ez a vezetékszakas már a PEN szétválasztás után van, tehát itt jelen esetben 5 vezeték kerül behúzásra. $5 \times 10 \text{ mm}^2$ Mkh vezetékét választok erre a célra. [19]

Tehát ezek alapján a névleges keresztmetszet:

$$A_n = 10 \text{ mm}^2$$

3. ÁRAMKÖRKIOSZTÁS

3.1. Áramkörök adatai

Áramkör	Névleges teljesítmény	Kismegszakító	Nyomvonal hossza
F1- hőszivattyú	7,00 kW	C16 3p	13 m
F2- mosógép	2,60 kW	C16 1p	13 m
F3- mosogatógép	2,40 kW	C16 1p	16 m
F4- Garázs dugalj	3,68 kW	C16 1p	20 m
F5- Sütő+főzőlap	10,00 kW	B16 3p	14 m
F6- Konyha dugalj	3,68 kW	B16 1p	15 m
F7- Nappali dugalj	3,68 kW	B16 1p	13 m
F8- Szoba 1 dugalj	3,68 kW	B16 1p	14 m
F9- Szoba 2 dugalj	3,68 kW	B16 1p	17 m
F10- e-autó töltő	11,00 kW	C16 3p	21 m
F11- Világítás	0,15 kW	B10 1p	20 m
F12- Világítás	0,25 kW	B10 1p	15 m
F13- Világítás	0,10 kW	B10 1p	10 m
F14- Fürdőszoba	2,30 kW	B10 1p	19 m

2. Táblázat: áramkör kiosztás

Forrás: saját szerkesztés

A mért fővezeték megérkezik a lakáselosztóban lévő sorkapcsokig. (ide csatlakozik az esetleges napelemes rendszer is). Innen a lakáselosztóból indulnak a lakás „elmenő” áramkörei.

Ebben a táblázatban összefoglaltam az áramköröket, ismertettem a tervjeleket, funkciókat, nyomvonalak hosszát, védelem típusát, az adott áramkörre csatlakoztatott vagy csatlakoztatható maximális névleges teljesítményt. Az áramköröket ÁVK is védi.

Mindezek az adatok a . ábráról is leolvashatók, az EPLAN-ban készített többvonalas rajzomból sokkal részletesebben meg lehet tudni mindent. [19]

Alapvetően 3 típusú fogyasztót különböztetünk meg ami háztartásokban előfordulhat:

- Dugaszoló aljzatok, illetve ebbe dugaszolható fogysztók
- Világítási áramkörök, lámpatestek
- Fix bekötésű fogyasztók, közvetlenül kötőelemekből

[5]

A fogysztói hálózaton összességében maximum 5% feszültségesés tartása javasolt, ebben benne van nyilvánvalóan a már korábban méretezett méretlen és csatlakozó vezetékek feszültségesése. Így innentől az áramkörök esetében maximum 3% feszültségesésre célszerű méretezni. [19]

4. ÁRAMKÖRÖK KERESZTMETSZETEINEK MEGHATÁROZÁSA

Az áramkörök keresztmetszeteit a feszültségesésre való méretezésből, valamint a termikus igénybevétel alapján történő méretezésből tudhatjuk meg. Fontos az üzemi melegedés és a zárlati melegedés egyaránt. [3]

4.1. Dugaszoló aljzatokat ellátó áramkörök méretezése feszültségesésre

Dugaljak esetében 2% a megengedhető százalékos feszültségesés (ε). A házban csak egyfázisú dugaljak találhatóak, így egyfázisú (230V) méretezést kell végezni. A feszültségesés menete ettől eltekintve változatlan, ugyanúgy a maximális terhelő áram a wattos áram, a $\cos\varphi = 1$.

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_f}{2} = \frac{2}{100} * \frac{230V}{2} = 2,3 V$$

$$A(F2) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 2,3V} * 16A * 13m * 1 = 1,61 \text{ mm}^2$$

$$A(F3) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 2,3V} * 16A * 16m * 1 = 1,98 \text{ mm}^2$$

$$A(F4) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 2,3V} * 16A * 20m * 1 = 2,48 \text{ mm}^2$$

$$A(F6) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 2,3V} * 16A * 15m * 1 = 1,86 \text{ mm}^2$$

$$A(F7) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 2,3V} * 16A * 13m * 1 = 1,61 \text{ mm}^2$$

$$A(F8) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 2,3V} * 16A * 14m * 1 = 1,74 \text{ mm}^2$$

$$A(F9) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 2,3V} * 16A * 17m * 1 = 2,11 \text{ mm}^2$$

Minden 16 A-ra biztosított dugaljhoz a szükséges névleges keresztmetszet :

$$A_n (FD) = 2,5 \text{ mm}^2$$

3x2,5 mm² MCu vezeték kerül behúzásra a Mü III.-as védőcsőbe, vakolat alá süllyesztett szereléssel. Ez a keresztmetszet maximálisan megfelel minden dugaljhoz feszültségesésre és üzemi melegedésre is. [3]

4.2. Világítási áramkörök méretezése feszültségesésre

Világítási körök esetében 3% a megengedhető százalékos feszültségesés (ε), amit tartani célszerű. A házban csak egyfázisú világítótestek találhatóak, így itt is egyfázisú 230 V-os feszültségesés méretezést szükséges végrehajtani. A világítás névleges teljesítménye a LED-es fényforrások miatt elképesztően alacsony, így nem erre méretezek mert értelmetlen lenne, hanem az elviekben folyni képes maximum áramra, azaz a kismegszakító névleges értékére. Természetesen a felhasznált 101-es kapcsolók is 10 amperesek, így adja magát a B 10 amperes kismegszakító is.

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_f}{2} = \frac{3}{100} * \frac{230V}{2} = 3,45 \text{ V}$$

$$A(F11) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 3,45V} * 10A * 20m * 1 = 1,03 \text{ mm}^2$$

$$A(F12) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 3,45V} * 10A * 15m * 1 = 0,77 \text{ mm}^2$$

$$A(F13) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 3,45V} * 10A * 10m * 1 = 0,51 \text{ mm}^2$$

$$A(F14) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 3,45V} * 10A * 9m * 1 = 0,46 \text{ mm}^2$$

Minden 10 A-ra biztosított világítási körhöz a szükséges névleges keresztmetszet :

$$A_n (FV) = 1,5 \text{ mm}^2 \quad [3]$$

3x1,5 mm² MCu vezeték kerül behúzásra a Mű III.-as védőcsőbe. Ez a keresztmetszet jó választás világítási áramkörökhöz minden szempontból. Ugyan a számított keresztmetszetek alapján egyes áramköröknél akár 1 mm² vezeték keresztmetszet is megfelelőnek tűnhet, de hiába létezik ilyen vezeték is, nem használunk épületvillamosságban 1,5 mm² -nél kisebb keresztmetszetű réz vezetékét, így mindenképpen ez a helyes választás. [3]

4.3. Fix bekötésű fogyasztók méretezése feszültségesésre

Mindhárom fix bekötésű fogyasztó háromfázisú fogyasztó, de egyik sem szimmetrikus 3F fogyasztó. Mindháromba bekötjük a nullavezetőt is, így a közelítő számítást alkalmazom itt is. A fix bekötésű fogyasztókat $\varepsilon = 1\%$ százalékos feszültségesésre méretezem. Az elektromos autó töltőnél különösen fontos, hogy a hálózat miatt ne korlátozódjon a töltés folyamán az áramerősség, azaz ne melegedjen és ne legyen nagy a feszültségesés. A hőszivattyú és a főzőlap is nagy fogyasztók, ezek esetében is $\varepsilon = 1\%$ lesz.

$$e' = 0,75 * \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_v}{\sqrt{3}} = 0,75 * \frac{1}{100} * \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 1,732 \text{ V}$$

$$A(F1) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 1,732V} * 16A * 13m * 1 = 2,14 \text{ mm}^2$$

$$A(F5) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 1,732V} * 16A * 14m * 1 = 2,31 \text{ mm}^2$$

$$A(F10) = \frac{\rho_{cu}}{e'} * I_n * l * \cos\varphi = \frac{1}{56 * 1,732V} * 16A * 21m * 1 = 3,46 \text{ mm}^2$$

A hőszivattyúnak és a modern konyhának is 5x2,5 mm² vezetékre van szüksége, az e-autó töltő keresztmetszete pedig 5x4mm² lett. Ezek az értékek is megfelelnek a vezeték terhelhetősége táblázat alapján is, így az ezekkel történő létesítés megfelelő. [3]

5. ÁRAMÜTÉS ELLENI VÉDELEM

A családi ház TN-rendszerű hibavédelmét, azaz közvetett érintés elleni védelmét a hurokimpedanciák kiszámolásával lehet meghatározni. A hurokimpedanciát utána összevetjük az adott szakaszt védő túláramvédelmi szerv önműködő, azonnali lekapcsolását még garantáltan biztosító impedanciával. Amennyiben a hálózat hurokimpedanciájára kapunk kisebb értéket, akkor a rendszer hibavédelme megfelelő. A hurokimpedancia a fogyasztó és a táppont közötti impedancia összeg, amin az üzemi áram és olykor a zárlati áram is keresztül halad. Ha van, akkor oda- és visszavezetéssel egyaránt. A 0,4-es hálózatot ellátó transzformátor, a vezetékek (közcélú, méretlen, mért, áramköri vezetékek) és a kötéseknel keletkező esetleges átmeneti ellenállások értékeiből adódik a hurokimpedancia. Utóbbit most ideálisnak vesszük, tehát jó kötésekkel feltételezünk, ezekkel nem is lehetne számolni. [19]

5.1. A hálózat impedanciái

A hálózat minden elemének adatait ismerjük. Ha az áramszolgáltatói részt nem ismernénk, a 80-20%-os közelítő módszerrel lehetne meghatározni, miszerint a teljes hálózati hurokimpedancia kb. 20 százalékaért az áramszolgáltató a „felelős”, a többi 80 százalék pedig a házak belső villanszerelésének következménye. Azaz a házban a feszültségesés döntő mértékben az épületvillamosossági szerelő precizitásán múlik.

5.1.1. A közcélú transzformátor impedanciája (Z_{Tr})

$$S_{Tr} = 400 \text{ kVA}$$

$$P_v = 4800 \text{ W}$$

$$\varepsilon = 5\%$$

$$I_n = \frac{S_{nTr}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{400 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 577,3 \text{ A}$$

$$R_{Tr} = \frac{P_v}{3 \cdot I_n^2} = \frac{4800 \text{ W}}{3 \cdot 577,3^2} = 4,8 \cdot 10^{-3} \Omega = 4,8 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{Tr} = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_v^2}{S_n(Tr)} = \frac{5}{100} \cdot \frac{400^2}{400 \text{ kVA}} = 20 \text{ m}\Omega$$

$$X_{Tr} = \sqrt{(Z_{Tr}^2 - R_{Tr}^2)} = 19,41 \text{ m}\Omega \quad [5]$$

A transzformátor impedanciája:

$$Z_{Tr} = 4,8 + 19,41j \text{ m}\Omega \text{ [} 20 \text{ m}\Omega \text{]}$$

5.1.2. Szabadvezetékes közcélú hálózat impedanciája

$$A = 4 \times 95 \text{ mm}^2 \text{ Al}$$

$$\text{GMR} = 4,74 \text{ mm}$$

$D = 520 \text{ mm}$ ($2 \times 260 \text{ mm}$), mivel a fázistávolság 260 mm és az oszlop keresztartóján az egyik középső szigetelőn lévő vezető a PEN vezető, így a 4 vezetékes rendszerben a legtávolabbi (L) fázis és a PEN között 520 mm távolság van.

$$l = 215 \text{ m} = 0,215 \text{ km}$$

$$X_{szv} = l * 0,145 * \lg \frac{D}{\text{GMR}} = 0,215 \text{ km} * (0,145 * \lg \frac{520 \text{ mm}}{4,74 \text{ mm}}) \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,064 \Omega$$

$$R_{szv} = \rho * \frac{2 * l}{A} = \frac{1}{35} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{2 * 215 \text{ m}}{95 \text{ mm}^2} = 0,13 \Omega$$

$$Z_{szv} = 130 + 64j \text{ m}\Omega \text{ [} 144,9 \text{ m}\Omega \text{]}$$

5.1.3. Csatlakozóvezeték (szigetelt légvezeték) ellenállása

Általánosságban elmondható, hogy a 25 mm^2 alatti kábelek reaktanciája és közvetlenül egymás mellett haladó szigetelt vezetékek reaktancia értéke gyakorlatilag elhanyagolható, így innentől fogva tisztán ohmosnak tekintjük a vezetékeket a ház hálózatában, tehát itt már csak R hurokellenállásról beszélünk, az eddigiekkel ellentétben.

$$A = 4 \times 16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$$

$$l = 20,5 \text{ m}$$

$$X_{csv} = 0 \Omega$$

$$R_{csv} = \rho * \frac{2 * l}{A} = \frac{1}{35} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{2 * 20,5 \text{ m}}{16 \text{ mm}^2} = 0,073 \Omega = 73 \text{ m}\Omega \quad [5]$$

5.1.4. Méretlen fővezeték ellenállása

$$A = 4 \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$$

$$l = 3 \text{ m}$$

$$X_{\text{méretlenfőv}} = 0 \text{ } \Omega$$

$$R_{\text{méretlenfőv}} = \rho * \frac{2 * l}{A} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{2 * 3 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2} = 0,010 \text{ } \Omega = 10 \text{ m}\Omega$$

5.1.5. Mért fővezeték ellenállása

$$A = 4 \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$$

$$l = 15 \text{ m}$$

$$X_{\text{mértfőv}} = 0 \text{ } \Omega$$

$$R_{\text{mértfőv}} = \rho * \frac{2 * l}{A} = \frac{1}{56} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{2 * 15 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2} = 0,054 \text{ } \Omega = 54 \text{ m}\Omega \quad [5]$$

5.1.6. Végáramkörök ellenállása

A lakáselosztó ellenállását ideálisnak tekintem. A készülékeknek (ávk, kismegszakítók), az azokat bekötő rövid vezetékeknek, illetve a kismegszakító fázissínnek természetesen van valamennyi ellenállása. Ez egy nagyon alacsony érték lenne, éppen ezért elhanyagoljuk, feltételezve természetesen a szakszerűen elvégzett szerelést. [19]

Az áramköröket illetően, az ugyanazon áramkörön, ugyanazon túláramvédelmi szerv által biztosított és párhuzamosan az áramkörbe bekötött fogyasztók közül, elegendő csak a legtávolabbit kiszámolni, hiszen az adja a legrosszabb esetet, azaz a legnagyobb impedanciát.

Az áramkörök adatait, mint a nyomvonalhossz, kismegszakító típusa, a 2. táblázatból lehet következtetni.

A vezeték keresztmetszetet pedig korábban kiszámoltam, méreteztem. Ezeket az adatokat használom most fel. Az egyfázisú és a háromfázisú áramkörök hurokellenállás számításánál ugyanazt a módszert alkalmazom, hiszen a 3 fázisú 5 vezetékes fogyasztóknál is a legkedvezőtlenebb eset az egyfázisú testzárlat (L1-PE). [19]

$$X_{ák} = 0 \, \Omega$$

$$1. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F2} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 13 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,186 \, \Omega$$

$$R_{F1} = 186 \text{ m}\Omega$$

$$2. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F2} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 13 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,186 \, \Omega$$

$$R_{F2} = 229 \text{ m}\Omega$$

$$3. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F3} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 16 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,229 \, \Omega$$

$$R_{F3} = 229 \text{ m}\Omega$$

$$4. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F4} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 20 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,286 \, \Omega$$

$$R_{F4} = 286 \text{ m}\Omega$$

$$5. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F5} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 14 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,200 \, \Omega$$

$$R_{F5} = 200 \text{ m}\Omega$$

$$6. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F6} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 15 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,214 \, \Omega$$

$$R_{F6} = 214 \text{ m}\Omega$$

$$7. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F7} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 13 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,186 \, \Omega$$

$$R_{F7} = 186 \text{ m}\Omega$$

$$8. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F8} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 14 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,200 \, \Omega$$

$$R_{F8} = 200 \text{ m}\Omega$$

$$9. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F9} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 17 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,243 \, \Omega$$

$$R_{F9} = 243 \text{ m}\Omega$$

$$10. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F10} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 21 \text{ m}}{4 \text{ mm}^2} = 0,188 \, \Omega$$

$$R_{F10} = 188 \text{ m}\Omega$$

$$11. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F11} = \rho * \frac{2 \cdot l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 20 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} = 0,476 \, \Omega$$

$$R_{F11} = 476 \text{ m}\Omega$$

$$12. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F12} = \rho * \frac{2 * l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 15 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} = 0,357 \, \Omega$$

$$R_{F12} = 357 \text{ m}\Omega$$

$$13. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F13} = \rho * \frac{2 * l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 10 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} = 0,238 \, \Omega$$

$$R_{F13} = 238 \text{ m}\Omega$$

$$14. \text{ áramkör ellenállása: } R_{F14} = \rho * \frac{2 * l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{2 * 19 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} = 0,452 \, \Omega$$

$$R_{F14} = 452 \text{ m}\Omega \quad [5]$$

5.2. Végáramkörök áramütés elleni védelme

Hurokimpedancia alakulása a végpontokban a fogyasztóknál:

$$Z_s = Z_{Tr} + Z_{szv} + R_{csv} + R_{méretlenfv} + R_{mértfv} + R_{Fx}$$

Azaz a transzformátor, a szabadvezetékes közcélú hálózat, a csatlakozóvezeték, a méretlen és a mért fővezeték és az adott áramkör impedanciájából adódik.

A végáramköröknél, mindig az adott áramkörhöz tartozó, lakáelosztóban elhelyezett kismegszakító által maximálisan megengedett hurokimpedanciával kell összehasonlítani az áramkör hurokimpedanciáját. Ehhez tudnunk kell a kismegszakító típusát és ismernünk kell annak alfáját. [5]

A dugaszoló aljzatokat és a világítási áramköröket kötelező áramvédő - kapcsolóval védeni. Ahogyan az az EPLAN tervből (2. ábra) is látható, nálam nincs olyan áramkör, amely ne lenne védve ÁVK-val. Ennek az az oka, hogy feltétlenül fontosnak tartom az alkalmazását mindenhova, ahova csak lehetséges, főleg egy családi házban, még akkor is, ha a szabvány konkrétan csak a dugaljakra és a világításra írja elő.

30 mA-es ÁVK alkalmazása ellenére nem elegendő csak a 30 mA-re való kioldásra méretezni az áramütés elleni védelmet, hiszen vannak olyan zárlatok, amelyek az áramvédő-kapcsoló működési elvéből kifolyólag láthatatlanok számára. Annak ellenére, hogy a leggyakrabban előforduló zárlatok a testzárlatok (L1-PE), a fázis-nulla (L1-N) zárlatra az ÁVK nem produkál kioldást, hiszen differenciál (különbözeti) elven működő védelemről van szó, ilyen esetben pedig nincs különbség a befolyó és a visszafolyó ág között. [19]

Ennek ellenére a testzárlatok és a szivárgások elleni védekezés miatt, alkalmazása elengedhetetlen. Természetesen ÁVK kioldásra is elkészítem a számolást, annak ellenére, hogy borítékolható, hogy meg fog felelni minden áramkör. [19]

A lakáelosztóban található kismegszakítók: C16, B16, B10

B karakterisztikájú kismegszakító esetén $\alpha = 5$

C karakterisztikájú kismegszakító esetén $\alpha = 10$

$$B10: Z_{smax} \leq \frac{Uf}{\alpha * I_n} = \frac{230 V}{5 * 10 A} = 4,6 \Omega$$

$$B16: Z_{smax} \leq \frac{Uf}{\alpha * I_n} = \frac{230 V}{5 * 16 A} = 2,88 \Omega$$

$$C16: Z_{smax} \leq \frac{Uf}{\alpha * I_n} = \frac{230 V}{10 * 16 A} = 1,44 \Omega \quad [5]$$

Hurokimpedancia értéke a lakáelosztóig:

$$Z_{s(lk)} = 4,8 + 19,41j \text{ m}\Omega + 130 + 64j \text{ m}\Omega + 73 \text{ m}\Omega + 10 \text{ m}\Omega + 54 \text{ m}\Omega =$$

$$Z_{s(lk)} = 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega$$

5.2.1. Kismegszakító kioldás ellenőrzése

1. $Z_s = 186 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 457,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,465 \Omega] \leq 1,44 \Omega \checkmark$
2. $Z_s = 229 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 500,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,507 \Omega] \leq 1,44 \Omega \checkmark$
3. $Z_s = 229 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 500,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,507 \Omega] \leq 1,44 \Omega \checkmark$
4. $Z_s = 286 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 557,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,564 \Omega] \leq 1,44 \Omega \checkmark$
5. $Z_s = 200 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 471,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,479 \Omega] \leq 2,88 \Omega \checkmark$
6. $Z_s = 214 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 485,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,492 \Omega] \leq 2,88 \Omega \checkmark$
7. $Z_s = 186 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 457,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,465 \Omega] \leq 2,88 \Omega \checkmark$
8. $Z_s = 200 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 471,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,479 \Omega] \leq 2,88 \Omega \checkmark$

$$9. Z_s = 243 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 514,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,521 \text{ }\Omega] \leq 2,88 \text{ }\Omega \checkmark$$

$$10. Z_s = 188 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 459,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,467 \text{ }\Omega] \leq 1,44 \text{ }\Omega \checkmark$$

$$11. Z_s = 476 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 747,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,752 \text{ }\Omega] \leq 4,6 \text{ }\Omega \checkmark$$

$$12. Z_s = 357 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 628,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,634 \text{ }\Omega] \leq 4,6 \text{ }\Omega \checkmark$$

$$13. Z_s = 238 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 509,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,516 \text{ }\Omega] \leq 4,6 \text{ }\Omega \checkmark$$

$$14. Z_s = 452 \text{ m}\Omega + 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega = 723,8 + 83,4j \text{ m}\Omega [0,728 \text{ }\Omega] \leq 4,6 \text{ }\Omega \checkmark$$

5.2.2. ÁVK kioldás ellenőrzése

Tekintve, hogy az összes áramkört áramvédő-kapcsoló védi, így, ha a legnagyobb hurokimpedanciájú áramkört viszonyítom az ÁVK kioldási minimum hurokimpedanciához, akkor biztosan az összes áramkör testzárlati hibájára ki fog oldani a készülék.

$$Z_{s\max} \leq \frac{U_f}{I_{\Delta}} = \frac{230 \text{ V}}{0,030 \text{ A}} = 7666,6 \text{ }\Omega$$

$$0,752 \text{ }\Omega \leq 7666,6 \text{ }\Omega \checkmark$$

Összességében elmondható, hogy minden áramkör TN- rendszerű hibavédelme megfelelő. [5]

5.3. Lakáselosztó áramütés elleni védelme

$$Z_{s(lk)} = 4,8 + 19,41j \text{ m}\Omega + 130 + 64j \text{ m}\Omega + 73 \text{ m}\Omega + 10 \text{ m}\Omega + 54 \text{ m}\Omega =$$

$$Z_{s(lk)} = 271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega$$

A méretlen kismegszakító a felelős a megfelelő közvetett érintés elleni védelem meglétéért a fogyasztásmérő szekrény és a lakáselosztó közötti szakaszon. A legpesszimistább eset az, hogy a lakáselosztó első kismegszakítója előtt történik a hiba.

Ezen a ponton $271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega$ a hurokimpedancia értéke.

$$I_z = \frac{U_f}{271,8 + 83,4j \text{ m}\Omega} = \frac{230 \text{ V}}{0,284 \text{ }\Omega} = 809,9 \text{ A} \quad [5]$$

Ez az az a zárlati áramerősség, ami minimum fellép a tárgyalt esetben. Most pedig meg kell nézni a méretlen kismegszakító kioldását.

$$C32: I_{zmin} \geq \alpha * I_n = 10 * 32A = 320 A$$

$$809,9 A > 320 A \checkmark$$

A lakáelosztó hibavédelme megfelelő. [5]

5.4. Fogyasztásmérő szekrény áramütés elleni védelme

A fogyasztásmérő tokozatában elhelyezett méretlen kismegszakító előtti zárlatok esetében, az áramszolgáltató túláramvédelmi szervének kell megszólalnia. Ez a készülék a KIF hálózatok legelső túláramvédelmi szerve, az OTR szekrényben kerül elhelyezésre a DSO által. Az OTR szekrény előtti zárlatokra pedig a transzformátor középfeszültségű oldalán elhelyezett olvadóbiztosítók szolgálnak. Ilyen esetben a zárlati áramot szinte csak a trafó impedanciája korlátozza. A magyar kisfeszültségű hálózatokon egyelőre nem található semmilyen okos készülék, csak késes olvadóbiztosító. Jelen esetben a közcélú és csatlakozó vezetékek védelméül szolgáló túláramvédelem egy 160 A-es gG vezetékvédő karakterisztikájú késes olvadóbiztosító. Ezek általában 100 kA-es zárlati szilárdsággal rendelkeznek. Itt az alfa értéke 4 lesz.

$$Z_{smax} \leq \frac{U_f}{\alpha * I_n} = \frac{230 V}{4 * 160 A} = 0,359 \Omega$$

Hurokimpedancia a fogyasztásmérő helyig: $Z_s = Z_{Tr} + Z_{szv} + R_{csv} + R_{méretlenfv}$

$$Z_s = 4,8 + 19,41j \text{ m}\Omega + 130 + 64j \text{ m}\Omega + 73 \text{ m}\Omega + 10 \text{ m}\Omega = 217,8 + 83,4j [0,233 \Omega]$$

$$0,233 \Omega \leq 0,359 \Omega \checkmark$$

A hálózat hibavédelme megfelelő. [5]

6. 20/0,4 KV-OS TRANSZFORMÁTOR ZÁRLATSZÁMÍTÁS

A transzformátor ε értéke, azaz a százalékos rövidzárási feszültségesése (drop) = 5%.
A névleges teljesítménye (S_n)= 400 kVA.

A legnagyobb szekunder oldali zárlati áram nagyságát a 3F zárlat adja, melynek kiszámítására a legegyszerűbb eljárás az „S” módszeres zárlatszámítási mód. Ilyen szekunder oldali kapocszárlatoknál, a zárlati áramot csak a trafó impedanciája korlátozza. Ez a transzformátor maximális zárlata. A 3F zárlat szimmetrikus terhelést jelent, tehát mindhárom 0,4-es fázisvezetőn a kiszámolt áramerősség fog folyni.

Saját zárlati teljesítmény:

$$S^{zTR} = \frac{100}{\varepsilon} * S_n = \frac{100}{5\%} * 400\text{kVA} = 8\text{ MVA}$$

A zárlati áram:

$$I_z = \frac{S^{zTR}}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{8000\text{ kVA}}{\sqrt{3} * 400} = 11,5\text{ kA}$$

11,5 kA lesz ez a zárlati áram, ami azt jelenti, hogy ennyit a transzformátornak el kell viselnie egy zárlat esetén, addig amíg a középvezetű olvadóbiztosító ki nem olvad. Ha a lehető legnagyobb áramerősség lép fel a kisfeszültségű kékes olvadóbiztosító után, az az érték biztosan kisebb lesz mint 11,5 kA, tehát a 100 kA-es zárlati szilárdság maximálisan megfelelő. [2]

7. MÉRETEZÉS ZÁRLATI MELEGEDÉSRE

Méretezem zárlati melegedésre a házban található legkisebb keresztmetszetű áramkört, azaz egy 1,5 mm²-es áramkört, még pedig azt ahol a zárlati áram a legnagyobb, azaz a hurokimpedancia a legkisebb.

Használt képlet:

$$I^2 * R * t = c * m * \Delta t$$

Átrendezve:

$$\Delta t = \frac{I^2 * R * t}{c * m}$$

Adatok:

$$I = \frac{230 \text{ V}}{0,516 \Omega} = 445,7 \text{ A (zárlati áramerősség)}$$

$$R = \rho * \frac{l}{A} = \frac{1}{56} * \frac{10 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} = 0,120 \Omega \text{ (a réz vezeték ellenállása)}$$

$$l = 10 \text{ m (a vezeték hossza)}$$

$$A = 1,5 \text{ mm}^2 \text{ (a vezeték keresztmetszete)}$$

$$t = 0,1 \text{ s (az áramerősség fennállásának maximum ideje, kismegszakító kikapcsolási idő)}$$

$$c = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{°C}} \text{ (a réz fajhője)}$$

$$m = 14,4 \text{ kg/km, } 10 \text{ méter} = 0,144 \text{ kg (a 10 méter 1,5 mm}^2 \text{ keresztmetszetű vezeték súlya)}$$

$$\Delta t = \frac{I^2 * R * t}{c * m} = \frac{445,7 \text{ A}^2 * 0,120 \Omega * 0,1 \text{ s}}{400 \frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{°C}} * 0,144 \text{ kg}} = 41,3 \text{ °C}$$

$$\Delta t = t_{\text{megengedett}} - t_{\text{üzemi}}$$

A vezető megengedett maximum hőmérséklete: 70 °C. Az általam kiszámolt melegedés: 41,3 °C. Ha az üzemi hőmérséklet kb 20 °C, akkor a vezeték 61,3 °C-ra melegszik. Tehát ez megfelelő keresztmetszet zárlati melegedés szempontjából is. A kismegszakító kikapcsolási idejét 0,1 másodpercre választottam, de ez az érték akár még kevesebb is lehet. [19]

8. LAKÁSOK, CSALÁDI HÁZAK ÁRAMÜTÉS ELLENI VÉDELMENEK FELÜLVIZSGÁLATA

Ezen épületek esetében nincs előírva kötelezően időszakos felülvizsgálat, de a 40/2017. (XII 4.) NGM rendelet megváltozása után elkezdett terjedni, hogy minden egyes ingatlan eladásakor, illetve bérbeadáskor kötelező megcsináltatni az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálatot. Ezzel szemben a rendelet teljesen mást mond, vannak esetek amikor ettől el lehet térni. [8]

Új fogalom is jött az eddigiek helyett a VMBSZ-ben: Az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat és a szerelői ellenőrzés fogalma is megszűnt, új fogalomként jelent meg a villamos biztonsági felülvizsgálat, mint átfogó ellenőrzési forma.

A 27/2020. (VII. 16.) ITM rendelet 7. fejezete módosítja az NGM rendeletet. A módosítások érintik a VMBSZ-t (Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzatot) is. A villamos biztonsági felülvizsgálat (VBF) magában foglalja az Érintésvédelmi felülvizsgálatot (ÉVF) és az Erősáramú berendezések felülvizsgálatát (ÉBF). Aki eddig mindkét korábbi képesítéssel rendelkezett, megkapja automatikusan az új VBF képesítést is. A változás érdemi lényege tehát, hogy az eddig külön-külön (sokszor más-más személy által) elvégzett felülvizsgálatok helyett, egy egységes, széleskörű felülvizsgálati formát vezettek be. [7]

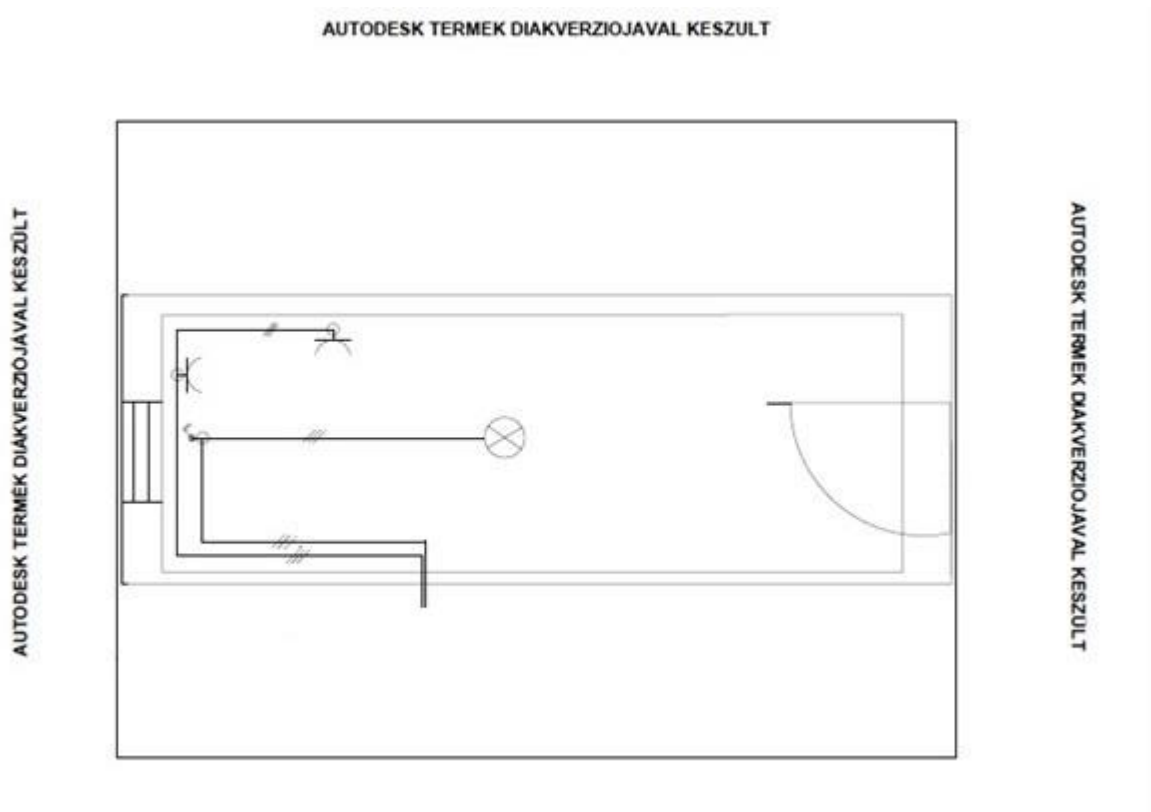
A lakóingatlanok esetében tehát, a villamos biztonsági felülvizsgálatot csak akkor kötelező elvégeztetni, ha bérbeadás történik, vagy pedig ingatlan adás-vétel történik és tulajdonosváltás következik be.

Van kivétel ez alól is, mégpedig a rendelet szerint akkor, ha 2 fontos műszaki feltétel együttesen teljesül. Egyrészt amennyiben fázisonként 32 A-nél nem nagyobb névleges áramú a lakásban található első túláramvédelmi szerv, azaz a méretlen kismegszakítók névleges értéke. Másrészt amennyiben 30 mA, vagy annál kisebb érzékenységgű ÁVK-val védettek a felhasználói berendezések. A két feltétel között tehát ÉS kapcsolat van. Együttes teljesülés esetén elhagyható a villamos biztonsági felülvizsgálat. [8]

9. VILLAMOS TERVEZÉS

9.1. A családi ház egyik szobájának villamos egyvonalas rajza

Az alábbi rajzban szemléltetem a korábban kiszámoltakat és elmondottakat az egyik szobára viszonyítva, az egész ház felülnézeti képét nem készítettem el, csak az egyik szobáét. Autocad tanulói verziójával elkészítettem egy egyszerű egyvonalas tervet a szerelvényekről és a nyomvonalról.



1. ábra: AUTOCAD szoba egyvonalas rajz

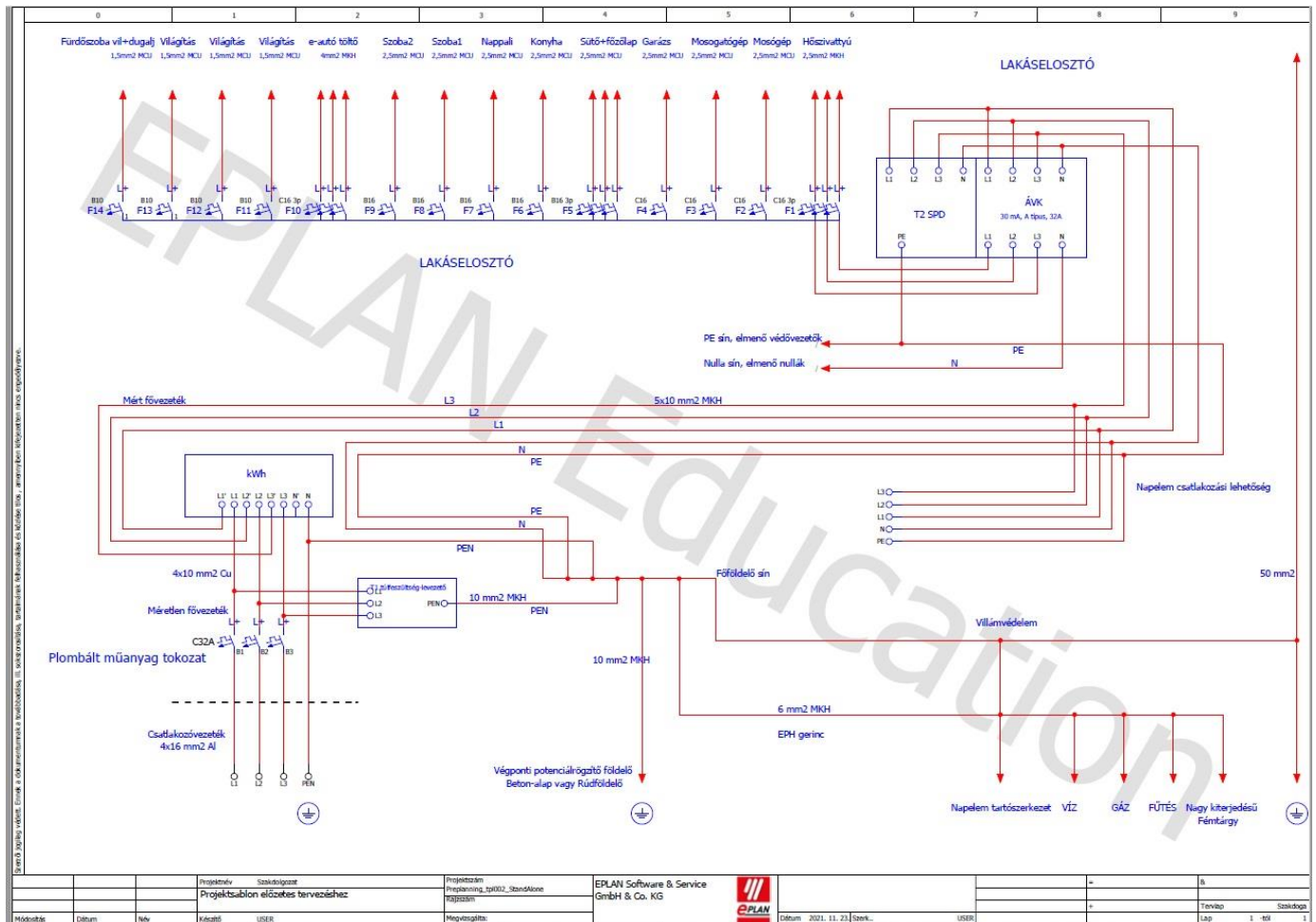
Forrás: saját szerkesztés

Található a szobában 2 db dugaszoló aljzat és 1 lámpatest. A lámpát egy egysarkú 101-es kapcsoló kapcsolja. A 2 db dugaljhoz és a világításhoz is 3 szál vezeték érkezik. (L1, N, PE). Világítási áramkörnél a fázisvezetőt szakítjuk a kapcsolóval.

Az áramkörök a lakáselosztóból indulnak. A 2 db dugalj egy áramkörön van, mindkettőhöz $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ MCu vezeték érkezik, a világítás egy másik áramkörön van. A dugaljak névleges áramértéke 16A, a világítási áramkör pedig 10A. 1 db B16-os kismegszakító védi a dugaljakat, 1 db B10-es pedig a világítást. [19]

Mindkét dugaljhoz $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ MCu vezeték érkezik a lakáselosztóból, a 3 db vezeték egy 80-as süllyesztett kötődobozban kerül megkötésre, szabványos kötőelemmel.

9.2. A teljes családi ház többvonalas, áramutas villamos terve



1. ábra: EPLAN többvonalas villamos terv

Forrás: saját szerkesztés

Az EPLAN tanulói verziójában elkészítettem a teljes családi ház villamos hálózatát. Jelöltem minden áramutat, készüléket. Azon készülékek, amik készülékdobozzal vannak jelölve, nem pedig a hagyományos rajzzel, azokat a program tanulói változata nem tartalmazza, így kénytelen voltam kézzel megrajzolni. A rajz nyomtatási képét mellékeltem, ez látható a 2. ábrán. A rajz a csatlakozóvezetékkel kezdődik, ami a fogadó sorkapcsokban végződik és onnantól a rajz minden további villamos elemet tartalmaz. Az esetleges napelem telepítési helyét is rárajzoltam a tervre. [19]

9.3. Mérőhely kialakítás

A mérőhely kiépítéséhez szükség van egy hálózati rendszerengedéllyel rendelkező tipizált fogyasztásmérő szekrényre. Ez egy HENSEL HB 3000 3 fázisú kivitele lesz, amely egy falon kívüli műanyag tokozat. Szabadvezetékes csatlakozás van a házban, így nincs szükség külön kábelfogadóra. De ez áramszolgáltató függő, van, ahol légvezetékes csatlakozásnál is kötelező a felsőmaszkos szekrény kábelfogadóval és az alulról beállítás. Amennyiben ennek a szekrénynek a földkábeles csatlakozású változatát választjuk, mindenképpen kell hozzá egy külön kis kábelfogadó doboz is. [16]

Ebben 1 db fogyasztásmérőnek van hely, hiszen csak „A” tarifa, azaz nappali fogyasztásmérés lesz a szekrényben, későbbi napelemes rendszer kiépítésnél egyébként is csak „A” tarifa lehetséges. Ad-vesz mérésnél nincs sem vezérelt, sem egyéb mérési lehetőség. Ez lesz tehát a falon kívüli fogyasztásmérő hely a házban, ami plombálásra kerül az áramszolgáltató által, akinek egyébként a ház további villanyszereléséhez semmi jogosultsága nincs, itt végződik az ő területe. [16]

A fogyasztásmérő szekrényben hajlékony vezetékeket használunk érvéghüvellyel ellátva minden keresztmetszeten, de minimum 10 mm². Egyszerű, világos vezetékelrendezés szükséges, jelöléstechnikára is oda kell figyelni, a vezetékek mindkét végén azonos jelölések, adattábla stb. [16]

Családi házak esetében a méretlen kismegszakító eleget tesz a tűzeseti főkapcsoló követelményeinek, amennyiben az a kikerkező tűzoltó számára egyértelműen hozzáférhető.

Ha már tűzvédelem, a családi házaknál a tűzvédelem is az engedélyeztetési terv része. A ház alapterülete nem éri el az 500 m²-t, ezért az engedélyezési eljárásba a tűzvédelmi szakhatóság bevonása nem kötelező. A házban automatikus tűzjelző berendezés nem létesül, telefonon keresztüli a tűzjelzés, a tűzcsap nem előírás kisméretű lakóépületeknél. A főfalakon és födémeken túl, plusz tűzgátlás nem létesül. A homlokfal A1 tűzvédelmi osztályú téglafal, a tetőfedés szintén A1 tűzvédelmi osztályú. A villamos tűzeseti lekapcsolást el lehet végezni a fogyasztásmérő helynél, amely a teljes épületet biztosan feszültségmentesíti. [14]

A zárópecsételt műanyag tokozat tartalmazza: a rögzített kialakítású sorkapcsokat, a méretlen kismegszakítókat, a fogyasztásmérőt, a T1-es fokozatú (10 µs/350 µs) túlfeszültség-levezetőt, amennyiben az a méretlen oldalra kerül beépítésre (én így rajzoltam). [9]

Ezen kívül egyébként, nem ennél a konkrét családi háznál maradva, általánosságban zárópecsételt térbe kerülhetnek még egyéb méretlen kismegszakítók és fogyasztásmérők és ezek tartozékai több tarifás mérőhely esetében, illetve központi vezérlés készülékei.

Ide kerülhet még a PEN szétválasztás is. A PEN vezető fogadásával és szétválasztásával kapcsolatban annyi a szabványban szereplő utasítás, hogy a csatlakozó főelosztóban kell szétválasztani, konkrét további információ erről nincs. Ennek okán sokszor DSO és DSO között is különbségek vannak a mérőhely kiépítés szempontjából. Ezzel a regisztrált szerelőnek tisztában kell lennie kiépítéskor. Van áramszolgáltató, ahol elég a PEN vezetőről vagy a főföldelősínről egy leágazás a fogyasztásmérő nulla kapcsára (hiszen a nullát nem mérjük), viszont előfordul, ahol a fogyasztásmérőn át kell vinni az üzemi nullát, tehát belépés után rögtön szétválasztásra kerül a PEN, ilyenkor szinte mindig plombált térbe kerül a PEN sín, a főföldelősínrel együtt és innen indul a Nulla és a PE. [9]

A potenciálrögzítő földelés is ide kerül bekötésre a főföldelősínre, viszont a szabvány leírja, hogy megbontás nélkül felülvizsgálható kell, hogy legyen, azaz szükség van egy vizsgáló kötődobozra a mérőhely alatt, ahol összekötésre kerül a horganyzott köracél rúd földelő, azzal a zöldsárga földelővezetővel, ami a földelősínre csatlakozik. Ebben a dobozban egy oldható kötéspon van, szabványos kötőelemmel összekötve, ahol bármikor mérhető a földelési ellenállás.

Az MSZ 447:2019 szabvány szerint 1 db 4 méteres rúd földelőre van szükség, de ez lebontható 2x2 méteresre, egymástól legalább rúd földelőnyi hosszra, azaz 2 méterre elhelyezve (leütve), egymással multikapoccsal összekötve. A földelőket a fagyhatár alól, azaz legalább 70 cm mélyről kell indítani. [6]

Családi házaknál is egyre gyakoribb a beton alap-földelő megoldás is, ami ugyan sokkal jobb földelési ellenállást biztosít és nincs szükség később rúd földelőkre, viszont az építés előtt gondolni kell rá. Ilyenkor építkezés során leütnek betonvasakat a földbe, amin kialakításra kerülnek csatlakoztatási pontok, amire rá lehet kötni a földelővezetőt ugyanúgy.

A földelési szétterjedési ellenállás értéke konkrétan a szabványban nincs rögzítve, de a gyakorlatban célszerű 10 Ω alatt tartani azt. [19]

A főföldelő sínre kerül még bekötésre az EPH gerincvezető is, valamint be kell kötni a villámvédelmet is, amennyiben az létesítésre kerül. [9]

Az új előírások alapján az EPH gerincvezető a lakáelosztó PE sínről is indítható, de én a rajzon nem ide kötöttem be. Az EPH csomópontban végződik az EPH fővezeték, ide pedig be kell kötni a vízvezetékeket, fűtés-csőveket, a gázóra előtt és gázóra után is a gázvezetéket, lefolyót, egyéb nagy kiterjedésű fémtárgyakat. Fémeket fém EPH bilincsekkel, réz vezetékeket pedig speciális réz bilincsekkel kell bekötni az EPH csomópontba. A napelem tartószerkezetet is kötelező bekötni az EPH csomópontba, ha pedig van villámvédelem kiépítve a tetőn, akkor a villámvédelmi rendszerbe is be kell kötni. A bekötési keresztmetszet a védőtávolság tarthatóságának függvénye. Ha tartható, akkor 6 mm^2 , ha nem tartható akkor pedig 16 mm^2 . [9]

Amennyiben a vízvezeték, a fűtésvezetékek, a lefolyó, a gázvezeték műanyagból készül, akkor ezek EPH-ba bekötése teljesen felesleges és nincs is rá előírás, de lehetséges és nem tilos. Sokszor fém közdarabokat kérnek ezekbe a villanyszerelők, amire rá tudnak kötni, de ez az egész teljesen értelmetlen, szakmailag indokolatlan, hiszen például egy fél colos műanyag vízvezetékben lévő vízoszlop ellenállása gyakorlatilag szigetel, maga az 5 rétegű cső pedig szintén szigetelő.

A gázszolgáltatók műanyag gázvezeték létesítés esetén sokszor ugyanúgy kérik a gázóra előtti és gázóra utáni EPH bekötést, mert nem magyarázták el nekik, hogy a műanyag nem vezeti az áramot. Ilyenkor fém közdarab a megoldás ugyanúgy, hogy a villanyszerelő tudjon mire rákötni. A gázvezetéket EPH gerincvezetőnek felhasználni szigorúan tilos, hiszen éghető gázt tartalmaz. Régi létesítéseknél sokszor felhasználták, mint ahogy a horganyzott acél vízvezetékeket is, amik egész jó földelést biztosítottak. [19]

9.4. ÁVK szelektivitás és ÁVK beépítés a gyakorlatban

A 2. ábrán látható, hogy 1 db hibaáram-védőkapcsolót építettem be a lakáelosztóba, ez védi az egész lakás összes áramkörét. A mai világban nem biztos, hogy ez a legjobb megoldás. Ilyen esetben egy hiba fellépésekor, az egész ház sötétbe borul, megszűnik a feszültség mindenhol. Több megoldás is létezik a probléma orvosolására. Az egyik, sokkal inkább népszerűbb megoldás, hogy a lakáelosztóban több ÁVK is telepítésre kerül. Ilyenkor az áramköröket valamilyen fajta logika szerint elosztjuk az áramvédő-kapcsolók között. Célszerű a konyhát az egyikre tenni, a fürdőszobát egy másikra, a kültéri lámpákat, kültéri eszközöket ahol nagyobb a valószínűsége egy esetleges beázásnak megint csak külön kell tenni. [19]

Minden áramvédő-kapcsoló 30 mA-es érzékenységgel rendelkezzen és „A” típusú legyen. Új telepítés esetén mindenféleképpen ezt érdemes alkalmazni, a mai modern berendezések lüktető egyenárammal való működése miatt. A sima „AC” típusúnál fennáll annak a veszélye, hogy a vasmagon átfolyó egyenáram megtelíti azt és érzéketlen marad a hibákra a készülék.

A másik kevésbé népszerű megoldás, az „S” típusú áramvédő-kapcsolók használata. Ilyenkor betehetünk egy fő 100 mA-es „S” típusú ÁVK-t, aminek a kioldása késleltetett a többihez képest, ez biztosítja a szelektivitást. Ez a többi 30 mA-es fedővédelme lesz. Ilyenkor a többi 30 mA-es készüléknek is „S” kompatibilisnek kell lennie és a megfelelő koordináció érdekében egy azon gyártótól származó termékeknek kell lennie, míg ez az előző módszernél nem elvárás.

Ennél a módszernél tehát az összes áramkört pár db 30 mA-es áramvédő-kapcsoló védi, de ha valamelyik kiold, attól még a 100 mA-es és az összes többi 30 mA-es nem oldanak ki, tehát mindenhol máshol fogyaszthatunk tovább. A fő különbség az előző módszerrel szemben, hogy itt amennyiben valamelyik 30 mA-es ÁVK belső hibából eredően nem működne, van egy fedővédelmünk is ami a biztonságot garantálja, igaz kicsit késleltetve. Ez nem mondható el az első módszernél, ott csak abban az 1 db áramvédő-kapcsolónkban bízhatunk ami az adott áramkörhöz tartozik. [5]

Az elektromosautó töltő védelmére kötelező „B” típusú ÁVK-t alkalmazni, ám ez legtöbbször a töltő berendezésen belül gyárilag elhelyezésre kerül. A beépített „B” típusú fedővédelmére „A” típus alkalmazása a lakáselosztóban kötelezően alkalmazandó. [19]

9.5. Kismegszakító szelektivitás

Két db, azonos hálózaton lévő, sorban bekötött kismegszakító túláramvédelmi-szerv csak akkor tud teljesen szelektív lenni egymásra, amennyiben a korábbi, azaz tápláláshoz közelebb eső túláramvédelmi-szervet, valamilyen késleltető időtaggal látjuk el. Pár 10 ms késleltetés is elegendő, hogy a teljes túláram tartományban megvalósuljon a szelektivitás.

A családi házakban a méretlen kismegszakító és az adott áramkör kismegszakítója minden egyes esetben egymással sorbakötött. Sőt, ezek a kismegszakítók sorba vannak kötve a kismegszakító OTR szekrényben elhelyezett kékes olvadóbiztosítóval is. [4]

Egyik esetében sincs elhelyezve időrelé a védelemhez kapcsoltn, így muszáj beszélünk ezen védelmi készülékek egymáshoz fűződő viszonyáról. A végeredmény az, hogy ez ellen a probléma ellen érdemben nem tudunk mit tenni, nem valósítható meg teljes szelektivitás.

Amennyiben van egy C16-os áramköri kismegszakítónk és van egy C32-es méretlen kismegszakítónk, a túlterhelési áramok tartományában valósulhat meg csak a szelektivitás. Amint eléri a zárlati áram a 320 amper ($10\text{-es alfa} \cdot 32\text{ A}$), mindkét kismegszakító egyidejű lekapcsolása várható, hiszen mindkét kismegszakító alapidővel kiold, gyakorlatilag versenyeznek egymással. Ilyenkor még egy egyfázisú zárlatnál is, a teljes fázison sötétség lesz a házunkban.

Amennyiben a zárlati áram 160 A és 320 A között van, akkor várhatóan csak a fogyasztóhoz közelebbi kismegszakító elektromágneses gyorskioldója fog azonnali kikapcsolást végrehajtani. 160 A alatt pedig a kisebb kismegszakító termikus kioldója kapcsol ki, tehát összességében csak részleges szelektivitás valósítható meg. Amennyiben szerelnénk egy kis időrelét a méretlen kismegszakítóra és egy kicsit megkésleltetnénk, orvosolható lenne a probléma.

Az utcát védő késes olvadóbiztosító és a méretlen kismegszakító közötti szelektivitás elérése érdekében, a két jelleggörbét kell jól megválasztani. Az olvadóbiztosító jelleggörbéje olyan távol legyen a kismegszakító könyökpontjától, hogy csak a nagyon nagy zárlatokra olvadjon ki a késes olvadóbiztosító.

Az elosztói rendszerengedélyesek általában 10 kA-es zárlati szilárdsággal rendelkező kismegszakítókat helyeznek el a háztartási fogyasztóknál, tehát a cél, hogy csak több kA-es zárlati áramnál olvadjon ki a tápponti biztosító.

Két azonos karakterisztikájú, azonos típusú olvadóbiztosító között természetesen a teljes szelektivitás megvalósítása egyszerű. Két egymás után sorban elhelyezett olvadóbiztosító esetén, a névleges áramerősségek között 1,6... 2 szorzót kell alkalmazni. A tápláláshoz közelebb lévő legyen ezzel a szorzóval nagyobb névleges áramú. [4]

10. TÚLFESZÜLTSGVÉDELEM

Alapvetően a családi házak, de egyébként a legtöbb egyéb létesítménynek is a belső túlfeszültségvédelme, a túlfeszültségvédelmek megfelelő koordinációján alapszik. A túlfeszültségvezetőknek különböző osztályai vannak, amiket megfelelően beépítve elérhető a kívánt védelem. A mai modern háztartásokban egyre növekszik azon (sok esetben rendkívül drága) elektronikus eszközök száma, amiket célszerű megvédeni a hálózaton érkező nem kívánatos impulzusoktól. A megfelelő védelemnek ki kell terjednie az erősáramú és a gyengeáramú hálózatokra is a házban. [10]

A túlfeszültségek eredete: A kialakuló túlfeszültségeket 2 nagy csoportra lehet osztani, létezik:

- belső eredetű túlfeszültség
- légköri eredetű (másnéven külső eredetű túlfeszültség)

A belső eredetű túlfeszültségek, magából a hálózathoz származnak, ezért is a neve belső túlfeszültség. Ez teljesen másfajta túlfeszültségeket okoz, mint a légköri eredetű, ennek időtartama jóval hosszabb is lehet bizonyos esetekben. Hálózaton fellépő hibák, de akár normál üzemviteli körülmények is okozhatják, üzemi túlfeszültséget okozva, amelyek a hálózaton történő kapcsolásokból származnak.

Léteznek hosszabb ideig is fennálló belső eredetű túlfeszültségek:

- középfeszültségű kompenzált hálózatok aszimmetrikus földzárlata, amikor is az ép fázisok feszültsége a csillagponthoz képest vonali feszültségre emelkedik
- hirtelen terhelésváltozások bekövetkezése a hálózatban (meddő és hatásos teljesítményváltozás egyaránt okozhatja)

Okozhatja még üzemi áram hirtelen megszűnésekor vagy fellépésekor kialakuló tranziens kapcsolási túlfeszültségek:

- szabadvezetékek, kábelhálózatok bekapcsolása vagy visszakapcsolása
- zárlatok létrejöttekor és kikapcsolásakor
- üresen járó távvezetékek vagy kábelek nagy kapacitásának kikapcsolásakor [21]

Ezek általában rövid, pár ms alatt lezajlódó, gyorsan csillapodó tranziensek.

A légköri eredetűt minden esetben villámcsapások okozzák. Rövid idő alatt végbemenő és lezajló tüskeszerű feszültségemelkedést okoz. A villámcsapásnak is két fajtáját lehet megkülönböztetni.

Érheti az objektumokat elsődleges villámhatás és másodlagos villámhatás. A belső túlfeszültségvédelem koordinációja elsősorban a villám másodlagos hatásai ellen véd, amikor is a villámcsapás valamely távolabbi hálózatrészt éri (pár km távolságban) általában a középvezetékű szabadvezetékes hálózat fázisvezetőjét vagy annak közvetlen környezetét és ennek a hatását észleljük. Ezek a hatások képesek kivégezni számtalan drága elektronikus eszközt a házban. A villám elsődleges hatása azt jelenti, hogy a villámcsapás a házat, a csatlakozóvezetéket vagy annak közvetlen környezetét éri. Ez a hatás sokkal komolyabb kárt tehet az épületben. Mechanikai roncsolást, tüzet, villamos készülékek sérülését, de akár életveszélyt is okozhat. [21]

Ezt kivédeni elsősorban nem a belső túlfeszültségvédelmi készülék hivatott (kivéve a T1-es levezetőt), hanem a külső villámvédelmi rendszer, hétköznapi nevén villámhárító. Természetesen a házunkon elhelyezett két rendszer összefügg, hiszen a villámhárító is be van kötve a ház elektromos rendszerébe. A belső és a külső villámáram levezetőnek is komoly feladata van. A megfelelő típusú belső túlfeszültségvevő kell, hogy kiválasztásra kerüljön, ami többek között villámhárító meglétének függvénye is. [19]

A túlfeszültség-levezetők típusai:

- T1 („B”) típusú villámáram levezető, általában szikraköz alapú levezető eszköz
- T2 („C”) típusú túlfeszültség levezető, általában varisztoros levezető
- T3 („D”) típusú túlfeszültség levezető, általában szupresszordiódás levezető

Léteznek kombinált készülékek is. T1+T2, T1+T2+T3, T2+T3 típusúak.

A T1+T2 ezek közül a leggyakrabban használt, sőt családi házak esetén összességében a leggyakrabban használt típus. A T1+T2 típusú túlfeszültség-védelem, általában szikraközön alapszik. Védelmi feszültség szintjében inkább egy T2-es típus paramétereivel bír (1,5 kV), levezetőképességben viszont a T1-eshez hasonlóan 50 kA áramerősségre képes. [11]

Az 1-es típusú ($10\ \mu\text{s}/350\ \mu\text{s}$) védelmi feszültségszintje $3,5\ \text{kV}$, a 2. típusú ($8\ \mu\text{s}/20\ \mu\text{s}$) levezetőképessége pedig minimum $12,5\ \text{kA}$.

A túlfeszültség-koordinációt egyszerűsített kockázatelemzés alapján végeztem. Ez nagyon fontos mert nyilvánvalóan egy nagyvárosi társasház nem ugyanolyan paraméterekkel rendelkezik, mint egy vidéki családi ház. Rutinból nem szabad beépíteni az egységeket, mindenképpen meg kell vizsgálni, hogy az adott helyen mi a legcélravezetőbb. [10]

A 2. ábrán látható az általam kitalált és beépített túlfeszültség-koordinációm, bekötési helyekkel és szükséges készülékekkel. [19]

Azon szempontok alapján végeztem el, hogy a családi házon lehet, hogy kerül kiépítésre villámhárító, szabadvezetékkel csatlakozik a hálózatra és a táplálástól végig szabadvezeték van és van a tetőn nagy kiterjedésű fémtárgy. Ezek alapján, van reális esélye közvetlen villámcsapásnak, azaz villám elsődleges hatásának az épületre, ami ellen védekezni kell. Éppen ezért szükség van 1. típusú villámáram-levezetőre a házban. Ezt a T1-es készüléket a méretlen fogyasztói hálózatba kell építeni, a főföldelő sínhez minél közelebb, az első túláramvédelmi szerv után és a fogyasztásmérő előtt, annak érdekében, hogy a fogyasztásmérőt már meg tudjuk védeni. [10]

Ez a lehető legjobb megoldás, ilyenkor a készülék a méretlen kismegszakítókkal és a fogyasztásmérővel azonos zárópecsételt műanyag tokozatba kerül, amennyiben a túlfeszültség-levezető ívkifűvésmentes. Ebben az esetben a következő lépcső, a 2. típus, ami a lakáelosztóban kerül elhelyezésre, ez már eggyel finomabb védelem, de mindenképpen szükség van rá a sikeres túlfeszültségek elleni védelemhez. Egyetlen beépített fokozat önmagában képtelen elvégezni teljeskörűen a feladatot. [9]

A lakáelosztóban elhelyezett T2-es fokozatnál oda kell figyelni, hogy mindenképpen az ÁVK elé kerüljön az elhelyezése energiaellátási okból, tehát elé kell villamosan bekötni, elkerülve ezzel a rögtönzött kioldásokat a legkisebb levezetések esetén is. Ez a védelem rendelkezzen legalább $12,5\ \text{kA}$ levezetőképességgel. Ezeknek a védelmi szintje $1,5\ \text{kV}$. A háztartási készülékeknek túlnyomórészt $1,5\ \text{kV}$ a lökfeszültség-állóságuk. [10]

A gyakorlatban az 1. típusú levezetők méretlen elosztói hálózatra történő beépítése háztartásoknál sokszor problémákba ütközik, csak a DSO által engedélyezett készülékek építhetők be. [19]

Éppen ezért a legtöbbször alkalmazott megoldás családi házaknál, az 1. + 2. fokozat mért főelosztóban történő létesítése. Hátránya, hogy villámáramok folyhatnak át a fogyasztásmérőn, illetve maga a fogyasztásmérő a hálózat felől sem védett, de telepítése sokkal egyszerűbb, tetszőlegesen választható ki a készülék is és szinte ugyanolyan védelem alakítható ki a használatával. Amennyiben ezen készülék és a lakáelosztó távolsága meghaladja a 10 métert, akkor fontos egy újabb 2. típusú levezető elhelyezése a lakáelosztóban, hasonlóan a korábban tárgyalt változathoz. Így biztosítható megfelelő védekezés a villámáramok és túlfeszültségek ellen. [10]

A lakáelosztóban elhelyezett 2. típusú készülék után lévő extra érzékeny és drága elektronikus fogyasztóknál elhagyhatatlan a 3. típusú T3-as készülék telepítése, ettől el lehet tekinteni, ha 5 méteren belül helyezkedik el a fogyasztó a lakáelosztóhoz. Ezek a D típusú finomvédelmek lehetnek elosztókban, dugaljakban, kötődobozokban. A nagyon jó minőségűek hangjelzéssel jeleznek élettartamuk végén, hogy könnyedén észrevehessük. A T1 és T2-es típusok optikai jelzéssel jelzik élettartamuk végét. [11]

A családi házba csatlakozó gyengeáramú kábelekre ugyanúgy be kell kötni 1. + 2. típusú gyengeáramú túlfeszültség-levezetőket, az épületbe belépéshez minél közelebb. [10]

Általánosságban elmondható, hogy a túlfeszültség-levezetőket a lehető legrövidebb vezetékhozzokkal kell bekötni ($L1+L2+L3 = \max 50 \text{ cm}$), elkerülvén ezzel a Lenz törvénye alapján kialakuló méterenként 1000 V feszültségemelkedést a kábelben. [15]

A túlfeszültség-levezetők leírásában megtaláljuk a szükséges minimum előtét-biztosító értéket. Ha az energiaellátási oldalon ennél a megadott névleges olvadóbiztosító értéknél nagyobb van elhelyezve, akkor plusz előtét-biztosítót kell beépíteni a túlfesz-levezető párhuzamos leágazásába. Ez elsősorban ipari alkalmazásoknál fordul elő. Ilyenkor célszerű ezt az olvadóbiztosítót a tápponti biztosítóra szelektívre választani az energiaellátás fenntartása érdekében.

Amennyiben nem szükséges plusz előtét-biztosítót beépíteni a katalógus alapján, akkor is megfontolandó egy szelektív biztosító beépítése, amennyiben a legfőbb prioritás az üzem folyamatos fenntartása és a tápellátás biztonsága a hálózaton.

Természetesen ennek hátránya, hogy az előtét-biztosító kiolvadása esetén leválasztódik a hálózatról a túlfeszültség-védelem. [13]

11. VILLÁMVÉDELEM

A villámvédelemnek 2 fajtája létezik. Van norma szerinti és nem norma szerinti villámvédelem. A nem norma szerinti villámvédelem, a régi MSZ 274 szabványon alapuló, mára teljesen felülírt, de az adott kor követelményeinek maximálisan eleget tevő, régen épített villámhárítót jelent. Ezzel a szemben a norma szerinti villámvédelem az az, amikor a kivitelezés, a tervezés, a felülvizsgálat, az új MSZ EN 62305 szabvány előírásain alapszik.

Új létesítés esetén már csak az új norma szerinti villámvédelem szerint lehet eljárni. Régebbi, előző szabvány szerint létesített épület villámvédelmének időszakos felülvizsgálatakor, az építéskori vagy a legutóbbi felülvizsgálatkori előírásokat kell figyelembe venni. A felülvizsgálati jegyzőkönyvön fel kell tüntetni, hogy melyik szabvány szerint történt az adott felülvizsgálat. Ez azt jelenti, hogy a felülvizsgálónak az adott épületet illetően jogában áll áttérni az új szabvány szerinti felülvizsgálatra, annak tudatában, hogy visszatérni az előző szabványra sem ő, sem senki más a jövőben nem fog tudni. Ha nem térnek át újabb szabványra, akkor marad a létesítéskori szempontok szerinti felülvizsgálat. [17]

Teljesen új villámvédelmi rendszer (LPS) létesítése esetén tehát, csak a norma szerinti villámvédelem jöhet szóba. Itt a családi házunk esetében is így kell eljárni. A norma szerinti villámvédelem tervezése egy rendkívül bonyolult szempontrendszer alapján összerakott kockázatelemzéssel kezdődik. Ez a kockázatelemzés kézzel elvégezhetetlen, csak és kizárólag számítógépes programokkal történik. A legtöbb villámvédelmi eszközöket gyártó multinak van ilyen elérhető programja, felár ellenében, amit kifejezetten villámvédelmi tervezőknek készítettek. [18]

Amennyiben egy ilyen programban lefuttatnánk ennek a családi háznak a villámvédelmi kockázatelemzését, szinte 100%, hogy az jönne ki, hogy semmilyen villámvédelmi rendszer nem szükséges, mert annyira minimális lenne a kockázat (R0). [19]

Az OTSZ 54/2014. BM rendelet határozza meg, hogy hol nem kötelező villámvédelmet létesíteni, ennek alapján a családi házunk több pontnak is eleget tesz, ugyanis nem kötelező villámvédelmet létesíteni:

- amennyiben az épület legmagasabb pontjának magassága maximum 10 méter
- maximum 400 m² alapterületű lakóegységekben, ha a tető A1, A2 tűzveszélyességi osztályba tartozik [20]

Mindennek ellenére természetesen villámvédelem létesítését semmi nem zárja ki, ártani semmi esetre sem árhat a házunkra egy alapszintű villámvédelmi rendszer. Ha lenne egy ilyen házam, valószínűleg nem ezen spórolnék. Csehország mintájára is lehet gondolkodni, ahol is nagyon szigorúan veszik a villámvédelmet és minden egyes családi házra létesítenek is.

Az EPLAN terven amit készítettem, jelöltem természetesen a villámvédelmet, és a későbbiekben is úgy vettem mindenhol, hogy létesülni fog villámvédelmi rendszer. [19]

Vegyünk alapul egy LPS III. fokozatot, aminek a telepítése reális lehet egy ilyen épület esetében. Ez tartalmaz külső villámvédelemet: felfogó, levezető, és földelő.

A szerkesztési gördülő gömb sugárra 45 métert kell felvenni, 100kA villámáramra kell méretezni. Eltartás nem szükséges mert nem éghető (A1) a tető. A felfogó rúd, 200 mm²-es alumínium kell, hogy legyen vagy átmérőben megadva 16 mm-es köracél. A levezető, huzal esetén 50 mm² alumínium, átmérőre 8 mm horganyzott köracél. Legalább 2 földelő is szükséges, szintén horganyzott köracélból készülhet, földelőnek tilos alumíniumot használni. Esetleg rézből készülhetne még a földelő, bizonyos országokban rézzel földelnek mindent, de nálunk nagy tapasztalat az acéllal van, minden típusú földelésre acélt használunk. [18]

Összességében tehát elmondható, hogy mind a túlfeszültség-védelem, mind a villámvédelem nagyon fontos, foglalkozni is kell velük minden építmény esetében, annak ellenére, hogy nálunk nincs óriási hagyománya ezeknek a területeknek. [19]

12. NAPELEMES RENDSZER

A korábbiakban említettem, hogy célszerű lenne az épület ellátására egy HMKE rendszer telepítését elvégezni. Egy nem szigetüzemű HMKE rendszer egy közcélú kisfeszültségű hálózathoz csatlakozó, 50 kVA-nél nem nagyobb teljesítményű rendszer. [1]

Ebbe a munkába, ennek a napelemes rendszernek a teljes részletességgel való tervezése és kivitelezése már nem fér bele. De azt mindenképpen szeretném kiszámolni, hogy ennek az anyagi vonzata, megtérülése hogyan alakul. Egy ilyen rendszernél ez a fő szempont, emellett persze számos más előnye is van. És mint mindennek, hátránya is van természetesen, például a feszültségemelkedés a kisfeszültségű hálózatokon és amennyiben hálózat szinten elemezzük a napelemek hatását további problémákba ütközhetünk. Ennek a részletezése is egy szakdolgozat téma lehetne.

Amíg a szaldóelszámolás érvényben van, addig pedig főleg megéri a létesítése hiszen egész évben kiegyensúlyozódik a termelés-fogyasztás viszonya, pénzügyi szempontból így járunk a legjobban. Ennek ellenére Magyarországon a napelemes rendszer továbbra is luxuscikk. [1]

1 kW napelemes rendszerrel nagyságrendileg évente 1200 kWh villamosenergiát lehet megtermelni. A ház éves villamosenergia fogyasztása alapján körülbelül 15 kW-os rendszerre van szükség. Ennek a telepítése a tetőre szerelt napelemekkel, a DC vezetékekkel, a DC elosztóval, az inverterrel és az AC elosztóval, nagyjából 5 millió forintos költség.

A fogyasztók alapján az éves villamosenergia fogyasztás a háztartásban kb 18 ezer kWh lett.

A napelemes rendszert körülbelül erre az éves termelésre kell méretezni. Az egy év alatt termelt energia mennyiségnek kell összhangban lennie az egy év alatt elfogyasztott energiával. Ha ennél jelentősen többet termel, az alacsony árú többletvisszafizetések miatt valószínűleg nem éri meg, ha ennél jelentősen kevesebbet termel, tehát alulméretezzük, akkor pedig gazdaságilag szintén nem járunk jól, mert ugyanúgy fizetni kell az áramszámlát.

Amennyiben napelemeket telepítünk, akkor már célszerű a fűtést is kiváltani árammal valamilyen módon, hiszen amint megtért a kezdeti nagy beruházás, onnantól a teljes rezsiköltség elképesztően alacsony, szinte ingyen fűtünk.

Ennek alapján tehát a napelemes rendszernek évi 18000 kWh villamosenergiát célszerű termelnie. [19]

Az a pont, amikor az utolsó beruházott forint is visszatermelődött, addig a pillanatig tart megtérülési idő, a beruházás kifizetésétől. A megtérülési idő egyszerűen számolható. Egy év alatt tudjuk mennyit termel a napelem. Azt is tudjuk, hogy ennek mennyi lenne a díja, ha ki kellene fizetnünk az energiakereskedőnek. És azt is tudjuk, hogy mennyibe került a beruházás. Ezek ismeretében kikalkulálható, hogy hány év alatt térül meg a beruházásunk.

Hazánkban 1 kWh villamosenergia a lakosságnak kb. 40 Ft-ba kerül.

A családi házban $18.000 \text{ kWh} * 40 \text{ Ft} = 720.000 \text{ Ft}$ lenne az éves villamosenergia számla, napelemes rendszer nélkül. Ha pont jól sikerül a termelést beállítani és ugyanennyit termel a napelem, akkor évente ennyi pénz marad a zsebünkben. A napelemes rendszer beruházási költsége pedig 5.000.000 Ft volt.

$$\text{Megtérülési idő} = \frac{5.000.000 \text{ Ft}}{720.000 \text{ Ft}} = 7 \text{ év}$$

Ennek alapján 7 év alatt visszkapjuk az egyszeri nagy beruházási költséget. [19]

ÖSSZEFOGLALÁS

Projektmunka 1. és Projektmunka 2. félévemben is a szakdolgozatot kezdtem el kidolgozni, majd szakdolgozat félévében fejeztem be a munkámat. Úgy gondolom a 3 félév alatt sikerült elérnem a kitűzött céljaimat, eljutottam addig ameddig terveztem. Örülök, hogy ezzel a témával foglalkozhattam, mert ez inspirált, nem volt szenvedés kidolgozni, hanem örömmel töltöttem vele időt, lelkiismeretesen csináltam, hiszen nagyon közel áll hozzám. Sok mindent megtudtam szakmailag a feladat teljesítése során, szóval úgy gondolom megérte körüljárni a témát. Számos szakmai cikket és jegyzetet elolvastam, az ide vonatkozó műszaki előírásokat is áttekintettem.

A szakdolgozatban rengeteg számolást, számítást, méretezést végeztem. A leíró részek is azt gondolom elég jól sikerültek. Terveket is készítettem, ezzel megtanultam a legfontosabb szakmai tervezőprogramok használatát, amik egyébként is alapvetések.

Ezúton szeretném megköszönni Dr. Pálfi Judith-nak a konzulensemnek is a munkáját, ami elengedhetetlen volt annak érdekében, hogy a dolgozatot beadásra készre sikerüljön készítenem.

Összességében tehát úgy gondolom sikeres munkát zártam és a jövőre nézve volt is értelme, ugyanis ezzel szeretnék majd foglalkozni a diplomám megszerzése után is.

SUMMARY

In both the 1st and 2nd semesters of Project Work, I started to work on my dissertation, and then I finished it in the semester of my diploma thesis. In my opinion, in these three semesters I managed well to achieve my goals, I could do everything I planned before. I am very satisfied with this topic, I could do this conscientiously because I did not suffer until working on it. As far as I am concerned, I was happy to spend time with it, as it is very close to me. I learned a lot professionally while doing the task, so I think it was worth it going around the topic. I have read a lot of articles and notes, and I have also reviewed the relevant technical regulations.

In the thesis, I have done a lot of calculations and scaling and made plans, so I could learn the most important design programs of this profession which are basics anyway.

I would like to say thank you to Dr. Judith Pálfi for her help, which was essential in order to be ready for submission.

To sum up, it was a successful job hopefully and it made sense for the future, because I want to deal with it even after I graduated.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] EON, HMKE erőművek: <https://www.eon.hu/pestmegyeihalozat/ugyintezes/muszaki-ugyintezes/haztartasi-meretu-kiseromu.html> , 2021.12.10.
- [2] Dr. Novothny Ferenc (PhD); Villamosenergia- ellátás I.; Budapest; 2010; OE KVK 2052;
- [3] Dr. Novothny Ferenc (PhD); Villamos energetika I.; Budapest; 2010; OE KVK 2050;
- [4] Dr. Novothny Ferenc (PhD); Villamos energetika I. Példatár; Budapest; 2010; OE KVK 2051;
- [5] Dr. Novothny Ferenc (PhD); Villamosenergia- ellátás II. Példatár, Villamos biztonságtechnika; Budapest; 2011; OE KVK 2080/I.;
- [6] E-villamos.hu, Mee-vet MSZ447:2019: <https://www.e-villamos.hu/letoltes/mee-vet-2019-msz447.pdf>, 2021.12.10.
- [7] Villanyszerelők lapja, Villamos biztonsági felülvizsgálat: <https://www.villanylap.hu/hirek/5557-uj-fogalom-a-megujult-vmbsz-ben-villamos-biztonsagi-felulvizsgalat> , 2021.12.10.
- [8] Magyar Elektrotechnikai Egyesület, 40/2017 NGM : <https://www.mee.hu/cikk/4846> , 2021.12.10.
- [9] Mee-vet, MSZ447:2009: <https://www.meevet.hu/kcfinder/upload/files/MEE-VET-53-182.pdf>, 2021.12.10.
- [10] DEHN.hu , gyakran ismételt kérdések, Normál családi ház túlfeszültség védelme : https://www.dehn.hu/sites/default/files/media/files/gyik-2015-13_v2_0.pdf , 2021.12.10.
- [11] DEHN.hu, gyakran ismételt kérdések, 2., ill. 3. típusú túlfeszültség-védelmi eszközök: https://www.dehn.hu/sites/default/files/media/files/gyik_2015-14_v2_0.pdf , 2021.12.10.
- [12] DEHN.hu, gyakran ismételt kérdések, Túlfeszültség védelmi készülékek kiválasztása : https://www.dehn.hu/sites/default/files/media/files/gyik-06_0.pdf , 2021.12.10.
- [13] Proepster, Kisfeszültségű berendezések és készülékek túlfeszültség-védelme: http://www.proepster.hu/wp-content/uploads/2012/03/Rex_Elektro.pdf , 2021.12.10.

- [14] Docplayer, hogyan tervezzünk családi házat az új OTSZ szerint:
<https://docplayer.hu/376881-Hogyan-tervezzunk-csaladi-hazat-az-uj-otsz-szerint.html>,
 2021.12.10.
- [15] id1.hu, Schneider katalógus , Kombinált túlfeszültség védelem:
https://www.id1.hu/katalogus/Schneider_R9L_10kA_kombinalt_Tulfeszultseg-vedelem.pdf ,
 2021.12.10.
- [16] Mee-vet , Rendszerengedélyes fogyasztásmérő szekrények 2021:
https://www.meevet.hu/app/webroot/kcfinder/upload/files/meevet_segedlet_web.pdf ,
 2021.12.10.
- [17] E-villamos.hu, Magyar mérnöki kamara, Villámvédelem- Dr. Kovács Károly:
<https://www.e-villamos.hu/letoltes/mmk-elt-fap-villam-1.pdf>, 2021.12.10.
- [18] Magyar Szabványügyi Testület, MSZ EN 62305, Villámvédelem:
<http://www.mszt.hu/NFU/MSZT-SZN-2009-06-25-leadott.pdf>, 2021.12.10.
- [19] Saját megfogalmazás, saját gondolatok
- [20] Net jogtár, BM rendelet : <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400054.bm>,
 2021.12.10.
- [21] Magyar Elektrotechnikai Egyesület, villámvédelmi ajánlás :
<https://www.mee.hu/files/files/villamvedelmi-ajanlas.pdf>, 2021.12.10.

ÁBRAJEGYZÉK

1. Táblázat: villamosenergia fogyasztók adatai	8
2. Táblázat: áramkör kiosztás.....	15
1. ábra : AUTOCAD szoba egyvonalas rajz.....	31
2. ábra: EPLAN többvonalas villamos terv	32