



SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve: Bőczén Vera

2021.

Hallgató törzskönyvi száma: T007976/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport: Energetika informatika modul



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Böczén Vera

Szaktervezési szám: SZD21090213451413

Törzskönyvi szám: T007976/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: A háztartási méretű kiserőművek hatása egy Nyugat-dunántúli település villamos hálózatára

A dolgozat címe angolul: The impact of small-sized household power plants on the public electrical grid of a Western Transdanubian settlement

A feladat részletezése: 1. A meglévő hálózat állapotának vizsgálata a HMKE-k előtt
2. HMKE csatlakoztathatóságának feltételei, jogszabályi háttér, penetráció
3. A jelenlegi hálózat feszültségvizsgálata számítással, a regisztrált mérések elemzése.
4. Műszaki megoldások keresése a feszültségpanaszra

Intézményi konzulens neve: Dr. Novothny Ferenc Miklós

A kiadott téma elvégzési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

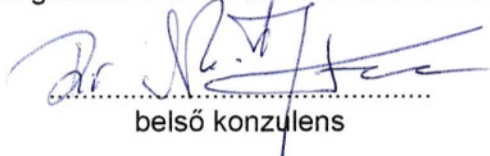
A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 07.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Böczén Vera 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. december 09.

Böczén Vera
.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	6
1. A VILLAMOS HÁLÓZAT FELÉPÍTÉSE	7
1.1. Hálózati topológiák	7
1.2. Villamos vezetékek	10
1.3. Villamosenergia-ellátás minőségi feltételei	11
2. A VIZSGÁLT TELEPÜLÉS	13
2.1. A transzformátor körzet villamos hálózata	13
2.2. A transzformátor körzet számítása	16
3. HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰVEK, ÉS A RÁJUK VONATKOZÓ ELŐÍRÁSOK	20
3.1. Erőmű, kiserőmű vagy háztartási méretű kiserőmű?	20
3.2. Hálózatra csatlakozás	22
3.3. Hogyan látja, értékeli a háztartási méretű kiserőműveket a felhasználó és hogyan a szolgáltató?	25
4. PROBLÉMAFELVETÉS	26
5. A MEGLÉVŐ HÁLÓZAT ÁLLAPOTA HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰVEKKEL	27
5.1. I. számú (sötétkék) útvonal	29
5.2. II. számú (pink) útvonal	30
5.3. III. számú (zöld) útvonal	32
5.4. IV. számú (piros) útvonal	36
6. FESZÜLTSGPROBLÉMA, REGISZTERES MÉRÉS	40
6.1. Regiszteres mérés, szabványos feszültségérték	40
6.1.1. Magyar Szabvány (MSZ-EN-50160):	41
6.1.2. Garantált szolgáltatások:	41
6.2. Az érintett körzet regiszteres mérése	42
6.2.1. Tápponti mérés	43
6.2.2. 2. számú végponti mérés:	45
6.2.3. 3. számú végponti mérés:	46

6.2.4. 4. számú végponti mérés:	46
6.2.5. 5. számú végponti mérés:	47
7. MI JELENTHET MEGOLDÁST A FESZÜLTSEGEMELKEDÉSRE?	48
7.1. Transzformátorgép megcsapolása	48
7.2. A hálózati kép átalakítása beruházással (hálózatfejlesztés)	52
7.3. Vonalis feszültségszabályzó (IVR).....	53
7.4. Terhelés alatti fokozatváltoztatásra képes elosztó hálózati KÖF/KIF transzformátor (OLTC)	55
7.5. Energiatárolók	57
KONKLÚZIÓ.....	59
ÖSSZEFOGLALÁS	60
ABSTRACT.....	61
IRODALOMJEGYZÉK	62
ÁBRAJEGYZÉK.....	63
TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	65
MELLÉKLETEK.....	66

BEVEZETÉS

A fenntartható jövő érdekében egyre fontosabbá vált a föld kiaknázásának csökkentése, és emiatt a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia használata. Az Európai Unió a (EU) 2018/2001 irányelvében céljául tűzte ki, hogy 2030-ra a végső energiafogyasztás 32%-a megújuló energiaforrásokból kell, hogy származzon. Magyarország az Európai Unió tagállamaként szintén szerepet vállal a cél elérésének érdekében. A hálózati engedélyesek adatszolgáltatásai alapján, Magyarországon 2009-ben 177 db, 2014-ben 8908 db, 2019-ben pedig már 59209 háztartási méretű kiserőmű kapcsolódott a szolgáltatók villamos hálózatára.

A háztartási méretű kiserőművek ilyen mértékű növekedése komoly problémákkal szembesíti a Hálózati engedélyesek szakembereit. Ilyen problémák többek között a feszültségemelkedés, melyhez jelentősen hozzájárul az egyidejűség is. Míg a fogyasztás esetében figyelembe vesszük, hogy a fogyasztók valószínűleg nem egy időben vételeznek, addig a kiserőművek esetében az egész utcában süt a nap. A termelő berendezések leginkább a 10-14 óra közötti napsütöses órákban termelnek, amikor a fogyasztók nagy része dolgozik, így nem fogyasztják el a megtermelt energiát. Ilyen esetekben a teljesítményáramlás iránya megfordul a hálózaton, és a kisfeszültségű hálózaton is energiatermelés történik, amely a transzformátor felé történő energiaáramlást jelenti.

Szakdolgozatom során szeretném bemutatni, milyen változásokat okoznak a háztartási méretű kiserőművek a közcélú kisfeszültségű hálózat feszültségviszonyaiban. Ehhez egy Nyugat-Magyarországi kisebb település transzformátor állomásának feszültségpanasszal érintett közcélú hálózatát fogom majd megvizsgálni. Először be szeretném mutatni a hálózat termelő berendezések nélküli állapotát, majd számolótábla és regiszteres mérés segítségével megvizsgálom, hogy milyen változást hoznak rajta létre a háztartási méretű kiserőművek. A szakdolgozatom végén szeretném bemutatni, hogy jelenleg milyen régebbi és milyen innovatív lehetőségek vannak a magas feszültség kezelésére.

1. A VILLAMOS HÁLÓZAT FELÉPÍTÉSE

1. 1. Hálózati topológiák

A transzformátor állomásoktól a fogyasztókig kiépített kiefeszűtsűgű hálózati különbűzű alakzatnak megfelelűen kerülhet kiépítésre. Mind a feszűtsűgesűs szemponťjából, mind a háztartási műretű kiserűművek esetűben komoly jelentűsűggel bír a hálózati alakzata, szerteágazása, ezért fontosnak tartom ezen lehetűsűgek bemutatását. Mivel a késűbbiekben egy érintett transzformátor állomás áramkűreit vizsgálom meg, így a kiefeszűtsűgű hálózatokra jelleműzű topológiákat mutatom most be.

Az alakzatok leginkább abban különbűznek egymástól, hogy a transzformátor állomástól üzemszerűen mikűnt tud eljutni a fogyasztóig a villamos energia.

A villamos hálózati alakzatának megűrtűsűsűhez, fontos néhány fogalom megűsmerűsű.

A 400/230 V nűvleges feszűtsűgű elosztűhálózati táppontjai a kűzűp-/kiefeszűtsűgű transzformátorállomások. Ezek jelleműzűen a föld feletti hálózati oszlopállomások, vagy földalatti hálózati esetén földre telepített állomások.

Gerincvezetűknek nevezzűk a táppontból kiindulű vezetűket, mely arra szolgál, hogy a rűla leágazű vezetűkeket és fogyasztókat megtáplálja.

Leágazásnak nevezzűk a gerincvezetűkrűl leágazű, a rendszerhasználűkat kűzvetlen megtáplálű vezetűkeket.

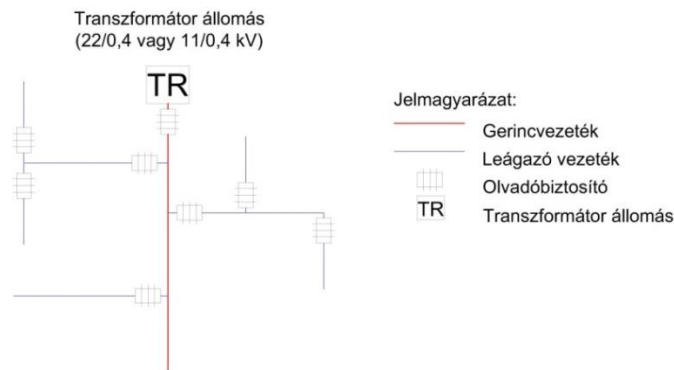
Csatlakozű vezetűk egy olyan vezetűk, melynek célja a fogyasztű ellátása. A vezetűk a hálózati leágazási ponttól indul és egészen a felhasználűi berendezűs kezdűpontjáiig terjed. Azokat a csatlakozű vezetűkeket, amelyek kűvetlen a kiefeszűtsűgű hálózati táppontjából indulnak, célvezetűknek nevezzűk. A célvezetűkek leginkább ipari fogyasztűknál jelleműzűek.

Kiefeszűtsűgű hálózati esetűben három hálózati alakzatot érdemes megűsmerni.

A leginkább elterjedt kiefeszűtsűgű hálózatalakzat a sugaras. Ebben az esetben a hálózati egy táppontból táplálható meg, tehát az áram a fogyasztűhoz csak egy irányból juthat el. A sugaras hálózati két fű részbűl tevűdik össze: a gerincvezetűkbűl és a leágazű vezetűkekbűl. Formája általában igazodik a telepűlűs szerkezetűhez oly módon, hogy a

gerincvezetékhez leágazó vezetékek csatlakoznak. A csatlakozás történhet közvetlenül, vagy ha az érintésvédelmi vagy túláramvédelmi követelmények megkívánják, olvadóbiztosítón keresztül.

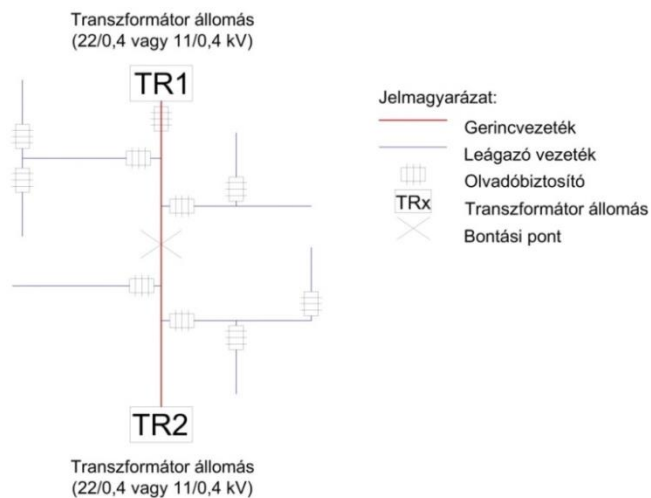
A sugaras hálózat nagy előnye, hogy a felépítése egyszerű, így az üzemeltetése is áttekinthető.



1. ábra Sugaras hálózat

Forrás: saját forrás

Íves hálózatról akkor beszélünk, ha két szomszédos transzformátor körzet egy-egy kisfeszültségű áramköre a bontási pontnál összeköthető. A bontási pont könnyen kezelhető, amennyiben légvezeték hálózat esetében jellemzően szakaszbiztosító szekrényben, földkábeles hálózat esetében elosztószekrényben található. Üzemszerűen a két áramkör sugaras ellátású. Az íves hálózat nagy előnye, hogy a terhelés- és feszültségviszonyoktól függően a bontási pont áthelyezhető, így a terhelés jobban elosztható. Üzemzavar esetén a hibahely és a hibával nem érintett áramkör közötti terület egy része ellátható a másik transzformátor állomásról, csökkentve ezzel a zavartatással érintett fogyasztók számát.

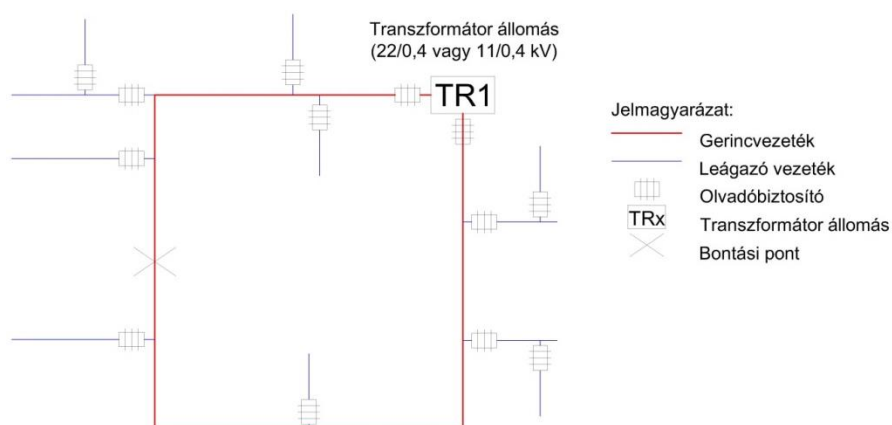


2. ábra Íves hálózat

Forrás: saját forrás

Gyűrűs hálózatnak azt nevezzük, mikor egy azonos táppont, tehát egy transzformátor állomás egy-egy áramkör a bontási pontnál összeköthető. A két áramkör végpontjai az íves hálózathoz hasonlóan üzemszerűen nincsenek összekötve, azonban egy helyen található. A terheléelosztás, és ügyfélfazartatás szempontjából a működése azonos az íves hálózattal.

A két hálózat közötti legnagyobb különbség abban az esetben vehető észre, amennyiben az üzemzavar a tápponton lép fel.



3. ábra Gyűrűs hálózat

Forrás: saját forrás

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy a kisfeszültségű hálózatokat a Hálózati engedélyes a helyi adottságok függvényében sugarasan, vagy sugarasan üzemeltetve íves-gyűrűs kialakításban építik ki.

Nagyon fontos megjegyezni, hogy a transzformátor állomások közötti íveket teljes hosszban egységes keresztmetszettel kell kialakítani.

1. 2. Villamos vezetékek

A transzformátor állomás fogyasztókkal történő összekötése vezetékekkel történik. Kiviteli szempontból a villamos energia szállítására kétféle lehetőség van: történhet a levegőben szabadvezetéken, vagy a földben földkábelben.

A szabadvezetéseket tartószerkezeteken, azaz oszlopon helyezik el oly módon, hogy minden pontjuk az MSZ 151-8:2002 szabványban meghatározott minimális magasság felett legyen. Ez azért fontos, mert így védve van a véletlen érintéstől. Kisfeszültségen régen csupasz szabadvezetékét létesítettek, azonban ezt mára felváltotta a szigetelt szabadvezeték. A szigetelt szabadvezeték a környezeti hatásoknak ellenálló szigeteléssel ellátott alumínium vezető sodratokból áll. A csupasz vezetékekhez képest több előnnyel is rendelkezik. A hálózatnak mind az építése, mind a topológiák leképzése sokkal egyszerűbb vele, mint a csupasz szabadvezetékekkel. Üzemeltetése egyszerűbb, hiszen nincs szükség szigetelőkre, szél esetén nincs vezeték összelengés. Szabadvezeték esetében – ha a terhelés másképp nem indokolja – a gerincvezeték vezetőereinek keresztmetszete 95mm^2 , a leágazó vezeték 50mm^2 keresztmetszetű.

A földkábel olyan szigetelt vezeték, amelyet kialakításánál fogva a földbe le lehet fektetni. A földkábel védőburkolattal van ellátva azért, hogy abba víz ne tudjon behatolni, illetve védje a mechanikai és vegyi sérülésektől. Kisfeszültségen földkábelt több okból is alkalmaznak: például ha a környezeti feltételek, vagy a terhelés megköveteli, vagy ha a szabadvezeték valamilyen okból nem kivitelezhető, stb...

Bár a földkábel üzembiztosabb, mint a légvezeték, hiszen nincs kitéve az időjárásnak, azonban üzemzavar esetén a hiba elhárítása költségesebb, nagyobb ember- és

gépszükséglete van. Ezt is figyelembe véve a hálózati topológia földkábel esetén leginkább íves-gyűrűs, sugaras üzemeltetésű.

Földkábel esetén a terheléstől függően a gerinc jellegű vezeték 150, 240 mm², a leágazó jellegű vezeték pedig 150 mm² keresztmetszetű.

Nagyon fontos, hogy a szigetelt szabadvezeték és a földkábel nem ugyanaz, azok nem felcserélhetők!

1. 3. Villamosenergia-ellátás minőségi feltételei

A vezetéken átfolyó áram a vezeték impedanciája miatt feszültségesést okoz. A fogyasztók számára rendkívül fontos, hogy a csatlakozási pontjukon megfelelő feszültségű és állandó frekvenciájú villamos energia álljon rendelkezésre. A feszültségesés másként érinti a hálózat különböző pontjain lévő fogyasztókat. Minél messzebb helyezkedik el a fogyasztó a tápponttól, azaz az őt ellátó transzformátor állomástól, annál nagyobb lesz a csatlakozási pontján a feszültségesés, mivel annál hosszabb vezetéken keresztül kell ellátni. A fogyasztónál lévő feszültség nem állandó, az nem csak a tápponttól való elhelyezkedésétől függ, hanem attól is, hogy a hálózatot az adott időpillanatban hány fogyasztó, mekkora teljesítménnyel veszi igénybe.

A Hálózati Engedélyesek a közcélú hálózatot a szerint méretezik, hogy azon a teljesítmények biztosíthatóak legyenek a szabványban előírt feszültségviszonyok között, az érintésvédelem biztosítása mellett.

Az MSZ-1 szabvány szerint a kiefeszültségű hálózatokon megengedhető feszültségtűrés $U_n \pm 10\%$. Az időleges feszültségváltozások legfeljebb 15%-al térhetnek el a névleges értéktől.

Itt megismerünk egy új fogalmat, az időleges feszültségváltozásokét, amit a szabvány így fogalmaz meg részünkre:

„Az üzemzavari állapotok önműködő gyorsvédelmi időknél hosszabb feszültségváltozásai.”

(Magyar szabvány, MSZ-1 Szabványos villamos feszültségek, 2002. január)

A Hálózati engedélyes az MSZ-EN-50160 szabvány alapján alakította ki a garantált szolgáltatásának mértékét.

A szabvány alapján a Szolgáltató az Elosztói üzletszabályzatában az alábbiak szerint tünteti fel a minőségi mutatókat:

„Tartós eltérés a névleges vagy megegyezéssel feszültségtől

Kisfeszültségen a névleges feszültség 400/230 V. Az összeférhetőségi szint: a fázisfeszültség effektív értékének egyhetes mérése alatt (bármely héten) a 10 percre átlagolt értékek 95 %-ának az UN (névleges feszültség) +7,5 / -7,5 % tartományában kell lennie. Ezen túlmenően az egy hetes mérés valamennyi 10 perces átlagértékének a névleges érték + 10 / -10 % tartományába kell esnie.”

(E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. Elosztói Üzletszabályzatának 3. számú melléklete, <https://www.eon.hu/hu/lakossagi/aram/szabalyzatok-jogszabalyok/eon-eszakdunantuliaramhalozati/eloszttoi-uzletszabalyzat.html>, letöltés ideje: 2020.11.25.)

2. A VIZSGÁLT TELEPÜLÉS

A projektfeladatomban egy Nyugat-dunántúli település transzformátor körzetének vizsgálatát végzem el. A kiválasztásnál fontos szempont volt, hogy a település lakossága olyan gazdasági helyzetben legyen, hogy látszódjon a Háztartási méretű kiserőművek hatása a villamos hálózaton. A Vas megyei település közel helyezkedik el az osztrák határhoz, így a lakosság egy része anyagi helyzetének köszönhetően könnyebben fektet be megújuló energiaforrásokba.

A kiválasztott transzformátor állomás egyik áramköre jelenleg is — a háztartási méretű kiserőművek miatt — túl nagy feszültségű, ezért a fogyasztók feszültségpanaszt nyújtottak be.

2.1. A transzformátor körzet villamos hálózata

Az érintett transzformátor állomás a település észak-keleti részének egy részét látja el. Az állomás egy VÁT-H típustervi betonoszlopos transzformátor állomás, melyen egy 250 kVA-es IE 35-125 típusú 21/0,4kV-os transzformátor gép van felszerelve.

A transzformátor állomás kisfeszültségű elosztójából négy áramkör indul.

A **B1-es áramkör** északi irányba halad és a 3. számú utca felső felét látja el. Az áramkörön 26 fogyasztó található, melyből 11 db egy fázison, míg 15 db három fázison vételez. Topológiáját tekintve sugaras hálózat. Az áramkörön 3 darab HMKE található. Az áramkör 2 szakaszból áll: Az a transzformátor állomásból kiinduló szakasz földkábel, a hálózat további része légkábel.

A **B2-es áramkör** a település közepén található transzformátor állomástól keletre indul és másfél utcát lát el. Az áramkörrel összesen 101 fogyasztó vételez villamos energiát, amelyből 68 fogyasztó három fázison, 33 pedig egy fázison. Topológiáját tekintve gyűrűs hálózat, melyet sugarasan üzemeltet a szolgáltató. Az áramkörre 10 HMKE táplál be, melyek közt mind egyfázisú, mind kétfázisú, mind háromfázisú is megtalálható.

Az áramkör 5 szakaszból áll: A transzformátor állomásból földkábel indul el, mely megtáplálja a fogyasztókat ellátó szigetelt szabadvezetéseket.

A **B14-es áramkör** déli irányba halad a transzformátor állomástól földkábelben. Az áramkörön csupán egy nem lakossági fogyasztót lát el. A fogyasztó nem rendelkezik háztartási méretű kiserőművel. Topológiáját tekintve sugaras hálózat. Az áramkör mindössze 1 szakaszból áll.

A **B3-as áramkör** szakdolgozatom szempontjából a legfontosabb, így ezt részletesebben is szeretném bemutatni. Az áramkör a nyugati irányba indul el a transzformátor állomástól. Topológiáját tekintve sugaras hálózat, melyen több leágazás is található. Két utcát lát el, melyekben összesen 58 fogyasztó található, melyből 10 db egy fázison, míg 48 db három fázison vételez.

Az áramkör 10 szakaszból áll:

- SZ08 szakasz: A szakasz a transzformátor állomás kiefeszültségű elosztójából indul, ahol le van biztosítva. Az 55 m $4 \times 240 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű NAYY-J típusú kiefeszültségű földkábel a légkábeles hálózatot táplálja meg villamos energiával, fogyasztó nem vételez róla. A szakasz végén az áramkör kettéválk.
- SZ09 szakasz: A szakasz az SZ08 szakasz végétől indul és megtáplálja az 1. számú utcát. A 108 m hosszú 95 mm^2 keresztmetszetű szigetelt légkábel végén ismét kettéválk a hálózat. Ezen a szakaszon csupán 1 db háromfázisú fogyasztó található. A szakasz az induló oszlopon szakaszszekrényben van lebiztosítva.
- SZ10 szakasz: A 136m hosszú $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű szigetelt légkábel az SZ09 szakasz végétől indul és az 1. számú utcán északi irányba indul. Ezen a szakaszon 11 db fogyasztó található, melyből 9 három fázison vételez. A szakasz az induló oszlopon van lebiztosítva.
- SZ11 szakasz: Az SZ10 szakasz folytatása azonos típussal és keresztmetszettel. A 135m hosszú légkábelről 5 fogyasztó van ellátva, melyből 2 db egyfázisú, 3 db pedig háromfázisú. Mivel nincs keresztmetszet változás és a hosszak sem indokolják, így a szakasz nincs külön lebiztosítva.
- SZ12 szakasz: A $4 \times 50 \text{ mm}^2$ -es légkábel 80m hosszú és 1 db egyfázisú fogyasztót lát el. A szakasz rövid hossza miatt nincs külön lebiztosítva, az SZ10 szakasz elején lévő biztosító védi.

- SZ13 szakasz: Ez a szakasz látja el az 1. számú utca déli részét. A 4x95mm²-es légkábel a szakasz elején szakaszszekrényben le van biztosítva. Az utca déli részén 27 fogyasztó található, melyek nagy része (24 db) háromfázisú fogyasztó.
- SZ14 szakasz: Az SZ08 szakasztól induló, 289 m hosszú 4x95mm² szigetelt légkábel a 2. számú utcát ellátó légkábeleket táplálja meg. A szakasz fő célja a megtáplálás, azonban 1 db háromfázisú fogyasztó is csatlakozik rá.
- SZ15 szakasz: Az SZ14 szakasz végétől szakaszszekrényből a 2. számú utcán északra induló 4x95mm²-es légkábel 208 m hosszú. A légkábel 6 db háromfázisú és 1 db egyfázisú fogyasztót lát el.
- SZ16 szakasz: Ez a szakasz látja el a 2. számú utca déli részén található 5 db fogyasztót (4 db háromfázisú és 1 db egyfázisú). A 4x95mm²-es légkábel a rajta található viszonylag kevés fogyasztó ellenére 221 m hosszú. A szakasz az SZ15 szakaszhoz hasonló az SZ14 szakasz végétől indul szakaszszekrénytől.
- SZ17 szakasz: Ez a 100m hosszú 4x95mm²-es légkábeles szakasz jelenleg nem lát el fogyasztókat. A későbbi csatlakozási lehetőségek miatt azonban nem került elbontásra. A szakasz az SZ14 szakasz végétől indul szintén szakaszszekrényből.



4. ábra Az I. számú transzformátor körzet vázlata

Forrás: E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. belső anyaga

2.2. A transzformátor körzet számítása

Mivel a háztartási méretű kiserőművek hatását első sorban a B3 áramkörön szeretném bemutatni, így először meg kell vizsgálni, hogy termelő berendezések nélkül milyen a feszültségváltozás az érintett hálózaton.

Ahhoz, hogy a korábban ismertetett minőségi feltételeket vizsgálni tudjam, az áramkörök számossága miatt egy szakmailag elfogadott, hálózatot modellező számolótáblát használok. A számolótábla az 1. számú mellékletben bemutatott számolásokat végzi el a háttérben.

A hálózat számításához az alábbi adatokat kell külön megadni:

Fel kell vinni vonalasan a hálózat struktúráját, majd a vezetékszakaszokhoz az alábbi adatokat kell bevinni:

- a szakasz neve
- a hálózat típusa (rézkábel, alumínium kábel, szigetelt szabadvezeték, csupasz szabadvezeték)
- keresztmetszet
- szakasz hossza
- van-e szakaszbiztosítási hely a szakasz elején?
- Fogyasztói adatok:
 - egyfázisú fogyasztók száma
 - háromfázisú fogyasztók száma
 - koncentrált fogyasztói teljesítmény
 - koncentrált fogyasztó kihasználtsága

A hálózat adatainak feltöltése után a számításhoz meg kell adni a következőket:

- táppont feszültsége (A számítást alapesetben 230 V tápponti indulófeszültséggel végezzük. Eltérő tápfeszültség megadására akkor van szükség, ha rendelkezésre áll mérés eredménye a valós indulófeszültségről)
- ellátási terület jellege (jellegtől függő tipizált fogyasztónkénti terhelés)
- méretezési teljesítmény (az ellátási terület jellegétől eltérő, valós terhelés megadása)
- transzformátor gép típusa

A transzformátor gép adatai a következők:

Transzformátor adatok

Típus: **IE 35-125**

Névleges primer feszültség: **21** kV

Névleges szekunder feszültség: **0,4** kV

Névleges teljesítmény: **250** kVA

Rövidzárási feszültség: **5** %

Rövidzárási veszteség: **3,25** kW

Mégse

5. ábra A I. számú transzformátor gép adatai

Forrás: E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. belső anyaga

A szükséges adatok felvitele után 3kW/fogyasztó terheléssel számolva az alábbi adatokat kapjuk az áramkörre:

Táppont feszültsége [V]:		230		Méreterezési teljesítmény [kW/fogyasztó]: 3,0							
Transzformátor típus:		IE 35-125									
Kezdő-pont	Vég-pont	Szakasz azonosító	Hossz [m]	Megosztó terhelés (1f / 3f)	Koncentrált terhelés (kW / %)	Vezeték terhelés [A]	Szakasz terhelhetősége [A]	Feszültség a végpontban [V]	Fesz. esés a végpontig [V]	Fesz. eltérés a végpontban (230 V-tól) [%]	Biztosító méretezés alapjául szolgáló hurokimpedancia [Ohm]
1	2	sz08	55	0 / 0	0 / 0	146,03	250	229,00	1,00	-0,44	0,186
2	3	sz09	108	0 / 1	0 / 0	112,10	160	225,28	4,72	-2,05	0,255
2	8	sz14	289	0 / 1	0 / 0	33,93	160	226,08	3,92	-1,70	0,371
3	4	sz10	136	2 / 8	0 / 0	38,35	160	224,22	5,78	-2,51	0,441
3	7	sz13	369	2 / 23	0 / 0	70,80	160	221,22	8,78	-3,82	0,490
4	5	sz12	80	1 / 0	0 / 0	1,48	100	224,18	5,82	-2,53	-
4	6	sz11	135	1 / 3	0 / 0	10,33	160	224,00	6,00	-2,61	-
8	9	sz15	208	2 / 5	0 / 0	17,70	160	225,51	4,49	-1,95	0,503
8	10	sz16	221	1 / 4	0 / 0	13,28	160	225,62	4,38	-1,90	0,512
8	11	sz17	100	0 / 0	0 / 0	0,00	160	226,08	3,92	-1,70	0,434

6. ábra Az I. számú transzformátor körzet B1 áramkörének vizsgálati eredménye

Forrás: Saját forrás

A számolásokból látható, hogy a feszültség a végpontban a szabvány szerinti határon belül van. A legnagyobb feszültségesés a hálózat végén található: 3,82%.

A valós terhelés szinte minden esetben eltér a modellben irányadó terheléssel számolt adatoktól, így szükséges a modellezett terhelés korrigálása. A B1 áramkör hálózaton mért valós legnagyobb terhelés mellett a táppontnál 95 A folyik fázisonként. A standard

családi házas övezet 3 kW/fogyasztó terhelés esetében a táppontnál 146,03 A jelentkezik a modellben fázisonként. Megfigyelhetjük, hogy a valós, mért áramerősség 65 százaléka a modellben láthatónak.

A mért terheléssel újraszámolva a hálózat adatait, az alábbiakat kapjuk:

Táppont feszültsége [V]: Transzformátor típus:			230 IE 35-125		Méreteezési teljesítmény [kW/fogyasztó]: 1,85						
Kezdő- pont	Vég- pont	Szakasz azonosító	Hossz [m]	Megosztó terhelés (1f / 3f)	Koncentrált terhelés (kW / %)	Vezeték terhelés [A]	Szakasz terhelhetősége [A]	Feszültség a végpontban [V]	Fesz. esés a végpontig [V]	Fesz. eltérés a végpontban (230 V-tól) [%]	Biztosító méretezés alapjául szolgáló hurokimpedancia [Ohm]
1	2	sz08	55	0 / 0	0 / 0	90,05	250	229,38	0,62	-0,27	0,186
2	3	sz09	108	0 / 1	0 / 0	69,13	160	227,09	2,91	-1,27	0,255
2	8	sz14	289	0 / 1	0 / 0	20,92	160	227,58	2,42	-1,05	0,371
3	4	sz10	136	2 / 8	0 / 0	23,65	160	226,44	3,56	-1,55	0,441
3	7	sz13	369	2 / 23	0 / 0	43,66	160	224,58	5,42	-2,35	0,490
4	5	sz12	80	1 / 0	0 / 0	0,91	100	226,41	3,59	-1,56	-
4	6	sz11	135	1 / 3	0 / 0	6,37	160	226,30	3,70	-1,61	-
8	9	sz15	208	2 / 5	0 / 0	10,92	160	227,23	2,77	-1,20	0,503
8	10	sz16	221	1 / 4	0 / 0	8,19	160	227,30	2,70	-1,17	0,512
8	11	sz17	100	0 / 0	0 / 0	0,00	160	227,58	2,42	-1,05	0,434
Nullázható											

Nullázható

7. ábra Az I. számú transzformátor körzet B1 áramkörének vizsgálati eredménye valós teljesítménnyel, koncentrált fogyasztó 100%-os kihasználtságával számolva

Forrás: Saját

Láthatjuk, hogy a korábban számolt legnagyobb feszültségesés (3,82%) helyett a valóságban csak 2,35% a legnagyobb feszültségesés, ami megfelel a szabványban előírt követelményeknek.

Megállapíthatjuk tehát, hogy az áramkörön a feszültségesés nem okoz a fogyasztóknál panaszt. A szabványos sávon belül pedig még van lehetőségünk mozogni, ami a transzformátorcsapolásnál később fontos lesz.

Eddig megvizsgáltuk milyenek lennének a hálózat feszültségviszonyai háztartási kiserőművek nélkül, nézzük meg, hogyan változnak meg a viszonyok a hatásukra.

3. HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰVEK, ÉS A RÁJUK VONATKOZÓ ELŐÍRÁSOK

3.1. Erőmű, kiserőmű vagy háztartási méretű kiserőmű?

Ahhoz, hogy megérthessük, milyen hatások változtatják meg a villamos hálózataink feszültségviszonyait, meg kell ismerkednünk a hozzá kapcsolódó fogalmakkal.

A természetben nem találunk közvetlenül villamos energiát, hanem különböző energiahordozókat. A villamos energiát ezekből az úgynevezett primer energiahordozókból tudjuk előállítani erőművekben.

„Elsődleges energiaforrás: azon rendelkezésre álló energiaforrások gyűjtőneve, amelyek kémiai, fizikailag vagy nukleárisan kötött formában, megújuló vagy nem megújuló módon tartalmazzák átalakításra alkalmas energiát, azzal, hogy villamos energia felhasználásával, átalakításával nyert energiát tartalmazó energiaforrás nem tekinthető elsődleges energiaforrásnak”;

(2007. évi LXXXVI. törvény [VET]

<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv>, Letöltés ideje: 2021.04.15.)

De mit is nevezünk pontosan erőműnek?

„Erőmű: egy telephelyen lévő olyan energia-átalakító létesítmény, amely elsődleges energiaforrás felhasználásával villamos energiát termel, engedélyezési szempontból ideértve az energia tározós erőművet is”

(2007. évi LXXXVI. törvény [VET]

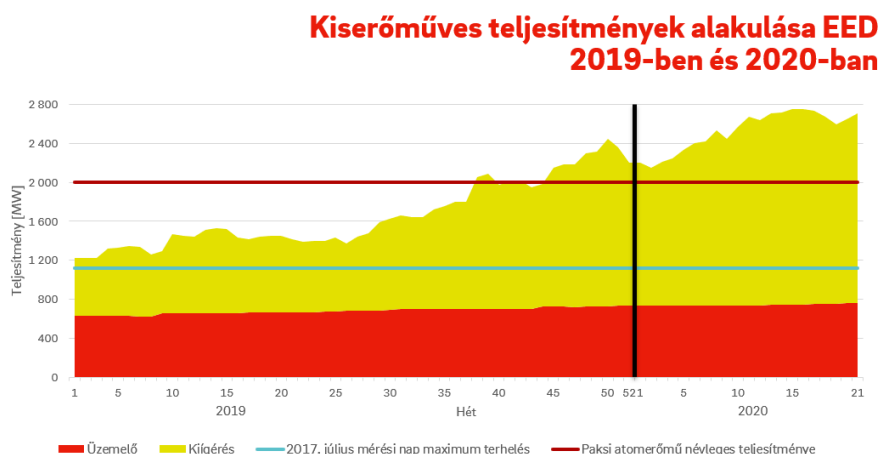
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv>, Letöltés ideje: 2021.04.15.)

Tehát az erőművekben elsődleges energiaforrásból állítanak elő villamos energiát.

A nagy erőműveken kívül úgynevezett kiserőművek is termelnek villamos energiát. Kiserőműnek nevezzük azokat az erőműveket, amelyek névleges teljesítőképessége 50 MW-nál kisebb. Ezek a kiserőművek a villamos energia hálózatra közepesfeszültségen és

kisfeszültségen is csatlakozhatnak. Amennyiben középvezetési szinten csatlakoznak, úgy teljesítménytől függetlenül kiserőműről beszélünk. Amennyiben kisfeszültségen csatlakoznak, a teljesítményük 50 kVA és 50 MW közé kell hogy essen. Az E.ON, mint Hálózati engedélyes területén, 2020 elején összesen 1390 db kiserőmű csatlakozott a közcélú hálózatra, összesen 1595 MW teljesítménnyel.

A kiserőművek penetrációját jól mutatja, hogy 2020-ban a kiírt teljesítmények alapján a kiserőművek teljesítménye már meghaladja a paksi atomerőmű névleges teljesítményét. A lenti ábrából az is megfigyelhető, hogy míg az üzemelő kiserőművek növekedése fokozatosan történik, addig az előzetes igénybejelentések alapján kiírt teljesítmények drasztikusabb növekedésnek indultak.



8. ábra Kiserőmű teljesítmények alakulása az EON EED területén

Forrás: E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. belső anyaga

A kiserőművek egy szűkebb rétege a háztartási méretű kiserőművek. Háztartási méretű kiserőműről abban az esetben beszélhetünk, ha a berendezés kisfeszültségen csatlakozik a közcélú hálózatra és a teljesítménye nem haladja meg az 50 kVA-t.

A háztartási méretű kiserőműveket megkülönböztetjük energiaforrásuk szerint:

- Napelemes termelő berendezés
- Szélturbinás termelő berendezés
- Víz-turbinás termelő berendezés
- Motorhajtású termelő berendezés

Ezek a HMKE-k kétféle módon csatlakozhatnak a közcélú hálózatra:

1. Hálózatra tápláló (szigetüzemre alkalmatlan) termelő berendezés:
Jelenleg ez a legelterjedtebb, egyben a legegyszerűbb és legtakarékosabb megoldás is. Hátránya, hogy amennyiben a közcélú hálózaton valamilyen okból kifolyólag megszakad a szolgáltatás, akkor a HMKE nem üzemelhet biztonsági okokból.

Ezen belül is kétféle típust tudunk megkülönböztetni:

- normál (szigetüzemre alkalmatlan) inverteres
- teljesítményszabályozásra alkalmatlan közvetlen váltakozó áramú generátoros

2. Szigetüzemre alkalmas termelő berendezés

- Kétféle lehet:
 - Inverteres rendszer (tárolókapacitással (akkumulátortelep), speciális szigetüzemre alkalmas inverterrel felépített rendszer)
 - Közvetlen váltakozó áramú generátoros rendszer (teljesítményszabályozásra alkalmas rendszer)

Úgy gondolom, hogy a szigetüzemre alkalmas termelő berendezések egyre nagyobb teret fognak nyerni a későbbiekben. Ennek oka, hogy az új törvényi módosítások alapján várhatóan egyre több energiaközösség fog létrejönni.

A szakdolgozatomban a hálózatra tápláló termelő berendezések hatását fogom vizsgálni.

3.2. Hálózatra csatlakozás

A hálózatra csatlakoztatás körülményeit a jogszabályok alapján az Elosztói engedélyesek Elosztói üzletszabályzatai szabályozzák.

A háztartási méretű kiserőmű telepítésének legfontosabb szabályai a következők:

- A háztartási méretű kiserőmű kizárólag a kisfeszültségű közcélú hálózatra csatlakoztatható

- A felhasználónak rendelkeznie kell érvényes hálózathasználati szerződéssel
- A meglévő csatlakozási ponton végleges szerződéssel rendelkezik. Ideiglenes szerződéssel háztartási méretű kiserőmű nem létesíthető.
- A felhasználónak a nappali tarifán vételezett teljesítménye a mérvadó a maximális háztartási méretű kiserőmű teljesítményének meghatározásakor.
- A mérőhelynek regisztrált szerelő által ellenőrzöttnek, korszerűnek kell lennie. Amennyiben ennek nem felel meg, a fogyasztásmérő helyet fel kell újítani, szabványosítani kell.
- A háztartási méretű kiserőmű rendelkezésre állási teljesítménye, azaz a kVA mértékegységben kifejezett erőművi teljesítőképessége nem haladhatja meg az 50 kVA-t

A háztartási méretű kiserőmű rendelkezésre állási teljesítménye alapján meghatározták, milyen fázisszámon csatlakoztatható a közcélú hálózatra. Jelenleg a termelő berendezés csatlakozási fázisszáma alapján a következők szerint csatlakoztatható:

„Egyfázisú termelőegység 2,5 kVA-ig csatlakoztatható a kisfeszültségű hálózatra, 2,5 kVA felett csak 3 fázisú csatlakoztatás a megengedett. Több inverterből kialakított háromfázisú HMKE esetén a fázisaszimmetria maximum 2,5 kVA lehet.”

(E.ON ÉSZAK-DUNÁNTÚLI ÁRAMHÁLÓZATI ZÁRTKÖRŰEN MŰKÖDŐ RÉSZVÉNYTÁRSASÁG ELOSZTÓI ÜZLETSZABÁLYZATA

<https://www.eon.hu/hu/rolunk/vallalatcsoport/kozlemenyek/uzletszabalyzatok.html>,

letöltés ideje: 2021.11.19.)

2021. április 30. előtt a fogyasztók az alábbiak szerint tudták a termelőegységeiket csatlakoztatni a közcélú hálózatra:

- egyfázisú termelőegység esetén maximum 5 kVA
- kétfázisú termelőegység esetén maximum 10 kVA (nem jellemző)
- háromfázisú termelőegység esetén maximum 50 kVA

A 2021. április 30. előtti jogszabályok lehetőséget adtak a fogyasztóknak arra, hogy 5 kVA teljesítményig 1 fázison igényeljék a csatlakoztatást. 2,5 kVA felett azonban a

Hálózati engedélyeseknek lehetősége volt arra, hogy megvizsgálják és műszaki okokból a csatlakozást csak 3 fázison hagyják jóvá.

A szakdolgozat szempontjából ez fontos, hiszen emiatt 2,5 kVA feletti egyfázisú vagy kétfázisú termelő berendezések is megtalálhatóak a hálózaton.

A háztartási méretű kiserőmű csatlakoztathatóságát a Hálózati engedélyes műszaki szempontból is megvizsgálja. Vannak olyan tényezők, amelyek korlátozhatják a csatlakoztathatóságot. Szakdolgozatomban ezeket a szempontokból én is többet figyelembe veszek.

A korlátozó tényezők lehetnek a következők:

- rendelkezésre áll-e a teljesítmény
- rendelkezésre áll-e mindhárom fázis
- milyen messze van a hálózat mentén a felhasználási hely a transzformátor állomástól
- milyen keresztmetszetű a közcélú hálózat
- milyen keresztmetszetű a csatlakozóvezeték
- mennyi háztartási méretű kiserőmű csatlakozott már az érintett áramkörre
- a korábban csatlakozott HMKE-k hány fázison csatlakoznak, és milyen teljesítményűek
- a korábban csatlakozott HMKE-k a hálózat mentén milyen távolságra találhatók a transzformátor állomástól.

Az MSZ EN 50160 szabványban foglaltak alapján a csatlakoztatott fogyasztó nem végezhet olyan tevékenységet, mellyel a hálózatra 5%-nál nagyobb visszahatást okoz. Ezek alapján a csatlakoztatni kívánt HMKE nem veszélyeztetheti a közcélú- és felhasználói villamos hálózat biztonságos üzemét, nem ronthatja a villamosenergia-szolgáltatás minőségi paramétereit.

3.3. Hogyan látja, értékeli a háztartási méretű kiserőműveket a felhasználó és hogyan a szolgáltató?

Az állami és egyéb pályázati támogatásoknak köszönhetően egyre több felhasználó gondolkozik el a háztartási méretű kiserőművek telepítésén. Az állam mind pályázati támogatásokkal, mind kedvező hitelekkel támogatja a lakosság ezen törekvését. A sajtóban folyamatosan hallhatunk a napelemes rendszerekről, mint zöldberuházásokról. A legtöbb felhasználó jó befektetésnek tartja, hiszen a rendszer megtérülése 6-10 év körül várható, míg a napelemek élettartama 25 év, az invertereké pedig 10-15 év. A felhasználók úgy gondolják, hogy az ingatlanuk értékét növeli egy HMKE, hiszen a napelemes rendszernek hála kedvezőbb energetikai besorolást kap az ingatlan, tulajdonképpen a passzív ház irányába halad a tulajdonos. A minőségi alapanyagokból készült, szakszerűen összeállított rendszer elvileg karbantartásmentes. Ez azonban nem teljesen igaz, hiszen a rendszert időközönként ellenőrizni kell, a napelem felületét a szennyeződésektől meg kell tisztítani. Fontos, hogy időközönként az árnyékhatast is ellenőrizni kell.

Míg a felhasználó a háztartási méretű kiserőművek napos oldalát látja, addig a hálózati engedélyes az árnyoldalait is.

A közcélú hálózatot elosztásra tervezték, míg a termelő berendezések feszültségemelkedést hoznak létre rajta. Különösen problémásak az egyfázisú berendezések, hiszen ezek növelik a hálózat aszimmetriáját.

A szaldó elszámolásban lévő felhasználó nem fizet rendszerhasználati díjat (RHD-t), melynek része az elosztói forgalmi díj. Az elosztói forgalmi díjból finanszírozzák az elosztó hálózat működtetésében felmerült költségeket, a karbantartásokat, illetve mindent, ami azt a célt szolgálja, hogy a fogyasztókat folyamatosan el tudják látni villamos energiával. A HMKE betáplálás jelenleg mentesül az rendszerhasználati díjaktól, melyet jelen esetben a többi felhasználó finanszírozza.

Az egyre növekvő igényszám miatt az Elosztói engedélyesnek egyre gyorsabban kell megválaszolnia az igényeket. Emiatt kénytelen volt kialakítani egy olyan belső szabályozást, melyben bizonyos teljesítmény alatt a termelő berendezéseket műszaki kontroll nélkül felengedi a közcélú hálózatra.

4. PROBLÉMAFELVETÉS

A háztartási méretű kiserőművek komoly hatással vannak a hálózaton lévő feszültségviszonyokra. A közcélú hálózatra csatlakoztatott fogyasztók a legtöbb esetben aszimmetrikusan terhelik azt. Ahhoz, hogy a csúcsterhelésben tartani lehessen a jogszabályban megállapított feszültségviszonyokat, olyan indulófeszültséget kell biztosítani, hogy a végpontokon is szabványos feszültség álljon a fogyasztók rendelkezésére. A lakossági fogyasztókat ellátó közcélú hálózatok esetében a csúcsterhelés általában az esti időszakban jelentkezik. Ilyenkor a fogyasztók nagy része otthon tartózkodik és jóval több villamos készüléket használ. A legjellemzőbb napsütéses órák a déli időszakban vannak, így a háztartási méretű kiserőmű akkor termel leginkább, amikor kevesebb a hálózaton a fogyasztás.

Maguk a háztartási méretű kiserőművek is aszimmetriát okoznak a hálózaton. A közcélú hálózatra csatlakoztatott háztartási méretű kiserőműveknek körülbelül a fele egyfázisú, a miatt nem csak a terhelés, de a termelés is lehet aszimmetrikus. Tehát a kisfeszültségű terhelési feszültségaszimmetriára még ráerősít a besugárzásfüggő termelési aszimmetria.

Mivel a termelés nem akkor történik, amikor a terhelés, így egyszerre jelenhet meg ugyanazon a hálózaton a szabványtalanul alacsony és a szabványtalanul magas feszültség.

A háztartási méretű kiserőműveket hibavédelemmel (érintésvédelemmel) és túlfeszültség védelemmel is el kell látni. Amikor a hálózaton fellépő feszültség meghaladja a 253 V-t az inverter feszültségnövekedési védelme lekapcsolja a termelést. Ez mind a termelni kívánó fogyasztónak, mind a hálózatot üzemeltető engedélyesnek problémát okoz.

A feszültségpanaszok a háztartási méretű kiserőművek megjelenése előtt kizárólag az alacsony feszültség szintre koncentráálódtak. A kiserőművek megjelenése óta azonban a feszültségpanaszok körülbelül negyedét a hálózaton lévő megnövekedett feszültség okozza.

5. A MEGLÉVŐ HÁLÓZAT ÁLLAPOTA HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰVEKKEL

A hálózatszámításhoz a háztartási méretű kiserőművek számossága miatt szintén egy számolótáblát fogok használni. A számolótábla jellemzőit, módszertanát és képleteit a 2. számú melléklet tartalmazza.

A kisfeszültségű hálózaton összesen 10 darab háztartási méretű kiserőmű található az alábbiak szerint:

Sorszám	Fázisszám	Teljesítmény	Távolság a TR állomástól
1	3	4 kVA	544 m
2	3	4 kVA	578 m
3	3	5 kVA	413 m
4	3	3 kVA	382 m
5	3	8 kVA	382 m
6	3	5 kVA	292 m
7	3	9 kVA	292 m
8	1	3 kVA	279 m
9	1	3 kVA	313 m
10	3	25 kVA	412 m
Összesen		69 kVA	

Jelmagyarázat

3 fázisú

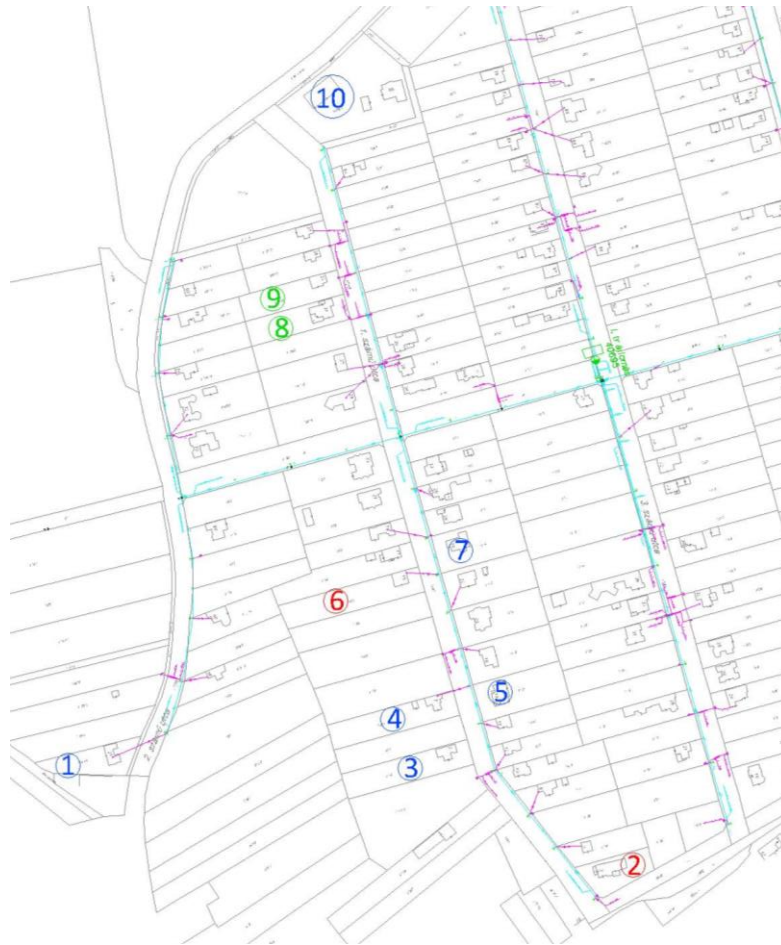
1 fázisú

panaszos

1. táblázat A kisfeszültségen található összes termelőberendezés

A fenti táblázatból kiderül, hogy mekkora teljesítménnyel, hány fázison csatlakoznak a közcélú hálózatra a termelő berendezések, illetve hogy mekkora távolságra vannak a transzformátor állomástól.

Mivel az áramkörön több elágazás is található, így nem elég, hogy ismerjük a transzformátor állomástól való távolságot, hanem annak is nagy jelentősége van, hogy pontosan hol helyezkednek el a termelő berendezések. Ezt a könnyebb áttekinthetőség miatt térképesen ábrázoltam:



9. ábra HMKE elhelyezkedését ábrázoló szakági térkép

Forrás: Saját forrás

Az ábrán kék színnel jelöltem a háromfázisú berendezéseket, zölddel az egyfázisú berendezést, illetve pirossal a feszültségpanasszal érintett egyfázisú berendezést.

A szakdolgozatom során a feszültségpanasszal érintett fogyasztókat priorizálom előre, ahhoz viszonyítom a számításokat. Így kiderül, hogy a panasz valóban jogos-e, áll-e fenn probléma.

A számolótáblának van két gyenge pontja. Az egyik az, hogy nem tud elágazásokat kezelni egy számolással, a másik pedig hogy összesen 4 termelő berendezést tudunk elhelyezni benne. Mindkét probléma kezelhető azzal, ha egy számunkra jelentős pontra (például elágazási pontra) leképezzük a mögöttes hálózatot a rá csatlakozó háztartási méretű kiserőművekkel együtt.

A gyenge pontokat ismerve az áramkörünket 4 útvonalra bontottam fel:



10. ábra Számolási útvonalakat ábrázoló szakági térkép

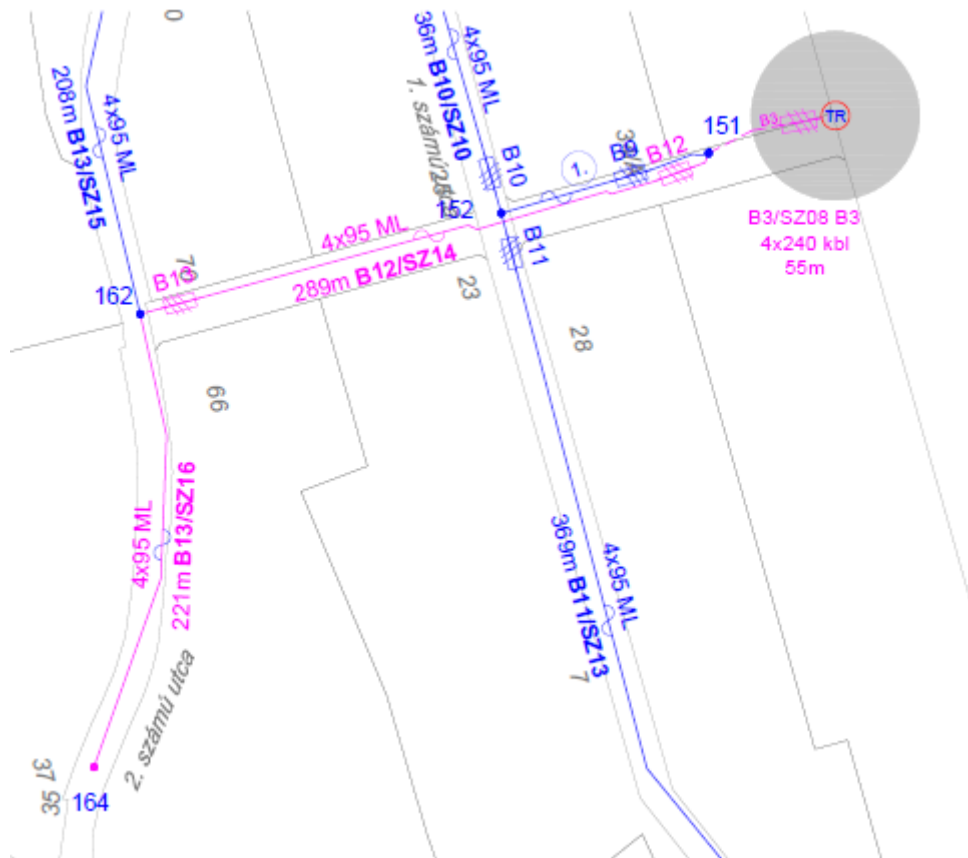
Forrás: Saját forrás

5.1. I. számú (sötétkék) útvonal

A háztartási méretű kiserőművek elhelyezkedéséből látszik, hogy a sötétkék nyomvonalal nem kell számolnom, hiszen annak az útvonalán nem történik betáplálás.

5.2. II. számú (pink) útvonal

A pinkkel jelölt útvonalon egy darab háromfázisú HMKE helyezkedik el. Így az egyszerűség kedvéért ezzel kezdem a számolást.



11. ábra Pink útvonalat ábrázoló érintésvédelmi vázlat

Forrás: Saját forrás

A pinkkel jelölt áramkör az alábbi szakaszokat tartalmazza:

- SZ08 szakasz: 55 m $4 \times 240 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű földkábel, mely nem lát el fogyasztót. Feladata meg táplálni a transzformátor állomásból a kisfeszültségű légkábeleket.
- SZ14 szakasz: 289 m $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű szigetelt légvezeték, mely a nyugati irányba halad. Csupán 1 db háromfázisú fogyasztó található ezen a szakaszon.

- SZ16 szakasz: 221 m $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű szigetelt légvezeték, mely a 2. számú utca déli részét látja el, melyen 7 darab fogyasztó található. Ezen a szakaszon található a termelő berendezés is, mely 4 kVA névleges teljesítménnyel 3 fázison csatlakozik a közcélú hálózatra 544 méterre a transzformátor állomástól.

Ezek ismeretében elvégeztem a számításokat:

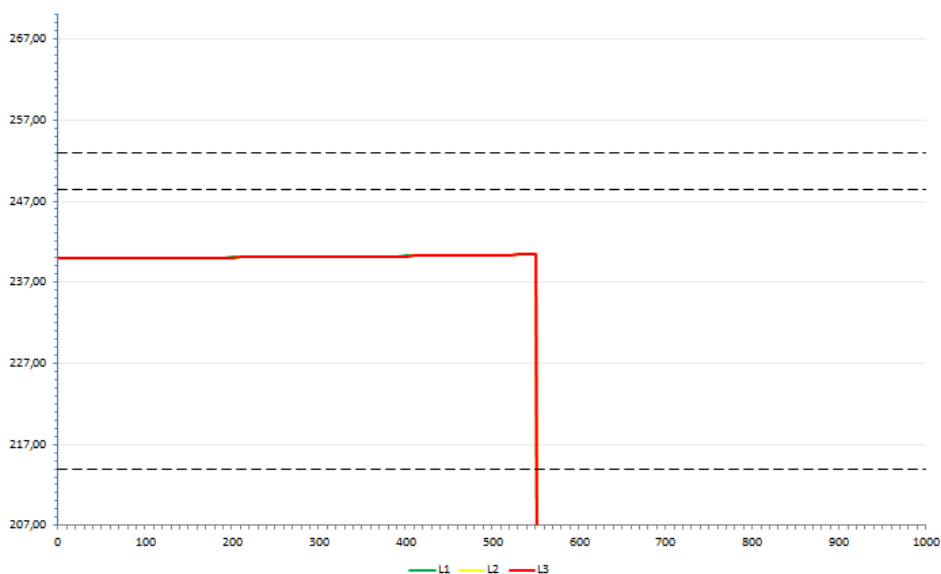
Miután felvittem az érintett szakaszok paramétereit és a meglévő háztartási méretű kiserőmű adatait, beállítottam a transzformátor indulófeszültségét, mely 240 V.

A részletes számolótáblát a 3. számú melléklet tartalmazza.

A számítás elvégzése után megkerestem azt a pontot, melyre szeretném leképezni a mögöttes hálózatot. Ezt a pontot úgy jelöltem ki, hogy a jelenlegi útvonalam és a következő útvonal utolsó közös pontja legyen. Így a pontot 55 méterre tűztem ki a transzformátor állomástól. Ez az a pont, ahol két kisfeszültségű szakasz kettéágazik.

A számolótábla eredményéből leolvashatjuk, hogy az 544 méterre lévő termelő berendezés és az útvonalon lévő fogyasztók a kijelölt ponton 239,94 V feszültséget hoznak létre. Ez alacsonyabb az induló feszültségnél.

Ezek a tapasztalatok jól láthatók a feszültségdiagramon is:



12. ábra Feszültségprofil a pink útvonalon

Forrás: Saját forrás

- SZ09 szakasz: 108 m $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű szigetelt légvezeték, mely a nyugati irányba halad. Csupán 1 db háromfázisú fogyasztó található ezen a szakaszon.
- SZ10 szakasz: 136 m $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű szigetelt légvezeték, mely az 1. számú utca északi részének egyik felét látja el villamos energiával. Ezen a szakaszon összesen 10 darab fogyasztó található. Ennek a szakasznak az utolsó oszlopáról él egy 3 kVA-es termelő berendezés, mely egyfázisú.
- SZ11 szakasz: 135 m $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű szigetelt légvezeték, mely az 1. számú utca északi részének másik felén lévő fogyasztókat látja el. Ezen a szakaszon összesen 5 darab fogyasztó található. Itt két darab termelő berendezés található: egy egyfázisú 3 kVA-es valamint a hálózat legvégén egy 25 kVA-es háromfázisú.

Ez azt jelenti, hogy a zöld szakaszon az alábbi háztartási méretű kiserőművek hatását kell vizsgálnom:

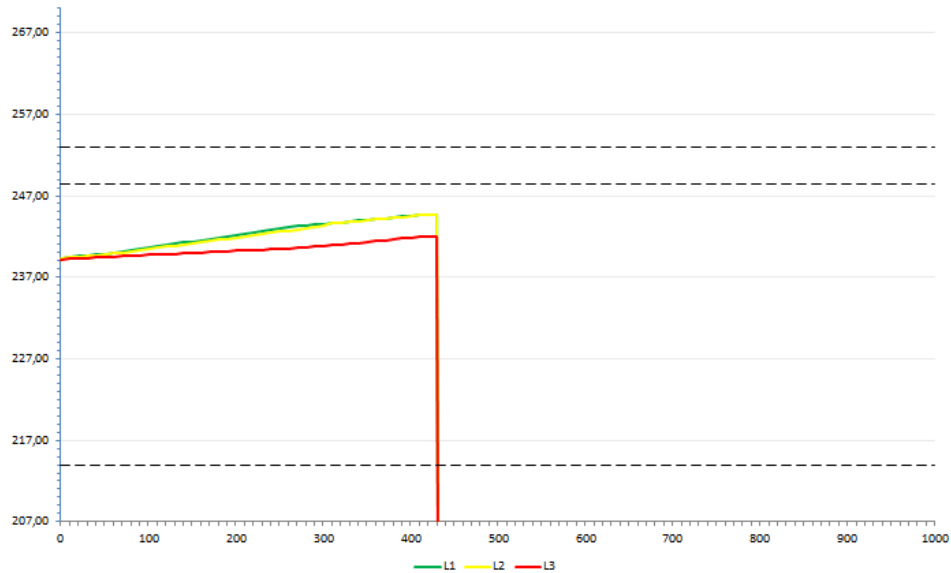
Sorszám	Fázisszám	Teljesítmény	Távolság a TR állomástól
8	1	3 kVA	279 m
9	1	3 kVA	313 m
10	3	25 kVA	412 m
pink	3	23 kVA	55 m
Összesen		54 kVA	

2. táblázat A zöld útvonalon található termelőberendezések a pink útvonallal együtt

Arról, hogy az egyfázisú termelő berendezések melyik fázisra termelnek be, a Hálózati Engedélyesnek nincs információja. Azokat fázisazonosítással lehet bemérni.

A rendelkezésemre álló adatokkal felépítve a számolótáblát két lehetőségem van:

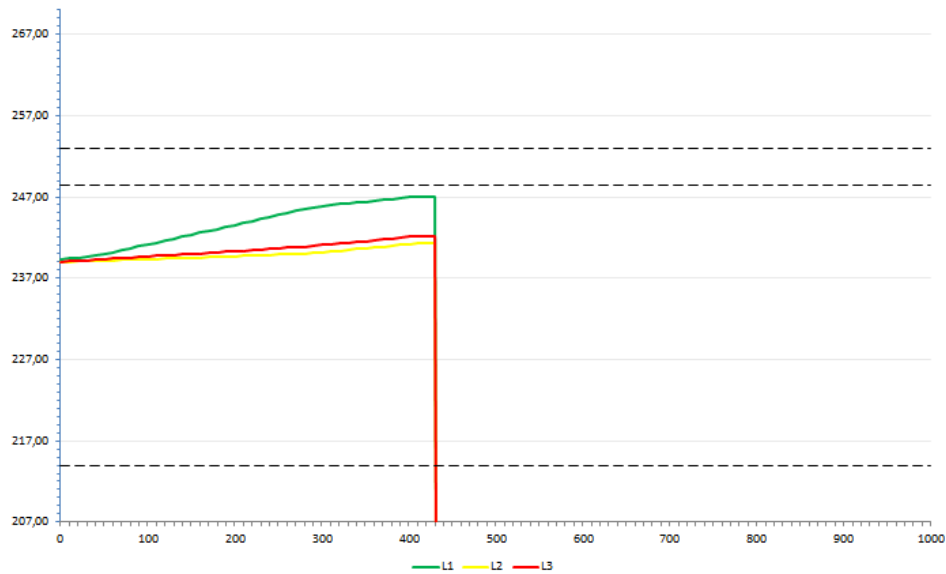
1. A két egyfázisú HMKE különböző fázisokon található. Ebben az esetben azt az eredményt kapom, hogy normál terhelésű hálózat esetében a hálózat végén a feszültség 244,66 V, ami a jogszabályban meghatározott határértéken belül van.



14. ábra Feszültségprofil a zöld útvonalon
az egyfázisú HMKE-k eltérő fázison való elhelyezkedése esetén

Forrás: Saját forrás

2. Amennyiben a két egyfázisú HMKE azonos fázison helyezkedik el, láthatjuk, hogy az érintett fázison a feszültség 247,04 V, ami már megközelíti a szabványban által előírt legnagyobb feszültség értékét (248,4 V).



15. ábra Feszültségprofil a zöld útvonalon
az egyfázisú HMKE-k azonos fázison való elhelyezkedése esetén

Forrás: Saját forrás

Mivel nem ismert a két egyfázisú termelő fázisa, így a legrosszabb esetre vizsgálom tovább, azaz hogy mindkettő azonos fázison helyezkedik el.

Megkerestem azt a pontot, amelyre leképezhetem a hálózatot, azért hogy az eddigi háztartási méretű kiserőművek hatását lássam majd az utolsó szakaszon is. Ezt a pontot úgy jelöltem ki, hogy a jelenlegi útvonalam és a következő útvonal utolsó közös pontja legyen. Ez jelenleg 163 méterre található a transzformátor állomástól, ott ahol az SZ09 szakasz vége van.

A részletes számolótáblát a 4. számú melléklet tartalmazza.

A számolótábla eredményéből leolvashatjuk, hogy az eddigi termelő berendezések ezen a ponton az alábbi feszültséget hozzák létre:

☒ Hálózati terhelés figyelembevétele	Magas terhelésű hálózat	
	Normál terhelésű hálózat	
	Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)	
Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra	163 m	242,58 V
		239,54 V
		240,05 V

16. ábra Adott ponton keletkező feszültségváltozás

Forrás: Saját forrás

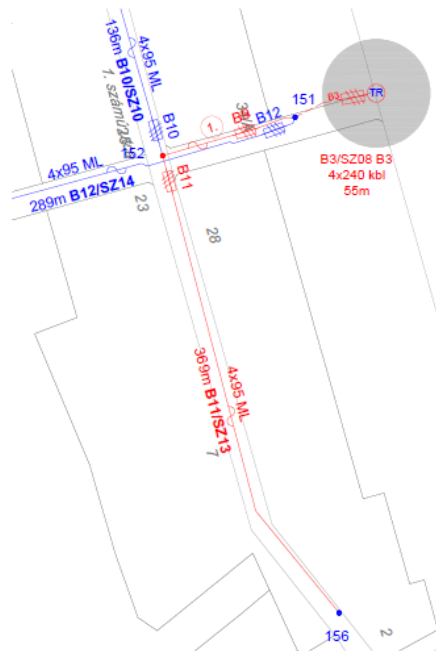
Jól megfigyelhető, hogy az L1 fázisban nőtt meg legjobban a feszültség, hiszen erre a fázisra helyeztem el a két egyfázisú termelőt. Azonban a másik két fázis sem szimmetrikus egymással. Tehát az egyfázisú termelő berendezések a többi fázis szimmetriáját is felborítják.

Ugyanezt a hatást érhetjük el, ha 163 méteren elhelyezek egy 24,1 kVA-es háromfázisú és egy 6 kVA-es egyfázisú (L1 fázisba) termelő berendezést.

5.4. IV. számú (piros) útvonal

Az áramkörből már csak a piros szakaszt nem vizsgáltam.

Most már tudjuk, hogy az eddig vizsgált termelő berendezéseket helyettesíteni tudom egy darab 24,1 kVA-es háromfázisú és egy darab 6 kVA-es egyfázisú termelő berendezéssel, melyeket 163 méter távolságra kell elhelyezni a transzformátor állomástól.



17. ábra Piros útvonalat ábrázoló érintésvédelmi vázlat

Forrás: Saját forrás

A pirossal jelölt áramkör az alábbi szakaszokat tartalmazza:

- SZ08 szakasz: 55 m $4 \times 240 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű földkábel, mely nem lát el fogyasztót. Feladata megtáplálni a transzformátor állomásból a kisfeszültségű légkábeleket.
- SZ09 szakasz: 108 m $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű szigetelt légvezeték, mely a nyugati irányba halad. Csupán 1 db háromfázisú fogyasztó található ezen a szakaszon.
- SZ13 szakasz: 369 m $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű kisfeszültségű szigetelt légvezeték, mely az 1. számú utca déli részét látja el. Ezen a szakaszon összesen 25 darab fogyasztó található.

Ezen a szakaszon találhatóak az alábbi 6 darab termelő berendezés is, illetve ehhez jönnek még hozzá a korábban vizsgált szakaszok leképezésére szolgáló termelő berendezések.

Sorszám	Fázisszám	Teljesítmény	Távolság a TR állomástól
2	3	4 kVA	578 m
3	3	5 kVA	413 m
4	3	3 kVA	382 m
5	3	8 kVA	382 m
6	3	5 kVA	292 m
7	3	9 kVA	292 m
pink-zöld	3	24 kVA	163 m
pink-zöld	1	6 kVA	163 m
Összesen		64 kVA	

3. táblázat A piros útvonalon található termelőberendezések a pink és a zöld útvonallal együtt

Mivel ez több, mint amit a számolótáblám egyben kezelni tud, ezért először kiválasztok 4 darab 3 fázisú termelő berendezést és egy koncentrált háztartási méretű kiserőművel helyettesítem. Az első négy termelő berendezésem legyen a 4,5,6 és 7 számú.

Az 5. számú mellékletben látható számolótáblából kiderül, hogy a négy darab háztartási méretű kiserőmű a transzformátor állomástól 292 méterre lévő ponton 241,71 V feszültséget hoz létre. Így megállapíthatjuk, hogy a 4 termelő berendezést helyettesíthetjük egy darab 25 kVA névleges teljesítményű berendezéssel.

Így már csak az alábbi berendezéseket kell még lemodellezni:

Sorszám	Fázisszám	Teljesítmény	Távolság a TR állomástól
2	3	4 kVA	578 m
3	3	5 kVA	413 m
piros 4-7	3	25 kVA	292 m
pink-zöld	3	24 kVA	163 m
pink-zöld	1	6 kVA	163 m
Összesen		64 kVA	

4. táblázat A piros útvonalon található számolásból kimaradt, és az összevont termelőberendezések a pink, a zöld útvonallal együtt

Ez még mindig több, mint amit egyszerre kezelni tudok a számolótáblában, így ismét elvégzek egy összevonást. Most a négy darab háromfázisú termelő berendezést fogom összevonni. Mivel a hálózat legvégén van az egyik feszültségpanaszos fogyasztó, így arra a pontra vizsgálom a hatásukat.

A számolótáblában láthatjuk, hogy a négy darab háromfázisú termelő berendezés a transzformátor állomástól 532 méterre lévő végponton 244,15 V feszültséget hoz létre. Így megállapíthatjuk, hogy a 4 termelő berendezést helyettesíthetjük egy darab 25,5 kVA névleges teljesítményű berendezéssel.

Így már csak az alábbi berendezéseket kell lemodellezni:

Sorszám	Fázisszám	Teljesítmény	Távolság a TR állomástól
pink-zöld-piros	3	26 kVA	532 m
pink-zöld	1	6 kVA	163 m
Összesen		32 kVA	

5. táblázat A végső számoláshoz szükséges összevont termelőberendezések adatai

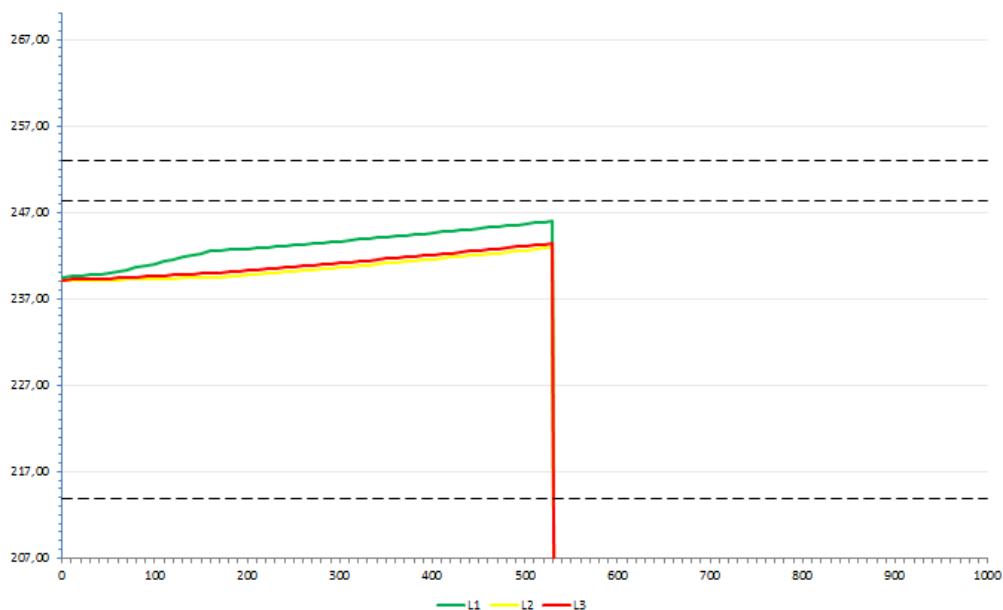
A két termelő berendezéssel is elvégeztem a számítást, amely után az alábbi eredményeket kaptam:

☒ Hálózati terhelés figyelembevétele	Magas terhelésű hálózat Normal terhelésű hálózat Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)			
Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra	532 m <table border="1"> <tr> <td>245,97 V</td> </tr> <tr> <td>242,93 V</td> </tr> <tr> <td>243,44 V</td> </tr> </table>	245,97 V	242,93 V	243,44 V
245,97 V				
242,93 V				
243,44 V				

18. ábra Végponton keletkező feszültségváltozás

Forrás: Saját forrás

Ez azt jelenti, hogy a számítások alapján a hálózat ezen végpontján normál terhelésű hálózat esetén nem áll fenn feszültségprobléma.



19. ábra Feszültségprofil a végső útvonalon

Forrás: Saját forrás

6. FESZÜLTSGPROBLÉMA, REGISZTERES MÉRÉS

Az érintett területem a 2-es és 6-os számú háztartási méretű kiserőművel rendelkező fogyasztók feszültségpanaszt nyújtottak be túl magas feszültségszint miatt.

Egy ilyen esetben nem elég a számított eredményeket megnézni, hiszen azok átlag fogyasztású területtel számolnak, és nem feltétlen a valós adatokat mutatják.

Erre jelent megoldást a villamos energia hálózatokon végzett, feszültségminőséggel kapcsolatos mérés.

6.1. Regiszteres mérés, szabványos feszültségérték

A méréseket úgynevezett hálózati regisztráló készülékekkel végezhetik, amelyekre összességében az jellemző, hogy bizonyos időközönként (általában 1 vagy 10 perc) regisztrálják a hálózaton mért mennyiségek ezen intervallumon belüli minimumát, átlagértékét, illetve maximumát. A készülékeket a mérés előtt a mérésre beprogramozzák, majd a szerelő munkatársak felszerelik a mérés helyére. Miután letelt a mérési periódus, a készülékeket leszerelik, és kiolvassák belőlük a mérési adatokat.

Ezután az adatok felkerülnek az informatikai rendszerbe, amely tárolja és feldolgozza azokat.

A fázisfeszültség elvárt értéke 230 V, azaz a névleges feszültség. Nagyon ritka eset, amikor mindhárom fázisnál a névleges feszültséget lehet mérni, a tényleges érték szinte mindig eltér tőle. Ez az eltérés nem lehet tetszőleges, annak megengedett értékét a szabványok szabályozzák.

A feszültségérték-ingadozás két követelménynek kell, hogy megfeleljen: a Magyar Szabványnak, valamint a Garantált Szolgáltatásoknak. A bennük megadott feltételek mindkét esetben a fázisfeszültségek 10 perces átlagaira vonatkoznak, ezért az 1 perces mérések esetében is 10 perces átlagolásokat vizsgálunk.

6.1.1. Magyar Szabvány (MSZ-EN-50160):

A szabvány szerint alsó határnak két érték is meg van határozva aszerint, hogy üzemi vagy összes 10 perces átlagokat vizsgálunk. Az üzemi átlagokat vizsgálva a névleges feszültség 85%-a (195,5 V) az alsó határ, míg a másik esetben, tehát az összes átlagot vizsgálva a névleges feszültség 90%-a, ami 207 V. Felső határnak pedig mindkét esetben azonos a kettő, azaz a névleges feszültség 110%-a (253 V). A magyar szabvány szerint akkor megfelelő a feszültségszint, ha mind a két esetben megfelel.

6.1.2. Garantált szolgáltatások:

„Feszültség a kisfeszültségű felhasználási hely csatlakozási pontján a felhasználási hely csatlakozási pontján az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. a névleges feszültség $\pm 7,5$ % (leágazási ponton $+8/-7\%$) tartományon belül szolgáltatja a villamos energiát normál üzemállapotú egyhetes mérése alatt (bármely nap) a napi bármely 10 percre átlagolt értékek 95%-ában. Az egyhetes mérés valamennyi 10 perces átlagértékének a névleges érték $+10/-10$ % tartományába kell esnie. A legnagyobb feszültség-növekedés mértéke a névleges feszültség 115%-át, feszültség-csökkenés mértéke a névleges feszültség 80%-át nem haladhatja meg 1 perces átlagban.”

/Forrás: <https://www.eon.hu/hu/rolunk/vallalatcsoport/kozlemenyek/szabalyzatok-jogszabalyok/aram/eon-eszakedunantuliamamhalozati/garantalt-szolgalaltatasok.html>,

2021.04.25./

Ebből láthatjuk, hogy a mérésnek legalább 7 naposnak kell lennie, de általában 8 naposra tervezi a Szolgáltató. Ez azt jelenti, hogy 1008 db 10 perces átlagolást kapunk a végén. Ezeknek $\pm 10\%$ tartományba kell esnie, tehát 207V és 253 V közé. Ezen kívül a 7 nap mindegyikében a 10 perces átlagok 95%-ának (137 darabnak naponta) a névleges feszültségértéktől lefelé legföljebb 7%-kal (213,9 V) és fölfelé legföljebb 8%-kal (248,4 V) eltérő sávon belül kell esnie.

6.2. Az érintett körzet regiszteres mérése

A regisztrált mérésre augusztus hónapban került sor. Ennek azért van jelentősége, mert ez a hónap a második legnagyobb értékkel rendelkezik napfénytartalom tekintetében. Illetve Magyarországon ebben a hónapban a legritkább a felhőborítottság.

A mérés során az áramkörön belül több helyre is felkerült hálózati regisztráló műszer:

1. VHR 21 mérőműszer került a táppontba, azaz a transzformátor állomáshoz
2. VHR 20E mérőműszer került fel egy másik áramkör végpontjába. Számunkra ez most nem szükséges adat, így nem vizsgálom az eredményeit.
3. VHR 20E mérőműszer került fel az általam pinkkel jelölt, 1. számú utca végpontjára. Itt található a pink szakaszon lévő HMKE.
4. VHR 20E mérőműszer került fel az általam pirossal jelölt útvonal, azaz 2. számú utca végpontjára. Itt található az egyik feszültségpanaszos termelő berendezés, azaz a 2-es számú.
5. VHR 20E mérőműszer került fel az általam pirossal jelölt útvonal, azaz 2. számú utcában lévő 6-tal jelölt HMKE hálózati leágazási pontjához is, mivel itt található a másik panaszos fogyasztó.



20. ábra Mérési pontok az érintésvédelmi vázlaton

Forrás: Saját forrás

6.2.1. Tápponti mérés

A tápponti mérés diagramjából jól látszik, hogy a feszültségek többször túllépték az $U_n+8\%$ határt, azonban mindig az $U_n+10\%$ határon belül maradtak. A mérésből az is jól látszik, hogy az induló feszültség 240 V a transzformátor állomásban. A transzformátor gép középcsapoláson volt.



21. ábra Tápponti mérés diagramja

Forrás: EON belső anyaga

Nagyon fontos kérdés, hogy mit látunk a mérések végpontjain is. Ezek statisztikája a következő:

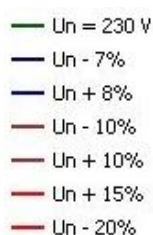
Mérési pont száma	2	3	4	5
Fázisfeszültség - Minimum	223,914	233,098	231,326	232,184
Fázisfeszültség - Átlag	239,136	242,971	242,493	242,81
Fázisfeszültség - Maximum	249,446	253,286	254,63	254,11
-10% - + 10% sávon kívül	0	1	8	7
-10% - + 10% sávon belül	1161	1157	1161	1164
-15% - + 10% sávon kívül	0	1	8	7
-15% - + 10% sávon belül	1161	1157	1161	1164
GSZ szerint megfelelt	igen	nem	nem	nem
MSZ szerint megfelelt	igen	nem	nem	nem

6. táblázat A feszültségprobléma kivizsgálása szolgáltató regisztrált mérés eredménye

Jól látszik a fázisfeszültség minimumokból, hogy a mind a szabványok által előírt, mind a garantált szolgáltatásokban vállalt alsó határt a fázisfeszültség nem lépte át. Az átlagértékek is határon belül vannak, azonban a maximum értékek túllépik az $U_n + 10\%$ -os sávot. Mindkét számunkra fontos előírásban az szerepel, hogy ezt a határt nem lépheti át a fázisfeszültség, így ez nem elfogadható.

Nézzük meg egyesével a végponti mérések diagramjait:

A diagramok vízszintes vonalainak jelmagyarázata:

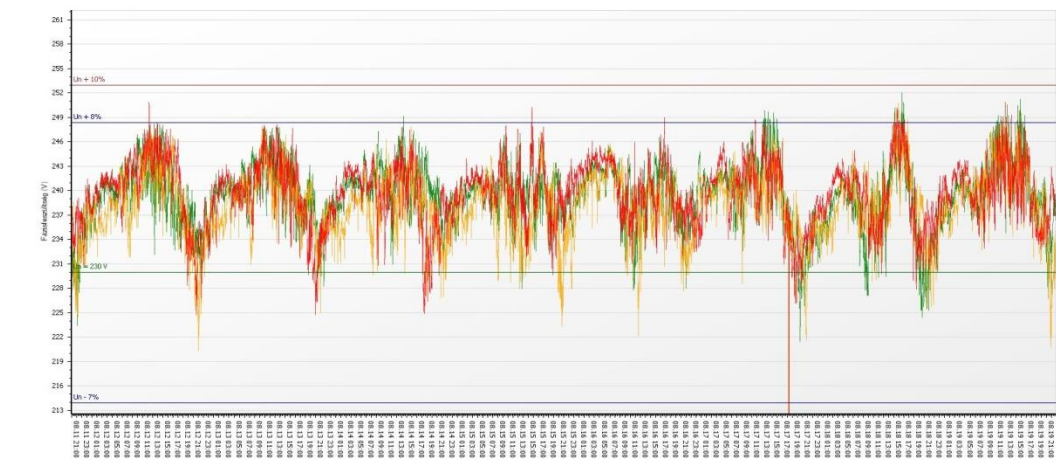


22. ábra Jelmagyarázat

Forrás: EON belső anyaga

6.2.2. 2. számú végponti mérés:

Jól látható a diagramon, hogy bár a $+8\%$ -on valóban vannak túllépések mindhárom fázisban, azonban a $+10\%$ -ot valóban nem éri el egyik esetben sem.

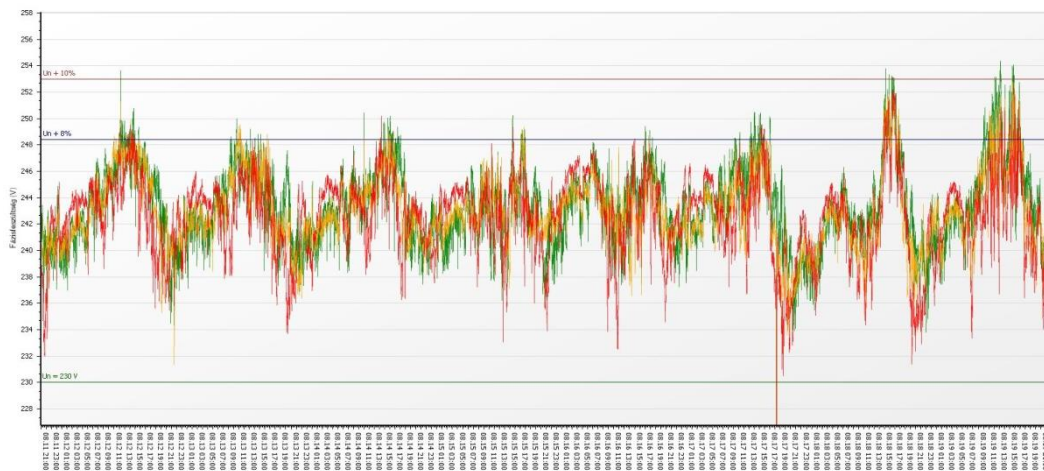


23. ábra 2. számú végponti mérés diagramja

Forrás: EON belső anyaga

6.2.3. 3. számú végponti mérés:

Ebben az esetben jól látható, hogy a fázisfeszültség több esetben is átlépte a +10% határt. Ez főképp a zöld fázisban fordult elő. Azonban mivel a diagram az 1 perces méréseket ábrázolja, így a 10 perces átlagolás után valójában egyszer lépi csak át ezt a határt, az utolsó napon.



24. ábra 3. számú végponti mérés diagramja

Forrás: EON belső anyaga

6.2.4. 4. számú végponti mérés:

Ez a mérés a hálózat egyik végpontján, az egyik feszültségpanaszos termelő berendezés leágazási pontján helyezkedik el. Ebben az esetben jól látható, hogy a fázisfeszültség hosszabb ideig is több esetben is átlépte az $U_n+10\%$ határt. Azokban az esetekben, amikor nem lépi át, akkor is sok esetben a határérték közelében mozog. Ha a feszültség túl magas, akkor a termelő berendezés nem tud üzemelni, tehát a feszültségpanasz jogosnak minősül.

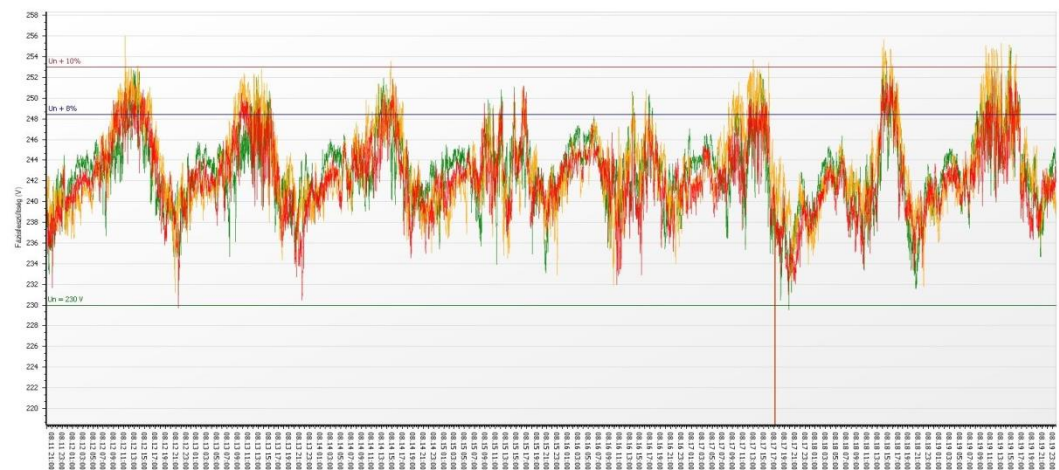


25. ábra 4. számú végponti mérés diagramja

Forrás: EON belső anyaga

6.2.5. 5. számú végponti mérés:

Ez a végponti mérés a másik feszültségpanaszos termelő berendezés leágazási pontján helyezkedik el. Ebben az esetben is elmondható ugyanaz, ami a 4. számú mérés esetében, tehát hogy a fázisfeszültség többször is átlépte az $U_n + 10\%$ határt. Azokban az esetekben, amikor nem lépi át, akkor is sok esetben a határérték közelében mozog. A feszültségpanasz ebben az esetben is jogosnak minősült.



26. ábra 5. számú végponti mérés diagramja

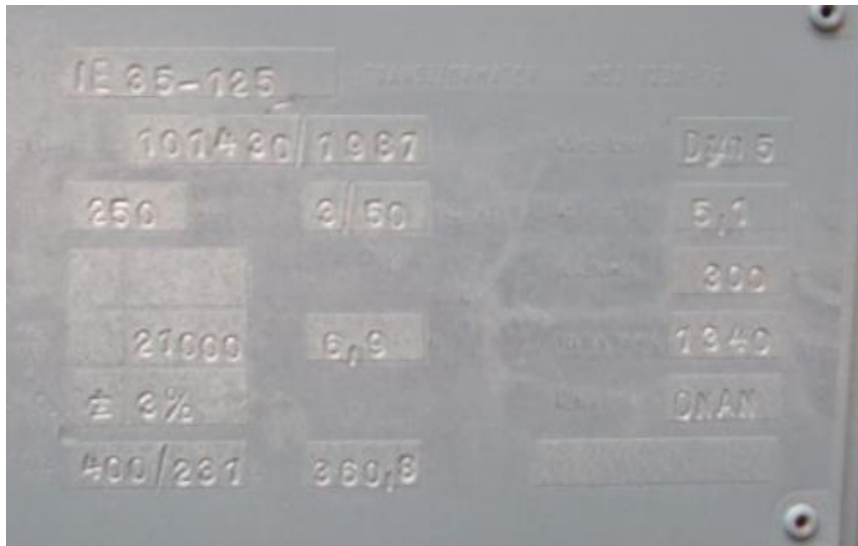
Forrás: EON belső anyaga

Az elvégzett számításból és a regiszteres mérésből láthatjuk, hogy a háztartási méretű kiserőművek igényeinek elbírálásakor átlagos értékekkel tudunk számolni. A valós állapotot nagyon sok minden befolyásolhatja még negatív irányba. Ilyen például, ha a fogyasztók nem fogyasztanak annyit, mint amennyivel számolunk. Jól látható az is, hogy a termelő berendezések milyen mértékű feszültségemelkedést hoznak létre a fogyasztások ellenére a közcélú hálózaton. A feszültségemelkedés okozta problémákra az Elosztói Engedélyesnek megoldást kell találnia, hogy tartani tudja a szabványos feszültségeket.

7. MI JELENTHET MEGOLDÁST A FESZÜLTSGEMELKEDÉSRE?

7.1. Transzformátorgép megcsapolása

A közcélú hálózaton jellemzően olyan transzformátort használ a Hálózati Engedélyes, amelynél lehetőség van az áttételt megváltoztatni és ezáltal szabályozni. A transzformátor gép úgy van kialakítva, hogy annak szekunder tekercsén három kivezetés is található, melyek a menetszám bizonyos százalékával vannak megadva. A jelenlegi Csepel IE 35-125 típusú transzformátor gép esetében a három kivezetés az alábbi: -3%, középállás, +3%. Ez azt jelenti, hogy lehetőségünk van a menetszám áttételt 3%-al megváltoztatni, aminek következtében a feszültségáttétel is meg fog változni.



27. ábra 5. számú végponti mérés diagramja

Forrás: <https://www.nivill.hu/IE-35-125-OLAJOS-TRANSZFORMATOR-20/04-250>
kVA, letöltés ideje: 2021.11.23.

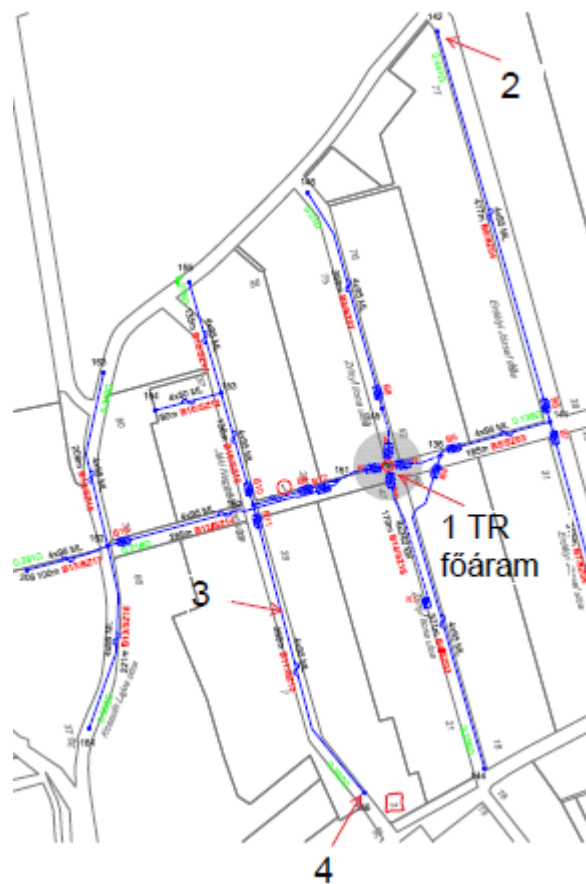
A csapolás mindig középfeszültségen történik, tehát ahhoz, hogy alacsonyabb szekunder feszültséget kapjunk, a primer oldalon +3%-al kell csapolnunk. Nagyon fontos, hogy a KÖF/KIF transzformátor gépek esetében a csapolás feszültségmentes állapotban lehetséges, tehát mindenképp kieséssel jár!

A transzformátor gép csapolása a leggyorsabb, és egyben a legkisebb költségű megoldás a Hálózati Engedélyesnek. Azonban mégse jelent feltétlen hosszú távú és jó megoldást. Ha a transzformátor gépet feljebb csapoljuk, tehát csökken a szekunder induló feszültség, akkor az minden áramkört érint. Olyan esetben, ha az egyik áramkörön nagyon sok HMKE van, tehát termelés, a másikon pedig nagyon sok fogyasztás, tehát terhelés, abban az esetben a csapolás akár nagyobb problémát is okozhat. Előfordulhat, hogy a 3% nem csökkenti kellőképp a termeléssel teli áramkör feszültségét, tehát a magas feszültség továbbra is fennáll, viszont a nagy terhelésű áramkör feszültségét a hálózat végén olyannyira lecsökkenti, hogy azon pedig túl alacsony feszültség alakul ki a hálózat végén. Illetve a másik fellépő probléma az, hogy mivel csak feszültségmentes állapotban lehet csapolni, így nem lehet egy nap többször is megváltoztatni. Ha a transzformátor csapolása miatt alacsonyabb az induló feszültség,

olyan eset is fennállhat, hogy a feszültség a jellemzően termeléses időszakban (pl. a déli órákban) megfelelő, azonban a jellemzően terheléses időszakban (pl. késő délután, este) már túl alacsony, hiszen az indulófeszültség alacsony, de a HMKE-k már nem termelnek. Jól látható, hogy az előbbi problémák miatt a csapolás után nagyon fontos szerepe van a visszamérésnek!

Az általunk érintett transzformátor gép esetében a csapolás megtörtént +3%-al. Nézzük milyen eredményt kaptunk a visszamérés esetében:

A visszamérés 4 ponton történt az alábbiak szerint:



28. ábra Mérési pontok az érintésvédelmi vázlaton a visszamérésnél

Forrás: Saját forrás

A tápponti mérés diagramjából jól látszik, hogy a feszültségek már nem lépik túl az $U_n + 8\%$ határt.



29. ábra Tápponti mérés diagramja a visszamérésnél

Forrás: EON belső anyaga

Számunkra fontos, hogyan alakultak a hálózat végén található mérőpontokon a feszültségek. A visszamérést követően az alábbi eredményeket kaptuk:

Mérési pont száma	2	3	4
Fázisfeszültség - Minimum	211,836	222,01	220,644
Fázisfeszültség - Átlag	232,324	234,11	233,586
Fázisfeszültség - Maximum	246,024	245,818	246,952
-10% - + 10% sávon kívül	0	0	0
-10% - + 10% sávon belül	1183	1163	1161
-15% - + 10% sávon kívül	0	0	0
-15% - + 10% sávon belül	1183	1163	1161
GSZ szerint megfelelt	igen	igen	igen
MSZ szerint megfelelt	igen	igen	igen

7. táblázat A feszültségprobléma kivizsgálása szolgáltató regisztrált mérés eredménye a visszamérés után

Jól látszik, hogy az átcsapolás után mind a fázisfeszültség minimum értékei, mind a maximum értékei a szabványok által előírt, és a garantált szolgáltatásokban vállalt határokon belül vannak. Ez azt jelenti, hogy az átcsapolás egy kis időre megoldást

jelentett. Azonban a magas penetráció miatt az érintett hálózatra újabb és újabb HMKE igények érkeznek, így végleges megoldást nem jelent.

7.2. A hálózati kép átalakítása beruházással (hálózatfejlesztés)

A feszültségproblémákra a Hálózati Engedélyesek általában a hálózati kép átalakításával tudnak reagálni. Ez mindenképp beruházással jár. Milyen beruházási lehetőségek merülhetnek fel megoldásként jelen esetben?

Két megoldás van, amivel a jelenlegi jogszabályok alapján javítani lehetne a hálózaton uralkodó feszültségviszonyokat.

Az egyik megoldás lehet egy új transzformátor állomás besűrítése a feszültségproblémával érintett áramkör közelében. Mivel új hálózatot a föld felett már nem lehet építeni, így hiába halad át a középvezeték az áramkör közepén, mindenképp földkábeles hálózatot kellene létesíteni. Egy új földkábeles hálózathoz szükség lenne egy független földelőképes oszlopkapcsolóra, kb. 10 méter középvezetékű földkábelre, egy új kompakt betonházas transzformátor állomásra transzformátor géppel, valamint a kisfeszültségű légkábelek megtáplálására kb. 50 m kisfeszültségű földkábelre. Ezek létesítési költsége kb. 15-16 millió forint lenne. A magas létesítési költségen felül figyelembe kell még venni az üzemeltetési és karbantartási költségeket is. További problémát jelenthet, hogy a közterületen szűk zöldterület található csak, így a transzformátor állomás elhelyezhetősége, engedélyeztetetősége kérdéses.

A másik megoldást jelentheti, ha új kitáplálások kerülnének kiépítésre a meglévő transzformátor állomásból. Természetesen a jogszabályok miatt ez is csak földkábelrel lehetséges. Ahhoz, hogy ez hosszabb távon is megoldást jelentsen, két új kitáplálás is szükséges. Ezzel a jelenlegi panaszos áramkört három önálló áramkörre lehetne bontani, lehetőséget adva a későbbi HMKE csatlakoztatásokra is. Mivel a jelenlegi transzformátor szekrény 4 áramkörös, így ennek cseréje illetve a keresztmetszet változás miatt 2 db új szakaszszekrény is szükséges lenne. A 360 m kisfeszültségű földkábelrel együtt ennek a megoldásnak a költsége kb. 9-10 millió forint lenne.

7.3. Vonali feszültségszabályzó (IVR)

A vonali feszültségszabályzó (IVR – Inline Voltage Regulator) több esetben is megoldást jelenthet a hálózati problémákra:

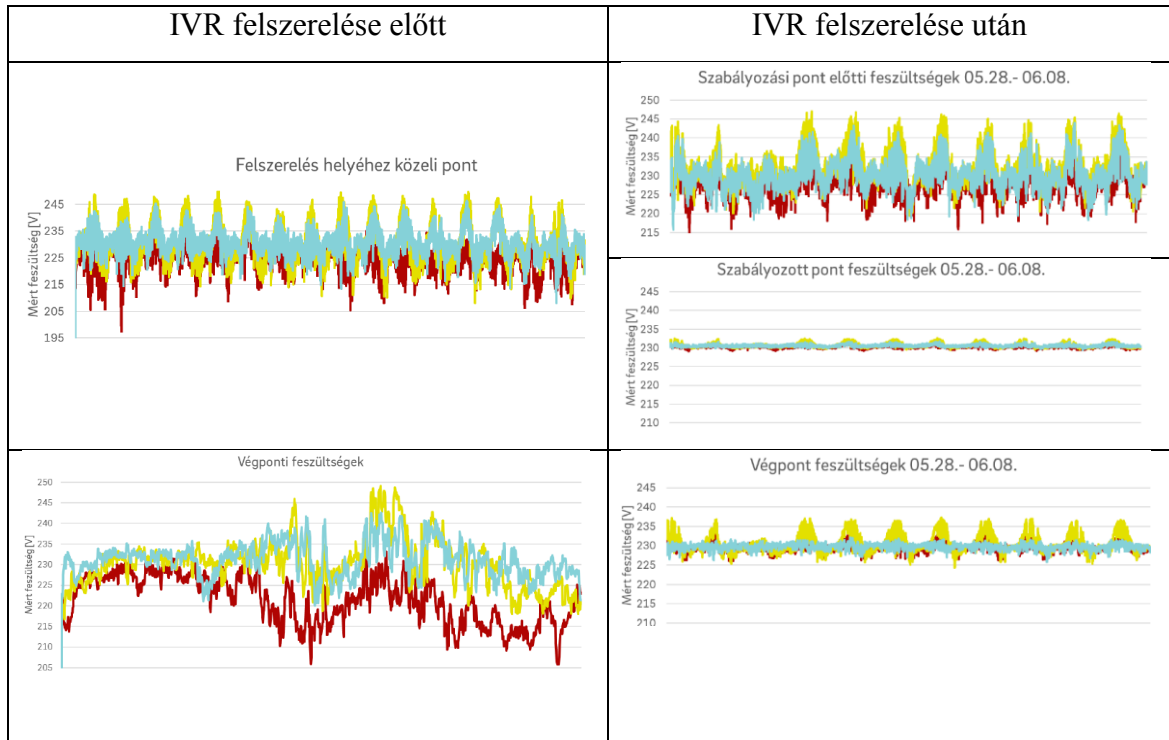
- Ha egy hálózatra új fogyasztók jelentkeznek, ami miatt a hálózat hosszát növelni kell, vagy ha a már meglévő áramkör túl hosszú, az IVR segítségével a hálózati végponton fellépő alacsony feszültséget javítani lehet vele.
- Az IVR segítségével a meglévő hálózat keresztmetszetének bővítését, valamint az esetlegesen szükségessé vált táppont besűrítést ki lehet váltani.
- Javítani lehet az aszimmetrikus hálózat szimmetriáján
- Olyan áramkörök esetében, amik HMKE-vel terheltek, javítani lehet a feszültségminőséget, melynek következtében új termelő berendezések csatlakoztatása is lehetségessé válik.

Az IVR egy olyan soros, aktív feszültségszabályzó, mely képes a feszültség abszolút értékét egy a szabályozott szakaszon megadott határértéken belül tartani. A feszültségtartáson kívül alkalmas arra is, hogy a fogyasztókat megvédje a gyors változásoktól és a hibajelenségek hatásaitól. Az IVR képes a kétirányú feszültséget szabályozni, illetve kezelni tudja a teljesítmény kétirányú áramlását.

Az IVR pontos hálózatvizsgálat után fel lehet szerelni oszlopra, mivel súlya 200 kg, így előfordulhat, hogy oszlopcsere is szükséges hozzá. Az oszlopra szerelt IVR-be bevezetésre kerül a hálózat, majd onnan tovább folytatódik. Ezáltal az IVR szinte úgy viselkedik, mint egy kihelyezett táppont.

Amennyiben az IVR meghibásodna, a hálózat ellátása nem szakadna meg, hiszen képes arra, hogy leválassa magát a hálózatról és egy söntöt hozzon létre maga helyett. Amennyiben az IVR elé egy söntszekrény kerül telepítésre, akkor a fogyasztók zavartatása nélkül leválaszthatóvá, leszerelhetővé válik a hálózatról.

Egy korábbi helyszínen, ahova kísérleti jelleggel került felszerelésre egy IVR, az alábbi módon változtak meg a feszültségviszonyok:



30. ábra IVR által okozott feszültségváltozások

Forrás: EON belső anyaga

Jól látható, hogy a szabályozott ponton gyakorlatilag 230V-os feszültségre szabályozott vissza az IVR. A végponton is jóval kedvezőbbek a feszültségek az IVR beiktatása után, mint korábban.

Az IVR nagy előnye, hogy amennyiben rendelkezésre áll a készülék, gyorsan fel lehet szerelni és üzembe helyezni. Akár átmeneti megoldásként is alkalmazható, mivel nem igényel komolyabb hálózati beavatkozást.

Egy IVR telepítése oszlopcserével és a söntszekrénnel együtt kb. 7-9 millió forintba kerül.

7.4. Terhelés alatti fokozatváltóztatásra képes elosztó hálózati KÖF/KIF transzformátor (OLTC)

A NAF/KÖF transzformátorokat régóta úgy alakítják ki, hogy terhelés alatt is szabályozhatók legyenek. A KÖF/KIF transzformátorokra az a jellemző, hogy csak feszültségmentes állapotban tudjuk az áttételt megváltoztatni. Jelenleg még nagyon ritkák az olyan KÖF/KIF transzformátor gépek, amelyeket a NAF/KÖF transzformátorokhoz hasonlóan tudunk terhelés alatt is szabályozni. Az igény azonban egyre nagyobb rájuk. Ez köszönhető a kiserőművek és a háztartási méretű kiserőművek egyre nagyobb elterjedésének.

Az OLTC (on-load tap-changer) több esetben is megoldást jelenthetne:

- Ipari fogyasztók esetében a feszültségminőséget javítani lehetne
- Olyan területeken, ahol a szezonális fogyasztásnak köszönhetően feszültségingadozás lép fel
- A középvezetési feszültség ingadozás kezelésére
- Egy transzformátor körzet szabályzására, ha annak kisfeszültségű áramkörei közel azonos arányban és nagymértékben érintettek HMKE termeléssel.

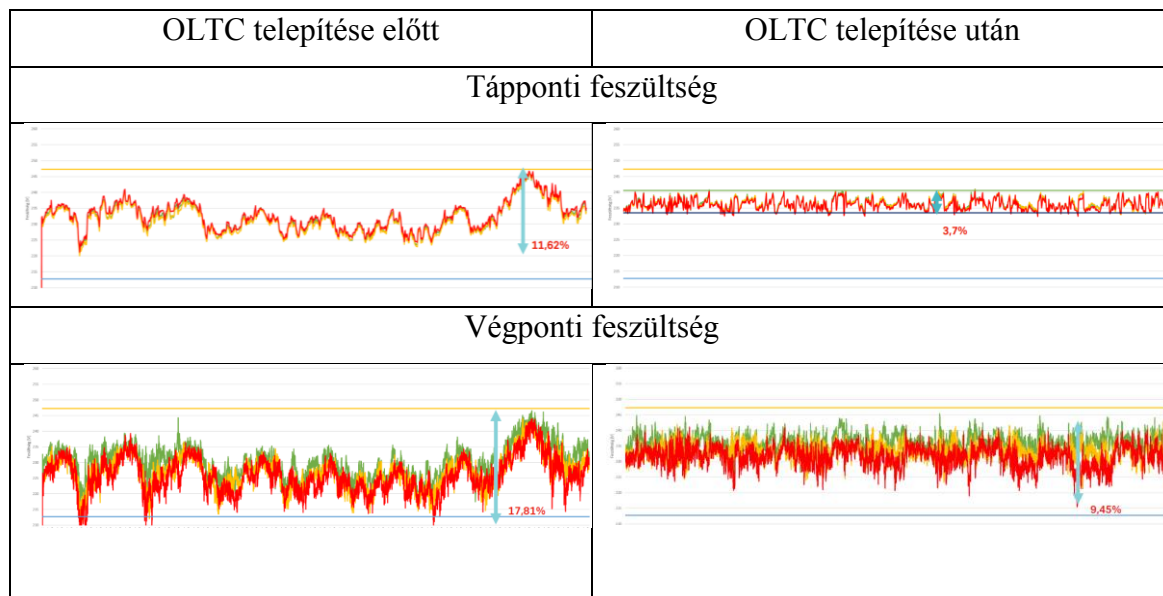
Az OLTC kialakítása nagyon hasonló a terhelés alatt nem kapcsolható transzformátorokéval. A terheléskapcsolók az olajtérben kapnak helyet. Ide kerülnek bekötésre a nagyfeszültségű rész megcsapolásai. A kapcsolók azonban rendelkeznek egy vákuumkamrával, ahol az áramút változtatása történik. Mivel az áttételkapcsolók egy közös tengelyre vannak összefogva, így mindhárom fázisban egy időben történik a fokozat váltás.

A problémás transzformátor körzetben egy 250 kVA-es OLTC-t lehetne felszerelni az oszlopra, melynek 16%-os átfogása lenne. Ez azt jelenti, hogy a csapoláskiosztás az alábbi lenne: +6% / +4% / +2% / 0% / -2% / -4% / -6% / -8% / -10%. Az, hogy a csapoláskiosztás ilyen kis lépésközökben változtatható, lehetővé tenné, hogy az indulófeszültség egy kívánt sávban legyen.

Egy ilyen transzformátor gép ára megközelítőleg 9-10 millió forint.

Az OLTC-k esetében némi fejlesztéssel akár a távműködtetés is elérhetővé válhat, aminek köszönhetően a különböző napszakokban fellépő feszültségviszonyokat megfelelő módon követni lehetne a szabályzással. Hosszú távon, akár az automatikus szabályozás is elérhetővé válhatna egy algoritmus segítségével.

OLTC állomás kísérleti jelleggel egy másik transzformátor körzetben már került felszerelésre, mellyel az alábbi eredményt sikerült elérni:



31. ábra OLTC által okozott feszültségváltozások

Forrás: EON belső anyaga

Jól látható, hogy az OLTC nem tudja annyira kisimítani a feszültségviszonyokat, mint az IVR. A feszültségsáv 3,7%-os lett a terhelés alatti szabályzó transzformátor segítségével.

Az OLTC nem minden esetben jelent megoldást. A kiefeszültségű hálózaton fellépő problémák esetében a hálózatot komolyabban meg kell vizsgálni. Az OLTC olyan kiefeszültségű hálózaton jelenthet megoldást, ahol a transzformátor körzet áramkörei szimmetrikusan és azonosan terheltek, ráadásul közel azonos hosszúságúak.

Véleményem szerint a szakdolgozatomban bemutatott transzformátor körzet esetében az OLTC nem jelentene megoldást, mivel az áramkörök hosszúsága és terheltsége is

jelentősen eltér egymástól. Az OLTC-t inkább olyan körzetben látom megoldásnak, ahol a közepesfeszültségű vonalra betermelő kiserőművek jelentenek problémát a transzformátor kisfeszültségű oldalán az induló feszültségnél.

7.5. Energiatárolók

„Az energiátárolás fogalma: a villamosenergia-rendszerben a megtermelt villamos energia bizonyos mennyiségének átalakítása tárolható formájú energiává, az ilyen energia tárolása, az ilyen energia ezt követő közvetlen felhasználása, villamos energiává vagy más energiahordozóvá történő visszaalakítása és az így visszaalakított energiának a termeléséhez képest későbbi időpontban való felhasználása.”

(Lukács Gabriella: ENERGIATÁROLÁS, In: Infojegyzet 2019/15., https://www.parlament.hu/documents/10181/1789217/Infojegyzet_2019_15_energiatarolas.pdf/28e0dbc3-aa0e-13b7-8f81-b2d60ceca9e5, letöltés ideje: 2021.11.24.)

Az energiátárolás helyzete az Európai Unióban és annak országaiban nagyon eltérő. A Villamos Energia Törvény megengedi, hogy az elosztói engedélyes a fogyasztók megbízható ellátásának érdekében energiátárolókat létesítsen a hálózatokon, amennyiben ez jelenti a legkisebb költséggel járó megoldást. Ez alól kivételt képez a szűk keresztmetszetek kezelése.

Az energiátárolókkal több cél is elérhetővé válna:

- A feszültségviszonyok könnyebben szabályozhatók lennének, ezáltal a fogyasztók ellátásának minősége javulna.
- Tartalékot lehetne képezni vele, így a hirtelen fellépő igények is elláthatóvá válnának
- A beruházásokkal járó hálózatfejlesztéseket tervezhetőbbé, időben jobban optimalizálhatóvá lehetne tenni.
- Nagy előnye, hogy a helyben megtermelt energiát a helyben lévő fogyasztók a csúcsideszakban elfogyasztják, ezáltal a hálózati veszteség kisebb lenne.

Az energiátárolót célszerű mindig a hálózatnak azon a végpontján elhelyezni, amely a legjobban érintett a feszültségproblémával. Az általam bemutatott áramkörben ez az 1.

utca déli irányba haladó vége. A hálózat végére csatlakoztatott tároló azért előnyös, mert a többlet energia, amit a háztartási méretű kiserőművek a völgyidőszakban termelnek, a hálózat vége felé kezdenek áramolni. Az energiatároló ezt elraktározza, majd a csúcsidőszakban (pl. este) - amikor a termelő berendezések már nem termelnek energiát – egy új betáplálási pontként visszajuttatja a korábban megtermelt energiát a fogyasztóknak. Azáltal, hogy az energia termelése és fogyasztása is helyben történik, a hálózati veszteség csökken, a feszültségviszonyok és egyben a szolgáltatás minősége viszont javulna.

A korábban másik településen próba jelleggel létesített energiatároló beváltotta a hozzá fűzött reményeket. A háztartási méretű kiserőművek hatására sem emelkedett a feszültség a szabványos érték fölé.

Az energiatárolóknak nagy előnye még a vezérelhetőségen kívül, hogy szoftveresen továbbfejleszthetők. A jövőben akár egy okos hálózat részét is képezhetik.

Mivel az energiatárolók viszonylag mobilisak (könnyen szállíthatók, üzembe helyezhetők), így akár ideiglenes megoldásnak is megfelelőek lennének. Amikor például egy hálózatfejlesztés elkészül, a tároló berendezés áthelyezhetővé válna egy másik problémás helyszínre.

Egy energiatároló telepítésének költsége kb. 15-20 millió forint.

KONKLÚZIÓ

A háztartási méretű kiserőművek elterjedése komoly feladat elé állította a szakembereket. A hálózaton a korábbi alacsony feszültségű panaszok helyét átvették az egy időben fellépő alacsony és magas feszültség okozta problémák. A régi, „jól bevált” módszerek már nem feltétlen jelentenek megoldást a problémás helyzetekre, alkalmazásuk ideiglenes segítség csak.

Az innovatív megoldások viszonylag új keletűek, emiatt a tömeges gyártásuk és alkalmazásuk előtt próbaüzemben kell őket alkalmazni. A próbaüzemek során fény derül rá, hogy mind műszakilag, mind gazdaságilag beváltják-e a hozzájuk fűzött reményeket. Szakdolgozatom közben kiderült, hogy nem minden innovatív megoldás alkalmas egy adott probléma kezelése, tehát kimondható, hogy jelenleg nem létezik általános megoldás. Minden felmerült problémát külön esetként kell vizsgálni, és egyedileg megállapítani a szükséges beavatkozást. Az innovatív megoldások egyedi gyártása, alkalmazása viszonylag drágává teszi őket, ezért alkalmazásuk jelenleg még nem elterjedt.

Az általam vizsgált transzformátor körzetben úgy látom, hogy a vonali feszültség szabályzó alkalmazhatóságát érdemes lenne komolyabban megvizsgálni. Annak alkalmazása gazdaságosabb megoldást jelenthetne a felmerült feszültségpanaszra, mint a hálózati kép átalakítása.

ÖSSZEFOGLALÁS

A megújuló energiaforrások napjainkban kiemelt szerepet kapnak. Ehhez mind a környezettudatosabb életmód elterjedése, mind az üvegházhatás csökkentése érdekében létrehozott pályázatok hozzájárulnak. Azonban sajnos, ami lehetőség az egyik oldalon, az problémát okoz a másik oldalon. A lakosság körében elterjedő háztartási méretű kiserőművek a közcélú hálózaton feszültségproblémákat okoznak. A Hálózati Engedélyesek szakembereinek egyre komolyabb és tömegesebb problémákra kell felkészülniük és megoldást találniuk.

Szakdolgozatomban bemutattam a közcélú villamos hálózat kialakításának lehetőségeit és a villamos energiaszolgáltatás minőségi feltételeit. Ezután egy lakossági fogyasztókat ellátó transzformátor állomás áramkörén mutattam be, milyen feszültségviszonyok lennének a hálózaton termelő berendezések nélkül. A számításokból kiderült, hogy a háztartási kiserőművek nélkül a közcélú hálózaton lévő feszültségviszonyok megfelelnek az előírt minőségi feltételeknek.

A kiinduló állapot megismertetése után mind számításokkal, mind méréssel bemutattam hogyan is változtatják meg mindezt a háztartási méretű kiserőművek. A termelő berendezéseknek köszönhetően a szolgáltatás minősége romlott, a magas feszültség miatti panasz jogosnak bizonyult.

A felmerült problémákra a régi, hálózati beavatkozásokkal járó módszerek csak „tűzoltásként” alkalmazhatók. A szakmának innovatív megoldások felé kellett fordulnia. Ezeket az innovatív lehetőségeket mutattam be a szakdolgozatomba. Megállapítottam, hogy az új keletű megoldások még nagyobb anyagi ráfordítást igényelnek, azonban alkalmazásuk így is megfontolandó.

Úgy gondolom, hogy a villamos energia szektor komoly átalakulás előtt áll. A Föld megmentéséért tett változásokban mind a szakembereknek, mind a fogyasztóknak komoly szerepük van. Fontosnak tartom, hogy a múlt tapasztalatait megőrizve tudjunk az új innovatív megoldások felé fordulni.

ABSTRACT

Nowadays, renewable energy sources are playing a key role in our life due to the promotion of a more environmentally conscious lifestyle and the support of application in order to reduce the greenhouse effect. However, what is an option for one side is a problem for the other. Small-sized household power plants, which are becoming more widespread among the population, cause voltage problems on the public network. Network Licensee professionals need to prepare and find solutions for more serious and massive problems.

In my thesis I demonstrated the possibilities of establishing public electricity network and the quality conditions of electricity supply. Moreover, I presented on the circuit of a transformer station supplying household consumers what the network conditions would be on the network without the production equipment. The calculations showed that without small-sized household power plants the network conditions on the public network would meet the required quality conditions.

After reviewing the initial condition, I presented with both calculations and measurements how small-sized household power plants change all of this. Due to the production equipment, the quality of the service deteriorated, and the complaint about the high voltage proved to be justified.

The old methods of network intervention solve the encountered problems only temporarily. The profession had to turn to innovative solutions. These innovative possibilities are demonstrated in my thesis. I found that the new solutions require even more financial investment, however; their application should still be considered.

I believe that the electricity sector is facing a major transformation. Both professionals and consumers have a major role in the changes to save the Earth. As far as I'm concerned, it is important to be able to turn to new innovative solutions while preserving the experience of the past.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] MSZ-1 Szabványos villamos feszültségek, 2002 január , Magyar Szabvány
- [2] MSZ-EN-50160 A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségjellemzői, 2001 május, Magyar Szabvány
- [3] Dr. Novothny Ferenc (PhD) (2010): Villamos energetika I, Dr. Turmezei Péter az ÓE KVK dékánja, mint felelős kiadó, Budapest
- [4] Dr. Morva György(2012): Villamosenergetika, Edutus Főiskola, online, (https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_62_villamosenergetikai_rendszerek/ch01s04.html#id490090, letöltés ideje: 2020.11.28.)
- [5] Vertesz Elektronika: Reginfo és MVR Mérésfeldolgozó rendszer Felhasználói kézikönyv
- [6] Libor József: Kisfeszültségű hálózati feszültségproblémák javítása innovatív eszközökkel az NKM Áramhálózati Kft.-nél, Elektrotechnika folyóirat, 2019/9-10, p. 11-12
- [7] Varga Ákos: A hazai naperőművek helyzete és a napelemes inverterek gyakorlati elemzése, Elektrotechnika folyóirat, 2020/1-2, p. 5-7
- [8] Harsányi Zoltán: A napelemes termelő berendezések hatása a kisfeszültségű elosztóhálózatra, Elektrotechnika folyóirat, 2020/5-6, p. 32-35
- [9] E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. belső anyagai
 - Hálózat tervezési előírások
 - Szakági térkép
 - Fogyasztói adatok
 - Érintésvédelmi vázlatok
 - I-TRS számolótábla
 - Innovatív eszközök (OLTC, IVR, Energiatárolás) tanulmányai, specifikáció

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Sugaras hálózat	8
2. ábra Íves hálózat	9
3. ábra Gyűrűs hálózat	9
4. ábra Az I. számú transzformátor körzet vázlata	16
5. ábra A I. számú transzformátor gép adatai	18
6. ábra Az I. számú transzformátor körzet B1 áramkörének vizsgálati eredménye	18
7. ábra Az I. számú transzformátor körzet B1 áramkörének vizsgálati eredménye valós teljesítménnyel, koncentrált fogyasztó 100%-os kihasználtságával számolva.....	19
8. ábra Kiserőmű teljesítmények alakulása az EON EED területén Forrás: E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt. belső anyaga.....	21
9. ábra HMKE elhelyezkedését ábrázoló szakági térkép Forrás: Saját forrás	28
10. ábra Számolási útvonalakat ábrázoló szakági térkép Forrás: Saját forrás	29
11. ábra Pink útvonalat ábrázoló érintésvédelmi vázlat Forrás: Saját forrás.....	30
12. ábra Feszültségprofil a pink útvonalon Forrás: Saját forrás	31
13. ábra Zöld útvonalat ábrázoló érintésvédelmi vázlat Forrás: Saját forrás.....	32
14. ábra Feszültségprofil a zöld útvonalon az egyfázisú HMKE-k eltérő fázison való elhelyezkedése esetén Forrás: Saját forrás.....	34
15. ábra Feszültségprofil a zöld útvonalon az egyfázisú HMKE-k azonos fázison való elhelyezkedése esetén Forrás: Saját forrás.....	35
16. ábra Adott ponton keletkező feszültségváltozás Forrás: Saját forrás	35
17. ábra Piros útvonalat ábrázoló érintésvédelmi vázlat Forrás: Saját forrás	36
18. ábra Végponton keletkező feszültségváltozás Forrás: Saját forrás.....	39
19. ábra Feszültségprofil a végső útvonalon Forrás: Saját forrás	40
20. ábra Mérési pontok az érintésvédelmi vázlaton Forrás: Saját forrás	43
21. ábra Tápponti mérés diagramja Forrás: EON belső anyaga	44
22. ábra Jelmagyarázat Forrás: EON belső anyaga	45
23. ábra 2. számú végponti mérés diagramja Forrás: EON belső anyaga	45
24. ábra 3. számú végponti mérés diagramja Forrás: EON belső anyaga	46
25. ábra 4. számú végponti mérés diagramja Forrás: EON belső anyaga	47

26. ábra 5. számú végponti mérés diagramja Forrás: EON belső anyaga	47
27. ábra 5. számú végponti mérés diagramja.....	49
28. ábra Mérési pontok az érintésvédelmi vázlaton a visszamérésnél Forrás: Saját forrás	50
29. ábra Tápponti mérés diagramja a visszamérésnél Forrás: EON belső anyaga	51
30. ábra IVR által okozott feszültségváltozások Forrás: EON belső anyaga	54
31. ábra OLTC által okozott feszültségváltozások Forrás: EON belső anyaga.....	56

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat A kisfeszültségen található összes termelőberendezés.....	27
2. táblázat A zöld útvonalon található termelőberendezések a pink útvonallal együtt...	33
3. táblázat A piros útvonalon található termelőberendezések a pink és a zöld útvonallal együtt	37
4. táblázat A piros útvonalon található számolásból kimaradt, és az összevont termelőberendezések a pink, a zöld útvonallal együtt	38
5. táblázat A végső számoláshoz szükséges összevont termelőberendezések adatai	39
6. táblázat A feszültségprobléma kivizsgálása szolgáló regiszteres mérés eredménye ..	44
7. táblázat A feszültségprobléma kivizsgálása szolgáló regiszteres mérés eredménye a visszamérés után	51

MELLÉKLETEK

- | | |
|--------------------|--|
| 1. számú melléklet | A feszültségesést vizsgáló számolótábla működése |
| 2. számú melléklet | HMKE számolótábla módszertana, felhasznált képletei, jellemzői |
| 3. számú melléklet | HMKE hálózati hatás számolótábla pink útvonal |
| 4. számú melléklet | HMKE hálózati hatás számolótábla zöld útvonal |
| 5. számú melléklet | HMKE hálózati hatás számolótábla piros útvonal |

1. SZÁMÚ MELLÉKLET

A feszültségeszt vizsgáló számolótábla működése

1. Hurokimpedancia számítás

1.1. Transzformátor impedancia számítás

$$Z_{tr} = \frac{U_{tr,szek}^2}{S_n} * \frac{\varepsilon}{100}$$

$$R_{tr} = \frac{P_{rz} * U_{tr,szek}^2}{S_n^2}$$

$$X_{tr} = \sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2}$$

Z_{tr} a transzformátor impedanciája [Ω]

R_{tr} a transzformátor ellenállása [Ω]

X_{tr} a transzformátor reaktanciája [Ω]

$U_{tr,szek}$ a transzformátor névleges szekunder feszültsége [V]

S_n a transzformátor névleges teljesítménye [kVA]

ε a transzformátor rövidzárási feszültsége (drop) [%]

P_{rz} a transzformátor rövidzárási vesztesége [kW]

1.2. Csatlakozó vezeték impedancia számítás

$$R_{cs} = (R_{f,cs} + R_{n,cs}) * \frac{L_{cs}}{1000}$$

$$X_{cs} = (2 * X_{fn,cs}) * \frac{L_{cs}}{1000}$$

R_{cs} a csatlakozó vezeték ellenállása [Ω]

X_{cs} a csatlakozó vezeték reaktanciája [Ω]

$R_{f,cs}$ a csatlakozó vezeték fázisvezetőjének fajlagos ellenállása [Ω/km]

$R_{n,cs}$ a csatlakozó vezeték nullavezetőjének fajlagos ellenállása [Ω/km]

$X_{fn,cs}$ a csatlakozó vezeték fázis- és nullavezetőjének fajlagos reaktanciája [Ω/km]

L_{cs} a csatlakozó vezeték hossza [m]

1.3. Hurokimpedancia számítás

Kábelhálózaton:

$$ZH_i = \sqrt{\left(\sum_i RF_i + R_{tr} + \sum_i RN_i\right)^2 + \left(\sum_i XF_i + X_{tr} + \sum_i XN_i\right)^2}$$

Szabadvezetékes hálózaton:

$$ZH_i = \sqrt{\left(\sum_i RF_i + R_{tr} + \sum_i RN_i + R_{cs}\right)^2 + \left(\sum_i XF_i + X_{tr} + \sum_i XN_i + X_{cs}\right)^2}$$

ZH_i hurokimpedancia [Ω]

RF_i a vezeték szakasz fázisvezetőjének ellenállása [Ω]

RN_i a vezeték szakasz nullavezetőjének ellenállása [Ω]

XF_i a vezeték szakasz fázisvezetőjének reaktanciája [Ω]

XN_i a vezeték szakasz nullavezetőjének reaktanciája [Ω]

R_{tr} a transzformátor ellenállása [Ω]

X_{tr} a transzformátor reaktanciája [Ω]

R_{cs} a csatlakozó vezeték ellenállása [Ω]

X_{cs} a csatlakozó vezeték reaktanciája [Ω]

2. Hálózati terhelés számítás

2.1. Mértékadó fogyasztószám

$$Fm_i = \frac{E_i + 2 * H_i}{3}$$

(szimmetrikus terheléseloszlás, háromfázisú fogyasztó=2 db egyfázisú)

Fm_i a vezeték szakasz mértékadó fogyasztószáma [db]

E_i egyfázisú fogyasztók száma [db]

H_i háromfázisú fogyasztók száma [db]

$$Fm_s = \sum_i Fm_i$$

Fm_s az áramkör mértékadó fogyasztószáma [db]

2.2. Mértékadó fogyasztónkénti terhelés

$$P_s = \left(0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{Fm_s}} \right) * P_0$$

P_s az áramkör mértékadó fogyasztónkénti terhelése [kW/fogyasztó]

Fm_s az áramkör mértékadó fogyasztószáma [db]

P_0 mértékadó fogyasztónkénti terhelés [kW/fogyasztó]

2.3. Megoszló terhelés

$$I_{i,mszl} = P_s * Fm_i * \frac{1}{U_T}$$

$I_{i,mszl}$ a vezeték szakasz megoszló terhelése [A]

P_s az áramkör mértékadó fogyasztónkénti terhelése [kW/fogyasztó]

Fm_i a vezeték szakasz mértékadó fogyasztószáma [db]

U_T a táppont feszültsége [kV]

2.4. Koncentrált terhelés

$$I_{i,ko} = \frac{P_k * K_{cs}}{3 * U_T * 100}$$

(háromfázisú koncentrált terhelés)

$I_{i,ko}$ a vezeték szakaszon lévő koncentrált terhelés árama [A]

P_k a koncentrált fogyasztó lekötött teljesítménye [kW]

K_{cs} kihasználtsági szorzó [%]

U_T a táppont feszültsége [kV]

2.5. Teljes terhelés

$$I_{i,er} = I_{i,mszl} + I_{i,ko}$$

$I_{i,er}$ a vezeték szakasz teljes terhelése [A]

$I_{i,mszl}$ a vezeték szakasz megoszló terhelése [A]

$I_{i,ko}$ a vezeték szakaszon lévő koncentrált terhelés árama [A]

3. Feszültségesés számítás

($\cos\varphi=1$)

(a megoszló terhelés eloszlása egyenletes, a vezeték szakasz közepére van redukálva, a koncentrált terhelés a vezeték szakasz végén van)

$$\Delta U_i = R F_i * \frac{I_{T,i} + I_{V,i}}{2}$$

$$I_{V,i} = \sum_k I_{T,i+k} + I_{i,ko}$$

$$U_V = U_T - \Delta U_i$$

$$U[\%] = \frac{U_V}{U_n} * 100 - 100$$

ΔU_i a vezeték szakasz végponti feszültségesése [V]

$R F_i$ a vezeték szakasz fázisvezetőjének ellenállása [Ω]

$I_{T,i}$ a vezeték szakasz induló árama [A]

$I_{V,i}$ a vezeték szakasz végponti árama [A]

$I_{T,i+k}$ a vezeték szakaszt a topológiában követő a vezeték szakaszok áramai [A]

$I_{i,ko}$ a vezeték szakaszon lévő koncentrált terhelés árama [A]

U_V a vezeték szakasz végponti feszültsége [V]

U_T a táppont feszültsége [V]

$U[\%]$ a vezeték szakasz végponti feszültségének a névleges értéktől való eltérése [%]

U_n a névleges feszültség [V]

4. Biztosító számítás

$$I_{i,BNA} \geq I_{i,össz.}$$
$$I_{i,BNF}^{ZH} \leq \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{\alpha * ZH_i}$$
$$I_{i,BNF}^T \leq I_{bmax}$$

$I_{i,BNA}$ a vezeték szakaszhoz rendelt legkisebb biztosítóérték [A]

$I_{i,össz}$ I a vezeték szakasz összegzett árama [A]

$I_{i,BNF}^{ZH}$ a vezeték szakaszhoz rendelt legnagyobb biztosítóérték, ha csak a hurokimpedanciát, mint korlátozó tényezőt vesszük figyelembe [A]

α a biztosító kiolvadási szorzója
(kábeles hálózatonál $\alpha = 4$, légvezetékes és vegyes hálózatonál $\alpha = 2,5$)

ZH_i hurokimpedancia [Ω]

$I_{i,BNF}^T$ a vezeték szakaszhoz rendelt legnagyobb biztosítóérték, ha csak a vezeték terhelhetőségét, mint korlátozó tényezőt vesszük figyelembe [A]

I_{bmax} a vezeték szakaszhoz előírt maximális behelyezhető biztosítóbetét értéke [A]
(paraméter táblázatból vett érték)

Számoláshoz szükséges adatok:

A számolótábla a Hálózati engedélyesnél használt transzformátor gépek alábbi adatait tartalmazza:

- Névleges primer feszültség
- Névleges szekunder feszültség
- Névleges teljesítmény
- Rövidzárási feszültség
- Rövidzárási veszteség

Transzformátor adatok		
Típus:	TNOSCTW-100/22PNS	
Névleges primer feszültség:	22	kV
Névleges szekunder feszültség:	0,42	kV
Névleges teljesítmény:	100	kVA
Rövidzárási feszültség:	4,6	%
Rövidzárási veszteség:	3,32	kW

1. ábra Transzformátor gép adatai a számolótáblában

Forrás: saját forrás

Ezeket az adatokat külön már nem szükséges megadni, csak ki kell választani a szükséges transzformátor gépet.

2. számú melléklet

HMKE számolótábla módszertana, felhasznált képletei, jellemzői

Számítás módszertana

- számítás komplex alakban, történik,
- a vezetéksugár fázis és PEN vezetőinek impedanciái 10 m szakaszonként leképezésre kerülnek,
- a vezetékszakaszokon a fogyasztók egyenletesen kerülnek szétosztásra a termelés időszaki terheléssel (a vezetékszakaszok eltérő terheléssűrűsége rögzíthető),
- a felhasználói terhelés a kommunális hálózatokra jellemző $\cos\varphi = 0,9$ (ind.) fázistolásra lett beállítva.
- a termelő berendezések teljes betermeléssel a csatlakozás helyén kerülnek rögzítésre,
- a termelők fázistolása $\cos\varphi = 1$ értékre lett beállítva,
- a vezetékszakaszokon folyó áramok által létrehozott feszültségváltozások fázishelyesen összegzésre kerülnek, számíthatók, összegezhethők, ábrázolhatók,
- az indulófeszültség, valamint a fázis és PEN vezetők feszültségváltozásainak vektoros összegzése után kialakuló feszültség abszolút értéke kerül meghatározásra,
- a számolótábla a leágazási ponton kialakuló feszültséget számolja (eddig van egyértelmű adat a közcélú hálózatról)

HMKE Számolótáblában használt képletek:

Transzformátorra vonatkozó számítások:

Drop ohmos összetevő

$$\varepsilon_r = \frac{P_{tn}}{S_n} \times 100$$

ahol:

P_{tn} : Transzformátor névleges tekercsvesztése

S_n a transzformátor névleges teljesítménye [kVA]

Drop induktív összetevő

$$\varepsilon_x = \sqrt{\varepsilon^2 - \varepsilon_r^2}$$

ahol:

ε a transzformátor rövidzárási feszültsége (drop) [%]

ε_r : a transzformátor rövidzárási feszültsége (drop) ohmos összetevője

Rövidzárási impedancia

$$Z_{tr} = \frac{U_{tr,szek}^2}{S_n} * \frac{\varepsilon}{100}$$

ahol:

$U_{tr, szek}$ a transzformátor névleges szekunder feszültsége [V]

S_n a transzformátor névleges teljesítménye [kVA]

ε a transzformátor rövidzárási feszültsége (drop) [%]

Rövidzárási teljesítménytényező

$$\cos\varphi_{rz} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon}$$

ahol:

ε a transzformátor rövidzárási feszültsége (drop) [%]

ε_r : a transzformátor rövidzárási feszültsége (drop) ohmos összetevője

Transzformátor ohmos összetevő (szekunder)

$$R_{tr} = Z_{rz} \times \cos\varphi_{rz}$$

ahol

Z_{rz} : a rövidzárási impedancia

$\cos\varphi_{rz}$: a rövidzárási teljesítménytényező

Transzformátor induktív összetevő (szekunder)

$$X_{tr} = \sqrt{Z_{rz}^2 - R_{tr}^2}$$

ahol

Z_{rz} : a rövidzárási impedancia

R_{tr} : transzformátor ohmos összetevő (szekunder)

Ellenállás és reaktancia hányadosa

$$\frac{R_{tr}}{X_{tr}}$$

ahol

R_{tr} : transzformátor ohmos összetevő (szekunder)

X_{tr} : transzformátor induktív összetevő (szekunder)

Mögöttes hálózat impedanciája

$$Z_h = \frac{U^2}{S_h}$$

ahol:

U számítási feszültség [V]

S_h a hálózat névleges teljesítménye [kVA]

Mögöttes hálózat Ohmos összetevője

$$R_h = X_h \times \frac{R}{X} (KÖF)$$

ahol

$\frac{R}{X}$: transzformátor ellenállás és reaktancia hányadosa

X_h : mögöttes hálózat induktív összetevője

Mögöttes hálózat induktív összetevője

$$X_h = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{R}{X} (KÖF)\right)^2}} \times Z_h$$

ahol

$\frac{R}{X}$: transzformátor ellenállás és reaktancia hányadosa

Z_h : mögöttes hálózat impedanciája

Mögöttes hálózat + transzformátor ohmos összetevője

$$R = R_{tr} + R_h$$

ahol

R_{tr} : transzformátor ohmos összetevő (szekunder)

R_h : mögöttes hálózat ohmos összetevő (szekunder)

Mögöttes hálózat + transzformátor induktív összetevője

$$X = X_{tr} + X_h$$

ahol

X_{tr} : transzformátor induktív összetevő (szekunder)

X_h : mögöttes hálózat induktív összetevő (szekunder)

Vezetékre vonatkozó számítások:

Szakasz impedancia számítás

Fázis ellenállás:

$$R_f = \frac{(R_{ff} \times l)}{1000}$$

ahol

R_{ff} fázis vezető fajlagos ellenállása [Ω]

l : szakasz hossza [m]

Nulla vezető ellenállása:

$$R_{PEN} = \frac{(R_{PENf} \times l)}{1000}$$

ahol

R_{PENf} nulla vezető fajlagos ellenállása [Ω]

l : szakasz hossza [m]

Fázis vezető induktivitása:

$$X_f = \frac{(X_{ff} \times l)}{1000}$$

ahol

X_{ff} fázis vezető fajlagos induktivitása [Ω]

l : szakasz hossza [m]

Nulla vezető induktivitása:

$$X_{PEN} = \frac{(X_{PENf} \times l)}{1000}$$

ahol

X_{PENf} nulla vezető fajlagos induktivitása [Ω]

l : szakasz hossza [m]

Hurokimpedancia a végpontban

$$X_{hurok} = \sqrt{\left(\left(\sum R_f + R_{PEN} \right) + R_{tr} + R_h \right)^2 + \left(\left(\sum X_f + X_{PEN} \right) + X_{tr} + X_h \right)^2}$$

ahol

R_f fázis vezető ellenállása adott szakaszon [Ω]

R_{PEN} nulla vezető ellenállása adott szakaszon [Ω]

R_{tr} : transzformátor ohmos összetevő (szekunder)

R_h : mögöttes hálózat ohmos összetevő (szekunder)

X_f fázis vezető induktivitása adott szakaszon [Ω]

X_{PEN} nulla vezető induktivitása adott szakaszon [Ω]

X_{tr} : transzformátor induktív összetevő (szekunder)

X_h : mögöttes hálózat induktív összetevő (szekunder)

Hurokellenállás a végpontban

$$R_{hurok} = \left(\sum R_f + R_{PEN} \right) + R_{tr} + R_h$$

ahol

R_f fázis vezető ellenállása adott szakaszon [Ω]

R_{PEN} nulla vezető ellenállása adott szakaszon [Ω]

R_{tr} : transzformátor ohmos összetevő (szekunder)

R_h : mögöttes hálózat ohmos összetevő (szekunder)

Számolótábla jellemzői

- egy vezetéksugáron több hálózatszakasz megadására alkalmas,
- fajlagos vezeték impedancia értékek azonosak az I-TRS programban alkalmazottal,
- fázisvezetőtől eltérő keresztmetszetű PEN vezetős szakaszok rögzítésére is alkalmas,

- jelzi a számított hurokimpedanciát és hurokellenállást a felépített vezeték sugár végpontján,
- vezeték szakaszonként megadhatók a fogyasztói darabszámok,
- megadható a transzformátor szekunder oldali indulófeszültsége, ennek hiányában középmegecsapolásnak megfelelő szekunder feszültséggel számol,
- alkalmas a termelői aszimmetria kezelésére,
- 1F, 2F, 3F fázisú csatlakozású HMKE hatásainak számítására alkalmas, 1F és 2F termelő berendezésnél kijelölhetők az érintett fázisok,
- több termelő berendezés közös hálózati hatásainak vizsgálatára alkalmas,
- a hálózat terhelési állapota (magas, normál, alacsony) beállítható, hálózati terhelés figyelmen kívül hagyható,
- meghatározza a statikus-, és a gyors feszültségváltozás százalékos értékeit, valamint a vezeték sugár maximális és minimális feszültség értékeit, jelezi a határérték túllépést,
- ábrázolja a rögzített sugár feszültségprofilját, illetve százalékos feszültségváltozást mindhárom fázisban.

3. számú melléklet

HMKE hálózati hatás számolótábla pink útvonal

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

L1+L2

L2+L3

L3+L1

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

4,7

kVA

Távolság a tápponttól:

344

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Vizsgálendő

Névleges teljesítmény:

5

kVA

Távolság a tápponttól:

393

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

2

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

9,7

kVA

KIF hálózat adatai:

1

szakaszcso_fogyasztoi_darabszama

0

db

szakaszcso_hossza

55

m

szakaszcso_anyaga_keresztmetszete

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

3

2

szakaszcso_fogyasztoi_darabszama

1

db

szakaszcso_hossza

289

m

szakaszcso_anyaga_keresztmetszete

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

26

3

szakaszcso_fogyasztoi_darabszama

7

db

szakaszcso_hossza

208

m

szakaszcso_anyaga_keresztmetszete

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

18

4

szakaszcso_fogyasztoi_darabszama

db

szakaszcso_hossza

m

szakaszcso_anyaga_keresztmetszete

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

0

5

szakaszcso_fogyasztoi_darabszama

db

szakaszcso_hossza

m

szakaszcso_anyaga_keresztmetszete

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

0

Rögzített fogyasztói darabszám:

8

fogyasztó

Rögzített vezetéksugár teljes hossza:

552

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,3528

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,3333

Ω

Maximális feszültségváltozás:

0,43%

feszültségemelés szimmetrikusan mindhárom fázisban

Induló feszültség:

242,54

V

Vezetéksugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

243,60

V szimmetrikusan mindhárom fázisban

Vezetéksugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

242,54

V szimmetrikusan mindhárom fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

0,57%

a vizsgálandó HMKE leágazási pontján

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra

55

m

242,6 V

242,6 V

242,6 V

4. számú melléklet

HMKE hálózati hatás számolótábla zöld útvonal

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

23

kVA

Távolság a tápponttól:

55

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

3

kVA

Távolság a tápponttól:

279

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

L1

L2

L3

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

3

kVA

Távolság a tápponttól:

313

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

L1

L2

L3

Vizsgálendő

Névleges teljesítmény:

25

kVA

Távolság a tápponttól:

412

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

4

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

54

kVA

KIF hálózat adatai:

1

szakaszc fogyasztói darabszáma:

0

db

szakaszc hossza:

55

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

2

szakaszc fogyasztói darabszáma:

1

db

szakaszc hossza:

108

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

3

szakaszc fogyasztói darabszáma:

10

db

szakaszc hossza:

136

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

4

szakaszc fogyasztói darabszáma:

5

db

szakaszc hossza:

135

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

5

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Rögzített fogyasztói darabszám:

16

fogyasztó

Rögzített vezetéksugár teljes hossza:

434

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,2781

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,2599

Ω

Maximális feszültségváltozás:

2,21%

feszültségemelés L1 fázisban

Induló feszültség:

239,30

V

Vezetéksugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

244,66

V

L1 fázisban

Vezetéksugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

239,20

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

2,43%

a vizsgálandó HMKE leágazási pontján

☒

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra

163

m

241,54 V

241,29 V

240,02 V

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

23

kVA

Távolság a tápponttól:

55

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

3

kVA

Távolság a tápponttól:

279

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

L1

L2

L3

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

3

kVA

Távolság a tápponttól:

313

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

L1

L2

L3

Vizsgálendő

Névleges teljesítmény:

25

kVA

Távolság a tápponttól:

412

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

4

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

54

kVA

KIF hálózat adatai:

1

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

0

db

szakaszc hossza:

55

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

2

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

1

db

szakaszc hossza:

108

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

3

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

10

db

szakaszc hossza:

136

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

4

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

5

db

szakaszc hossza:

135

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

5

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

3

Átlagos fogyasztói szám (db)

11

Rögzített fogyasztói darabszám:

16

fogyasztó

Rögzített vezetéksugár teljes hossza:

434

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,2781

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,2599

Ω

Maximális feszültségváltozás:

3,25%

feszültségemelés L1 fázisban

Induló feszültség:

239,07

V

Vezetéksugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

247,04

V

L1 fázisban

Vezetéksugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

238,97

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

3,47%

a vizsgálendő HMKE leágazási pontján

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra

163

m

242,58 V

239,54 V

240,05 V

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

24,1

kVA

Távolság a tápponttól:

163

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

6

kVA

Távolság a tápponttól:

163

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

L1

L2

L3

Vizsgálendő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

2

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

30,1

kVA

KIF hálózat adatai:

1

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

0

db

szakaszc hossza:

55

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légekábel

Cu vezeték

2

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

1

db

szakaszc hossza:

108

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légekábel

Cu vezeték

3

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

10

db

szakaszc hossza:

136

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légekábel

Cu vezeték

4

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

5

db

szakaszc hossza:

135

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légekábel

Cu vezeték

5

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légekábel

Cu vezeték

Rögzített fogyasztói darabszám:

16

fogyasztó

Rögzített vezetékugár teljes hossza:

434

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,2781

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,2599

Ω

Maximális feszültségváltozás:

1,28%

feszültségemelés L1 fázisban

Induló feszültség:

239,32

V

Vezetékugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

242,58

V

L1 fázisban

Vezetékugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

239,21

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

0,00%

a vizsgálendő HMKE leágazási pontján

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra

163

m

242,58 V

239,54 V

240,05 V

5. számú melléklet

HMKE hálózati hatás számolótábla piros útvonal

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

9

kVA

Távolság a tápponttól:

292

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

5

kVA

Távolság a tápponttól:

292

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

8

kVA

Távolság a tápponttól:

382

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Vizsgálándó

Névleges teljesítmény:

3

kVA

Távolság a tápponttól:

382

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

4

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

25

kVA

HMKE adatok:

KIF hálózat adatai:

1

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

0

db

szakaszc hossza:

55

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

2

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

1

db

szakaszc hossza:

108

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

3

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

25

db

szakaszc hossza:

369

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

4

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

5

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

3

Átlagos fogyasztói szám (db)

0

Átlagos fogyasztói szám (db)

8

Átlagos fogyasztói szám (db)

0

Átlagos fogyasztói szám (db)

34

Rögzített fogyasztói darabszám:

26

fogyasztó

Rögzített vezetéksugár teljes hossza:

532

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,3401

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,3209

Ω

Maximális feszültségváltozás:

0,97%

feszültségemelés szimmetrikusan mindhárom fázisban

Induló feszültség:

239,66

V

Vezetéksugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

242,00

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Vezetéksugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

239,65

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

1,34%

a vizsgálándó HMKE leágazási pontján

✓

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra

292

m

241,72 V

241,71 V

241,71 V

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Vizsgálandó

Névleges teljesítmény:

25

kVA

Távolság a tápponttól:

292

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

1

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

25

kVA

KIF hálózat adatai:

1

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

0

db

szakaszc hossza:

55

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

3

2

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

1

db

szakaszc hossza:

108

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

8

3

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

25

db

szakaszc hossza:

369

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

34

4

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

0

5

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Átlagos fogyasztói szám (db)

0

Rögzített fogyasztói darabszám:

26

fogyasztó

Rögzített vezetékugár teljes hossza:

532

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,3401

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,3209

Ω

Maximális feszültségváltozás:

0,85%

feszültségemelés szimmetrikusan mindhárom fázisban

Induló feszültség:

239,66

V

Vezetékugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

241,72

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Vezetékugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

239,65

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

1,16%

a vizsgálandó HMKE leágazási pontján

✓

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra

292

m

241,72 V

241,71 V

241,71 V

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

4

kVA

Távolság a tápponttól:

532

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

5

kVA

Távolság a tápponttól:

413

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

25

kVA

Távolság a tápponttól:

292

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Vizsgálandó

Névleges teljesítmény:

24

kVA

Távolság a tápponttól:

163

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

4

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

58

kVA

KIF hálózat adatai:

1

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

0

db

szakaszc hossza:

55

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

2

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

1

db

szakaszc hossza:

108

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

3

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

25

db

szakaszc hossza:

369

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

4

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

5

szakaszc

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Rögzített fogyasztói darabszám:

26

fogyasztó

Rögzített vezetéksugár teljes hossza:

532

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,3401

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,3209

Ω

Maximális feszültségváltozás:

2,02%

feszültségemelés szimmetrikusan mindhárom fázisban

Induló feszültség:

239,31

V

Vezetéksugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

244,15

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Vezetéksugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

239,30

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

1,35%

a vizsgálandó HMKE leágazási pontján

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra

532

m

244,15 V

244,14 V

244,14 V

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Vizsgálándó

Névleges teljesítmény:

25,5

kVA

Távolság a tápponttól:

532

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

1

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

25,5

kVA

KIF hálózat adatai:

1

szakaszc fogyasztói darabszáma:

0

db

szakaszc hossza:

55

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

2

szakaszc fogyasztói darabszáma:

1

db

szakaszc hossza:

108

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

3

szakaszc fogyasztói darabszáma:

25

db

szakaszc hossza:

369

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

4

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

5

szakaszc fogyasztói darabszáma:

db

szakaszc hossza:

m

szakaszc anyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Rögzített fogyasztói darabszám:

26

fogyasztó

Rögzített vezetéksugár teljes hossza:

532

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,3401

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,3209

Ω

Maximális feszültségváltozás:

1,87%

feszültségemelés szimmetrikusan mindhárom fázisban

Induló feszültség:

239,65

V

Vezetéksugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

244,15

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Vezetéksugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

239,65

V

szimmetrikusan mindhárom fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

2,28%

a vizsgálandó HMKE leágazási pontján

☒

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a táppontól adott távolságra

532

m

244,15 V

244,14 V

244,14 V

III. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

II. Meglévő

Névleges teljesítmény:

kVA

Távolság a tápponttól:

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

I. Meglévő

Névleges teljesítmény:

6

kVA

Távolság a tápponttól:

163

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

L1

L2

L3

Vizsgálándó

Névleges teljesítmény:

25,5

kVA

Távolság a tápponttól:

532

m

Csatlakozási mód:

1 fázisú csatlakozás

2 fázisú csatlakozás

3 fázisú csatlakozás

Csatlakozás fázisa:

Rögzített HMKE:

2

db

Rögzített HMKE teljesítmény:

31,5

kVA

KIF hálózat adatai:

1

szakaszcshossza:

0

db

55

m

szakascsanyaga/keresztmetszete:

4x70

3x70+50

4x95

3x95+50

3x95+70

4x120

4x150

3x150+70

4x185

3x185+95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

2

szakaszcshossza:

1

db

108

m

szakascsanyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

3

szakaszcshossza:

25

db

369

m

szakascsanyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

4

szakaszcshossza:

db

m

szakascsanyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

5

szakaszcshossza:

db

m

szakascsanyaga/keresztmetszete:

4x16

4x25

4x35

3x35+25

4x50

3x50+25

3x50+35

4x70

3x70+50

4x95

AI kábel

Cu kábel

AI vezeték

Légkábel

Cu vezeték

Rögzített fogyasztói darabszám:

26

fogyasztó

Rögzített vezetéksugár teljes hossza:

532

m

Számított hurokimpedancia a végponton:

0,3401

Ω

Számított hurokellenállás a végponton:

0,3209

Ω

Maximális feszültségváltozás:

2,71%

feszültségemelés L1 fázisban

Induló feszültség:

239,29

V

Vezetéksugár legnagyobb feszültsége (max. 248,4 V):

245,97

V

L1 fázisban

Vezetéksugár legkisebb feszültsége (min. 211,6 V):

239,17

V

L2 fázisban

Gyors feszültségváltozás (max. 5%):

3,12%

a vizsgálándó HMKE leágazási pontján

Hálózati terhelés figyelembevétele

Magas terhelésű hálózat

Normál terhelésű hálózat

Alacson terhelésű hálózat (pl. szőlőhegy)

Feszültségérték meghatározása a tápponttól adott távolságra

532

m

245,97 V

242,93 V

243,44 V