



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet



SZAKDOLGOZAT

ÓE-KVK

2021.

Hallgató neve:

Hallgató törzskönyvi száma:

Erdei László

T008030/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Erdei László

Szaktervezési száma: SZD21090213455632

Törzskönyvi száma: T008030/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak:

villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció:

Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Középfeszültségű elosztóhálózati üzemzavarelhárítás mai folyamata és lehetséges fejlesztési irányai

A dolgozat címe angolul: Introduction of distribution system troubleshooting and potential development directions

A feladat részletezése: 1. Szaktervezési felépítésének, tartalmi egységeinek megtervezése és az érinteni kívánt témák egyeztetése. Fejezet címek megírása. Üzemzavarok elemzése.
2. A dolgozathoz szükséges adatok bekérése a konzulensektől. Hazai és külföldi szakirodalmak kutatása és feldolgozása. Üzemzavarelhárítás folyamatának ismertetése.
3. Adatok kiértékelése, számítások levezetése és konklúziók levonása az eredmények alapján. Lehetséges fejlesztési irányok meghatározása és bemutatása.
4. Az összefoglaló fejezet megírása. Formai követelmények és a hivatkozások formátumának egyeztetése a követelményekkel. Nyelvhelyességi, helyesírási hibák javítása.

Intézményi konzulens neve: Dr. Holcsik Péter

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 13.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


.....

belső konzulens


.....

külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021.12.14.

.....
hallgató aláírása



**KÖZÉPFESZÜLTSGŰ ELOSZTÓHÁLÓZATI
ÜZEMZAVARELHÁRÍTÁS MAI FOLYAMATA ÉS
LEHETSÉGES FEJLESZTÉSI IRÁNYAI**

Introduction of distribution system troubleshooting and potential
development directions

Egyetemi konzulens:
Dr. Holcsik Péter

Ipari konzulens:
Gercsó Árpád

Készítette:
Erdei László

BUDAPEST

2021

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	7
1. A VER felépítése, jellemzői	8
1.1. Nagyfeszültségű átviteli hálózat	9
1.2. Középfeszültségű elosztóhálózat	10
1.3. Kisfeszültségű elosztóhálózat	11
2. A minőségi mutatók rendszere: A MEKH elvárásai	13
2.1. Szankcionált mutatók, avagy a minimális minőségi követelmények	14
2.2. Nem szankcionált mutatók, avagy az elvárt színvonal	17
3. Üzemzavarok lehetséges fajtái	18
3.1. Üzemzavarok felosztása	19
3.2. Az előforduló hibák mutatókra gyakorolt hatásának csökkentése.....	22
4. Üzemzavar elhárítási és hibahely behatárolási módszerek.....	25
4.1. Elosztó hálózati bontási lehetőségek	25
4.2. MVM Démász Áramhálózati Kft. gyakorlata.....	28
4.3. Az ELMŰ és az ÉMÁSZ gyakorlata	35
5. Lehetséges fejlesztési irányok.....	40
5.1. Távműködtethető oszlopkapcsoló (TMOK)	40
5.2. Oszlopmegszakító (Recloser)	41
5.3. Zárletjelző	44
5.4. ETM	45
5.5. A smart grid filozófia.....	47
6. Távvezérelt oszlopkapcsolók telepítési helyének meghatározása a MEKH mutatók javításának érdekében	50
6.1. Feladat leírás	50
6.2. Vonal kiválasztásának módja.....	50
6.3. Választott vonalak felépítése	52
6.4. Optimális telepítési hely módszertana	54
6.5. Optimális darabszám módszertana	61
7. Összefoglaló	69
8. Summary.....	71

Irodalomjegyzék	73
Ábrajegyzék	76
Táblázatjegyzék	77
Mellékletek	78

BEVEZETÉS

A szakdolgozatban megvalósítani kívánt célom az üzemzavar elhárítás mai folyamatának és logikájának, illetve néhány jövőbe mutató fejlesztési lehetőségnek a bemutatása. A villamos energia rendszer üzemzavarainak elhárítása minél rövidebb idő alatt, és minél kevesebb üzemzavarban érintett fogyasztó mellett, napjainkban és a jövőben is egyre lényegesebb lesz. A villamos energia igények növekedésével egyre nehezebb lesz egy adott szinten tartani a színvonalat. A valóságban pedig ennek a színvonalnak nem is a szinten tartása, hanem inkább a folyamatos fejlesztése, javítása a cél, illetve az elvárás is mind a fogyasztók, mind a felügyelő hatóság részéről.

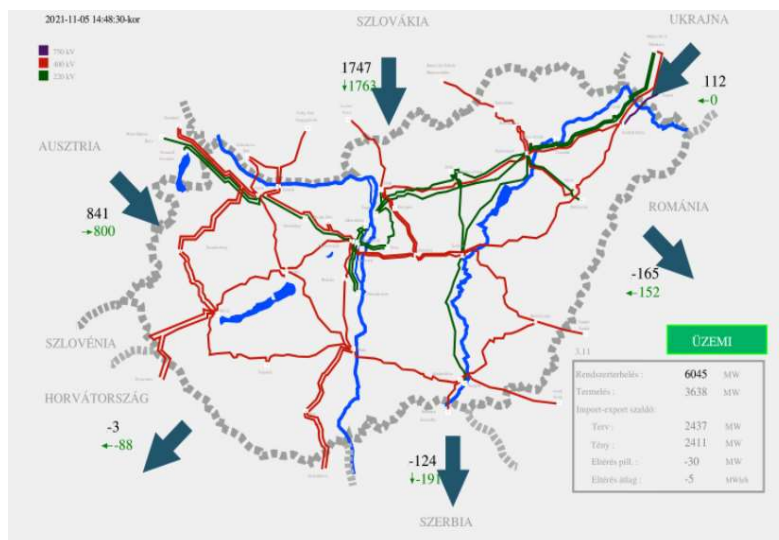
A hierarchikus villamos energia-rendszer általános bemutatása után a dolgozatomban nagyobb hangsúlyt, a közép feszültségű szabadvezetésekre fogok fektetni, ugyanis a fogyasztói kimaradások és zavartatások jelentős részét a közép feszültségű hálózatokon előforduló üzemzavarok, meghibásodások okozzák. A közép feszültségen belül is inkább a természet viszonytagságainak jobban kitett, 20kV-os vidéki légvezetékek a felelősek, míg a városi 10kV-os földkábelek a kimaradások sokkal kisebb hányadát okozzák. Az üzemzavarelhárítás módjait megelőzően ismertetem a hálózatokon előforduló üzemzavarok lehetséges fajtáit, a hálózat bontási lehetőségeit és a hibahely behatárolását. A főbb lehetséges fejlesztési irányokat, ideértve a jövőben egyre nagyobb szerepet kapó smart grid hálózatok filozófiáját és elemeit is vizsgálni fogom.

Az elosztói engedélyesek számára egyre nagyobb fejtörést okoz a szabványokban előírt paraméterek és a szabályozó hatóság által támasztott elvárások szerinti villamos energia szolgáltatás. A szankcionált minimális minőségi paraméterekben meghatározott követelményeknek való egyik lehetséges megfelelési mód, a távvezérelt oszlopkapcsolók számának a növelése. Ezen hálózat bontási lehetőségek telepítése a 20kV-os elosztó hálózaton történik. A telepítés céljából kiválasztandó 20kV-os vonal, valamint azon belül a konkrét hely kijelölése már valamilyen szempontrendszer szerinti meghatározást igényel. Ennek elősegítésére a szakdolgozatomban kiválasztok egy konkrét közép feszültségű vonalat, amely magas üzemzavari számmal és jelentős üzemzavari fogyasztói érintettséggel bír. Ezen valós vonalon keresztül hozok létre egy olyan általánosan használható módszertant, amellyel megkereshetőek azok a helyek, ahová javasolható további hálózat bontási lehetőségek beépítése.

1. A VER FELÉPÍTÉSE, JELLEMZŐI

A magyarországi villamosenergia-rendszer (VER) ismerete elengedhetetlen, amennyiben az üzemzavar elhárítás folyamatát szeretnénk megismerni. A VER három elkülöníthető feszültségszintre osztható fel, vagyis: nagyfeszültségű (NAF), közép-feszültségű (KÖF) és kisfeszültségű (KIF) hálózatokra. Ezen különböző feszültségszintű hálózatok hierarchikus felépítésűek, melyek feladata a centralizált erőművektől a fogyasztókig történő villamos energia szállítása és elosztása.

A teljes villamos energia rendszert nem lenne képes egy szervezet felügyelni, irányítani és üzemeltetni a komplexitása miatt, ezért több, szintén hierarchikus felépítésű szervezet végzi ezt a nagy volumenű feladatot. A hierarchia tetején minden országon belül a TSO (*Transmission System Operator*) helyezkedik el, melyből nagy országok esetén több is lehet. Magyarországon a TSO feladatait a MAVIR, azaz a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító látja el. A MAVIR (régebben OVT) átviteli rendszerirányítási engedélyeseként az átviteli hálózat rendszerirányítója, tulajdonosa, üzemeltetője, illetve „gondoskodik a magyar villamosenergia-rendszer megbízható, hatékony és biztonságos irányításáról, a szükséges tartalékokról az erőművekben és a hálózaton.” [1] Európában összesen 41db TSO együttműködését elősegítő tevékenységgel, valamint irányelvek megalkotásával az ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) szervezete foglalkozik. Az 1.1. ábra mutatja a magyarországi TSO koordinációja alá eső átviteli hálózatot, ami összesen 4860 km hosszúságú, 2021 novemberi adat szerint. [2][26]

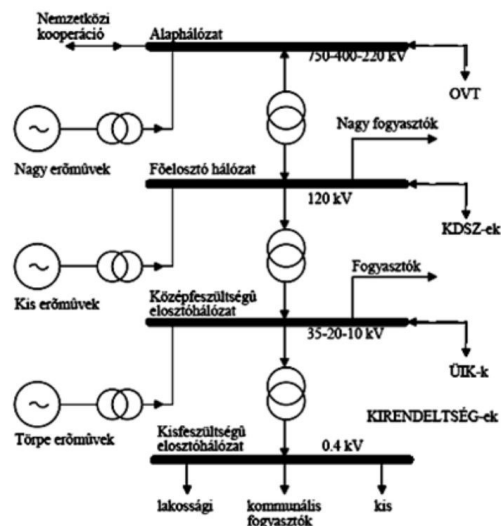


1.1. ábra
Magyarországi átviteli hálózat [1]

Egy lépcsőfokot lefelé lépve a hierarchia lépcsőjén elérkezünk DSO-hoz (Distribution System Operator), vagyis az elosztóhálózati engedélyesekhez

(áramszolgáltató). A DSO-n belül kettő további szervezet található, a Körzeti Diszpécser Szolgálat (KDSZ) és az Üzemirányító Központ (ÜIK). A TSO-val ellentétben, az országban több KDSZ működik, melyek mindegyike különböző régiókban végzi a tevékenységét, de egymással kapcsolatban állnak és szükség esetén kooperálnak. Hatáskörük a főelosztóhálózatra (120kV) terjed ki, ahol üzemirányítási feladatokat látnak el. Végül a KDSZ alatt helyezkednek el az ÜIK-k, amely szervezetek a közép- és kisfeszültségű elosztóhálózat felügyeletét, üzemeltetését végzik.

Manapság megfigyelhető az összevont KDSZ-ÜIK megjelenése, amely az egyre jobban fejlődő kommunikációs és hardver eszközöknek köszönhetően a KDSZ és az ÜIK funkciók integrációjával alakítja ki ezt az új irányítási szintet. [2]



1.2. ábra
VER hierarchikus felépítése [5]

A villamos hálózat hierarchikus felépítéséből következik (1.2. ábra), hogy minél magasabb feszültségszinten történik az üzemzavar, annál több potenciális fogyasztói kieséssel fognak járni az egyes nem tervezett események. A kockázat csökkentése végett a különböző feszültségszintű hálózatok felépítése, vagyis topológiája eltér egymástól. Erről a következő fejezetekben részletesebben lesz szó. [4]

1.1. Nagyfeszültségű átviteli hálózat

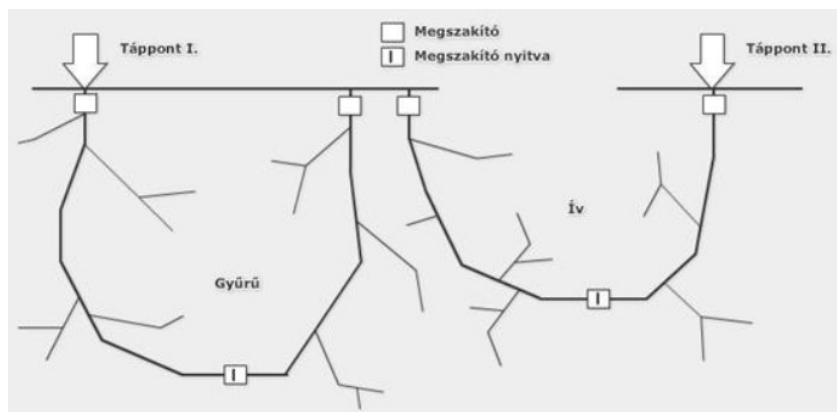
A nagyfeszültség alatt a 750kV, 400kV, 220kV, 120kV-os vonali feszültszinteket értjük. Bár a 120kV is nagyfeszültségnek számít ez mégsem része az átviteli hálózatnak. Elsősorban a 120kV-os (132kV) hálózatok feladata a KÖF elosztóhálózat táppontjainak (NAF/KÖF állomás) megtáplálása, ezért ezt főelosztóhálózatnak nevezzük. Az alaphálózat részét képezik a 750kV, 400kV, 220kV távvezetékek, melyek nagy

távolságok közötti villamos energiaátvitelt valósítják meg, továbbá kapcsolatot teremtenek az erőművek és a határon túli kooperációs hálózatok között. Az alaphálózat a MAVIR tulajdonát képezi, míg a 120kV-os főelosztóhálózat az elosztói engedélyesek tulajdona. [2][29]

Topológiai felépítést tekintve az átviteli és a főelosztóhálózatok hurkolt alakzatban üzemelnek az üzembiztonság fenntartásának érdekében (1.1. ábra). Hurkolt hálózat esetében normál üzemi körülmények mellett több zárt hurok is van, így teljesíthető az ún. N-1 elv. Ennek jelentése, hogy egyszeres hiba esetén még nem kell fogyasztói kieséssel számolni, mert a hálózat egy elem kiesése mellett is biztosítani tudja az átvitelt. Előnye tehát a több irányú energia út a fogyasztókig, hátránya viszont a védelmi koordináció bonyolultabb kiépítése. [2] [4]

1.2. Középfeszültségű elosztóhálózat

A szabvány szerint váltakozófeszültség esetén az 1000V feletti feszültség már nagyfeszültségnek számít, de a gyakorlatban a városi 10kV-os (11kV), a vidéki 20kV-os (22kV) és a manapság már ritka, főként ipari környezetben előforduló 35kV-ra mégis középfeszültségként hivatkozunk. Ezen hálózatok táplálása NAF/KÖF alállomásokkal történik, ahonnan indul az elosztás egészen a fogyasztói (KÖF/KIF) transzformátorokig. [2]



1.3. ábra
Íves és gyűrűs hálózatok [27]

A középfeszültségű elosztóhálózat mindhárom feszültségszinten az elosztói engedélyes tulajdonában van, így az üzemeltetését, karbantartását is ő végzi. Az elosztóhálózat feladata a fogyasztókhoz közeli áramszolgáltatói villamos energia elosztás.

Topológia középfeszültségen lehet íves és gyűrűs kialakítású (1.3. ábra), amit kettő sugaras vezeték, kapcsolókészülékkel való összekapcsolásával kapunk. Ez a készülék mindkettő kialakításon megtalálható a gerincvezetéken, egy üzemszerűen nyitott bontási

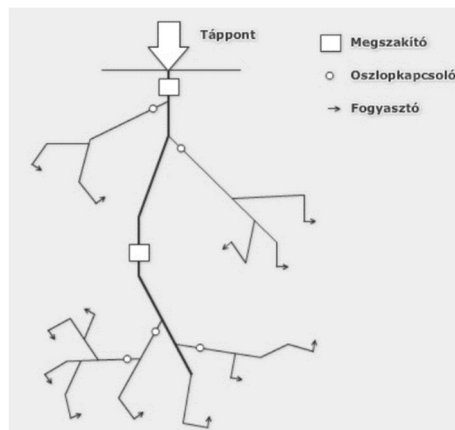
lehetőség formájában, tehát ezen vezetékek üzemeltetést tekintve sugarasan vannak járátva. Az egyetlen különbség az íves és gyűrűs kialakítás között, hogy a gyűrűs esetén a gerincvezeték két vége egyazon táppontba, míg íves esetben kettő különböző táppontba csatlakozik a két gerincvezeték vég. Tehát a középfeszültségű hálózat sugarasan üzemel, de hurkolható. Ebből következik, hogy egyszeres hiba esetén a fogyasztók egy része továbbra is ellátható egy másik táppontból, viszont üzembiztonság szempontjából biztosabb lenne hurkoltan üzemeltetni a KÖF vonalakat, de mégis sugarasan tesszük. Ennek oka a zárlati teljesítménynél keresendő, ugyanis sugaras vezeték rendszer esetén sokkal kisebb abból adódóan, hogy nem kettő, hanem csak egy oldalról tápláljuk a zárlatot hiba fellépése esetén. Ennek eredményeképpen nem kell túlméretezni a megszakítókat sem és a létesítési költségek is csökkenhetnek. Továbbá a védelmi kialakítás is lényegesen egyszerűbb sugaras kialakításnál, mert elég csak egy megszakítót működtetni, míg hurkolt esetben mindkét betáplálási oldalt ki kell kapcsolni üzemzavar fellépésekor. [2]

Az egyes vonalakon fellépő egyszeres hiba esetén a fogyasztók szolgáltatás kiesése csupán addig tart, amíg a diszpécsernek sikerül behatárolnia a hiba helyet minél kisebb területre. A behatárolást a diszpécsernek általában 3 percen belül sikeresen szokták megoldani, ugyanis ekkor ez a kiesés rövid idejű zavartatásnak számít csak és nem növeli a MEKH által szankcionált hálózatminőségi mutatókat. Azon fogyasztók, akiket nem sikerül a kapcsolások során megmenteni ők a kézi oszlopkapcsolók működtetéséig vagy a hibaelhárítás végéig ellátatlanul maradnak, így biztosan hatással lesznek a mutatókra.

1.3. Kisfeszültségű elosztóhálózat

1kV alatt már kisfeszültségről határoz meg a szabvány, ez Magyarországon vonali értékben 0,4kV, amit a többi hálózattal ellentétben már négy vezetéken viszünk át, ugyanis itt már szükség van nullára is az egyfázisú fogyasztók miatt, ekkor 230V-os fázisfeszültségről beszélünk. [2]

A kisfeszültségű elosztóhálózat szintén az elosztói engedélyes tulajdonát képezi, ahonnan végül a lakossági fogyasztók közvetlenül vételezik a villamos energiát, az egyetemes szolgáltatás keretében.



1.4. ábra
Sugaras hálózat kialakítása [2]

Topológia felépítés szempontjából kifeszültségen sugaras hálózatokról beszélhetünk (1.4. ábra). Jellemzője az egyoldali megtáplálású gerincvezeték, amely leágazásokat tartalmazhat, vagyis a KÖF-el ellentétben ez nem hurkolható. Üzemzavarokkal szemben az eddig felsoroltak közül ez a legsebezhetőbb. Bár megszakítókkal és oszlopkapcsolókkal leválasztható a hibás szakasz, de mivel a leágazásokba gazdasági megfontolásból nem telepítenek távműködtethető bontási lehetőségeket, ezért biztosan fogyasztói kiesésekkel kell számolni hiba esetén. Sebezhetőségét az is mutatja, ha tápponthoz közel történik üzemzavar, akkor az adott gerinchez csatlakozó fogyasztók kivétel nélkül ellátás nélkül maradnak a hibaelhárítás idejére, a többlet táppont hiánya miatt.

2. A MINŐSÉGI MUTATÓK RENDSZERE: A MEKH ELVÁRÁSAI

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (továbbiakban: MEKH vagy Energetikai Hivatal) és a fogyasztók elvárásai bizonyos szempontokból megegyeznek, de mégis ezeket máshogy fogalmazzák meg. A lakossági és az ipari fogyasztók szempontjából a villamos energiaellátás folytonosságának, valamint a feszültség értékének a névleges érték közelében tartása a legfőbb szempontok. Ennél több elvárásuk a fogyasztóknak a hálózat üzemelésével, műszaki működésével kapcsolatban ritkán merül fel. Ezzel szemben a MEKH, aki az elosztói engedélyesek szabályozó hatósága elvárásait konkrét mutatószámok formájában fejezi ki. Ezek betartása az elosztói engedélyesek szempontjából közvetlen és közvetett gazdasági érdekek miatt fontos. A minőségi mutatók lényege valójában, annak a biztosítása, hogy az engedélyesek folyamatosan fejlesszék hálózataikat ezzel növelve az ellátásbiztonságot. A hálózaton szolgáltatott villamos energiával kapcsolatos jellemzők, elvárásokról az MSZ EN 50160 szabvány részletesen értekezik. Eme szabvány az elosztóhálózatokon keresztül átvitt villamos energia feszültségének jellemzőit tárgyalja.

Az Energetikai Hivatal „a hazai energia- és közszolgáltatások piacának szabályozó hatósága, (...). A Hivatal engedélyezési, felügyeleti, árszabályozási, ár- és díjelőkészítői feladatokat lát el a villamosenergia-, a földgáz- és a távhőellátás, illetve a víziközmű-szolgáltatás területén (...). Legfontosabb feladata (...) az ellátásbiztonság fenntartása, a lakossági, közületi és ipari fogyasztók védelme.” [7]

A minőségi mutatók betartásáért az elosztói engedélyes, míg a betartatásáért a MEKH tartozik felelőséggel. A betartás és betartatás a szolgáltatás színvonal mérőszámain keresztül történik. Az Energetikai Hivatal minden elosztói engedélyesnek külön írja elő a mutatók határértékeit, amelyre a hálózati, műszaki és földrajzi különbséget miatt van szükség. Ezeket a mérőszámokat (mutatókat) két részre lehet osztani aszerint, hogy szankcionálják-e őket. A szolgáltatás színvonalának minőségi mutatóit mindig egy éves időtartamokra számolják. Végül három év átlagát vizsgálják, annak érdekében, hogy a pozitív és negatív irányba kiugró éveket tompítani tudják.

A mutatók részletesebb megismerése előtt néhány meghatározást tisztázni szükséges a továbbiakhoz. A **rövid idejű zavartatás** egy olyan véletlenszerű esemény, amely 3 percen belül megszűnik és általában tranzien্স hibák és középfeszültségű védelmek működései okozzák. Ezen események kb. 70%-ának időtartama kisebb egy másodpercnél, éves előfordulási száma, néhány tíztől több százig terjedhet. A **hosszú idejű zavartatás** olyan üzemzavari esemény, ami 3 percet meghaladja. Ezeket külső események, villamos szerkezetek hibájával kapcsolatos tartós hiba okozhatja. Éves szinten előfordulása sok tényezőtől függ, de nagyságrendileg azt mondhatjuk, hogy 10 és 50 db közé esik ezen esetek száma. [6] A MEKH által előre meghatározott **szankcionált** mutatók (minimális minőségi követelmények) 3 éves csúszó átlagának túllépése esetén az elosztói engedélyes anyagi felelőséggel tartozik, melynek mértéke a túllépés

mértékétől függ. A magyar jogszabályok szerint, aki villamos energiát szeretne elosztani és hálózatot építeni, üzemeltetni Magyarországon, annak a MEKH engedélyére van szüksége. Innen alakult ki az **elosztói engedélyes** kifejezés. Az elosztói engedélyes feladata megfelelő műszaki paraméterek melletti villamos energia eljuttatása a végfogyasztókig.

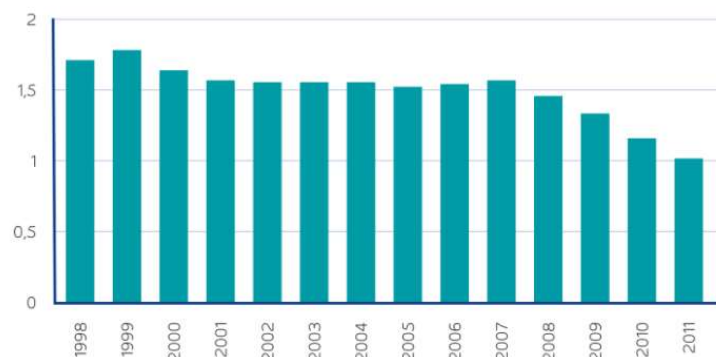
2.1. Szankcionált mutatók, avagy a minimális minőségi követelmények

A **SAIFI** mozaikszó az angol *System Average Interruption Frequency Index* szavakból tevődik össze, ami magyarul úgy hangozna, hogy Hálózat Átlagos Üzemzavari Gyakorisági Indexe, de ez a megnevezés nem használatos. Helyette nemzetközi szinten SAIFI mutatóként, míg a hazai gyakorlatban és irodalmakban a MEH1 mutató is használatos. Számítása a következőképpen lehetséges:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{N_T}$$

Ahol a számlálóba az üzemzavarok során érintett összes fogyasztók darabszámának összege kerül, vagyis N az adott i üzemkiesés során kiesett fogyasztók száma, az n pedig az üzemzavari események száma. Nevezőbe kerül a vizsgált területen ellátott összes fogyasztó darabszáma, tehát T területen ellátott N db fogyasztó. Eme hányadossal megkapjuk az egy fogyasztóra vetített zavartatások darabszámát. Meg kell jegyezni, hogy csak a hosszú zavartatást, azaz a 3 percet meghaladó kimaradást elszenvedő fogyasztókat vesszük itt figyelembe. [4][30]

A 2.1. ábra láthatjuk az Elmű-Émász 1998-2011 között elért eredményeit, így nagyságrendileg képet kapunk, arról mekkora is ez a mutató. A függőleges tengelyen SAIFI (db), míg a vízszintes tengelyen a vizsgált évek találhatók.



2.1. ábra
Elmű-Émász SAIFI mutatója (1998-2011) [8]

A villamosenergia-ellátás megbízhatóságának országos SAIFI mutatója, 2012 és 2016 között látható az ábrán (2.2. ábra). A felmentéseket az Energetikai Hivatal biztosítja az elosztói engedélyesek számára általában a rendkívüli időjárási körülményekre, illetve olyan tervezési követelményeken feletti terhelésekre való tekintettel, amelyekre az elosztóknak nincsen befolyása. Az engedélyesek teljesítményének értékelésekor a felmentéssel korrigált érték kerül figyelembevételre. Az ábrából is látszik a folyamatos javulás, ami állandó hálózat fejlesztést és karbantartást tesz szükségessé. [9]

	2012	2013	2014	2015	2016
Felmentéssel	1,161	1,039	1,067	1,013	0,904
Felmentés	0,009	0,113	0,066	0,090	0,083
Felmentés nélkül	1,170	1,152	1,133	1,103	0,987

2.2. ábra
Országos SAIFI adatok (2012-2016) [9]

A következő szankcionált ellátásbiztonsági mutató a **SAIDI**, ami az angol System Average Interruption Duration Index szavakból alakult ki (magyarul: Hálózat Átlagos Üzemzavari Idejének Indexe). Nemzetközi környezetben SAIDI mutatóként, míg magyar szakirodalmakban MEH2 mutatóként is hivatkozunk rá. Számítása:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i * N_i)}{N_T}$$

Ahol a számlálóba az adott i üzemzavar miatti U_i szolgáltatás kiesés ideje kerül összegzésre percben, fogyasztónként (érintett fogyasztók darabszáma*idő). Az n üzemzavarok, míg a N_i az érintett fogyasztók számát jelöli. A nevezőbe az adott T területen ellátott N összes fogyasztó darabszáma kerül. Ezzel megkaphatjuk az egy fogyasztóra számolt zavartatások idejét. Ennél a mutatónál is csak a hosszú idejű zavartatásokkal számolunk.



2.3. ábra
Elmű-Émász SAIDI mutatója (1998-2011) [8]

A 2.3. ábra mutatja az Elmű-Émász 1998-2011 között elért SAIDI mutató eredményeit. Vízszintes tengelyen a vizsgált évek, míg a függőleges tengelyen a SAIDI mutató értékei láthatóak percben kifejezve.

A villamosenergia-ellátás megbízhatóságának országos SAIDI mutatója, 2012 és 2016 között látható lentebb (2.4. ábra). A tényleges teljesítmények meghatározásakor itt is a felmentéssel korrigált értéket veszik alapul.

	2012	2013	2014	2015	2016
Felmentéssel	76	67	74	67	59
Felmentés	1	71	12	23	16
Felmentés nélkül	77	139	86	89	75

2.4. ábra
Országos SAIDI adatok (2012-2016) [9]

Végül a **kiesett villamos energia ezrelékről** (kiesési mutató) is érdemes röviden szót ejteni, ugyanis ennek a mutatónak a határértéket való átlépése szintén anyagi vonzattal jár az elosztói engedélyes részéről. Ezzel a mutatóval megkaphatjuk az üzemzavarok során kiesett villamos energia mennyiség arányát. Számítása:

$$\text{Kiesési mutató} = \frac{\text{Kiesett villamos energia [kWh]}}{\text{Összes villamos energia [kWh]}}$$

Az eredmény, mint látható egy dimenzió nélküli arányszám lesz. Számlálóba a vizsgált évben az üzemzavarok során nem szolgáltatott villamos energiák összege kerül. A nevezőbe a rendelkezésre álló energia vagy más szóval az összes vásárolt villamos energia kerül. A kiesési mutató tehát megmutatja, hogy a kiesett energia mekkora része lehet az összes rendelkezésre állónak.

Az Energetikai Hivatal értékelése szerint az elosztói engedélyeseknek nem szokott gondot jelenteni ezen minimális követelmények betartása. [31]

2.2. Nem szankcionált mutatók, avagy az elvárt színvonal

Ebben a fejezetben tárgyalt mutatókat a MEKH közvetlenül nem szankcionálja, de ettől függetlenül az elosztói engedélyesek követhetik ezek alakulását, mert közvetett gazdasági következményekkel járhat, ha nem teszik. Ezen mutatóknak tehát nem előírt értékei vannak, hanem elvártak. Ezek közül következzen most néhány rövid bemutatása.

A SAIDI mutatóhoz hasonló a **MAIFI** (Momentary Average Interruption Frequency Index), vagyis Pillanatnyi Átlagos Üzemzavar Gyakorisági Index. Ezzel tulajdonképpen a rövid idejű kiesésekre (1 másodperc) vonatkoztatva kapjuk meg a kiesések átlagos gyakoriságát. [10] Számítása:

$$MAIFI = \frac{\text{Érintett fogyasztók}}{\text{Összes fogyasztó}}$$

A nevezőbe az összes kiszolgált fogyasztó darabszámát írjuk, míg a számlálóba azoknak a fogyasztóknak a darabszámát, akik érintettek voltak a rövid idejű zavartatásban.

Említést érdemel a **CAIDI** (Customer Average Interruption Duration Index) is, vagyis a Felhasználói Átlagos Üzemzavar Időtartam Indexe. Számítása:

$$CAIDI = SAIDI / SAIFI$$

Ezzel a mutatóval tulajdonképpen megkaphatjuk az átlagos üzem kiesési idejét, amelyet bármely fogyasztó tapasztalhat. A tört nevezőjébe és számlálójába kerülő mutatók részletes leírása a 2.1. fejezetben megtörtént.

Néhány további mutatót megemlítek a teljesség igénye nélkül, ezekre ez a dokumentum terjedelmi okok miatt nem tér ki. Az eddigieken kívül lehet figyelni a következőket: középfeszültségű hálózat adott hossza jutó üzemzavarok száma, KÖF üzemzavarok átlagos elhárítási ideje, tartósan szabványtalan feszültségű hálózatok, átmeneti és pillanatnyi ellátás megszakadások, rövid idejű zavartatások darabszáma, tervezett üzemszünetek átlagos időtartama és gyakorisága. [11] [9]

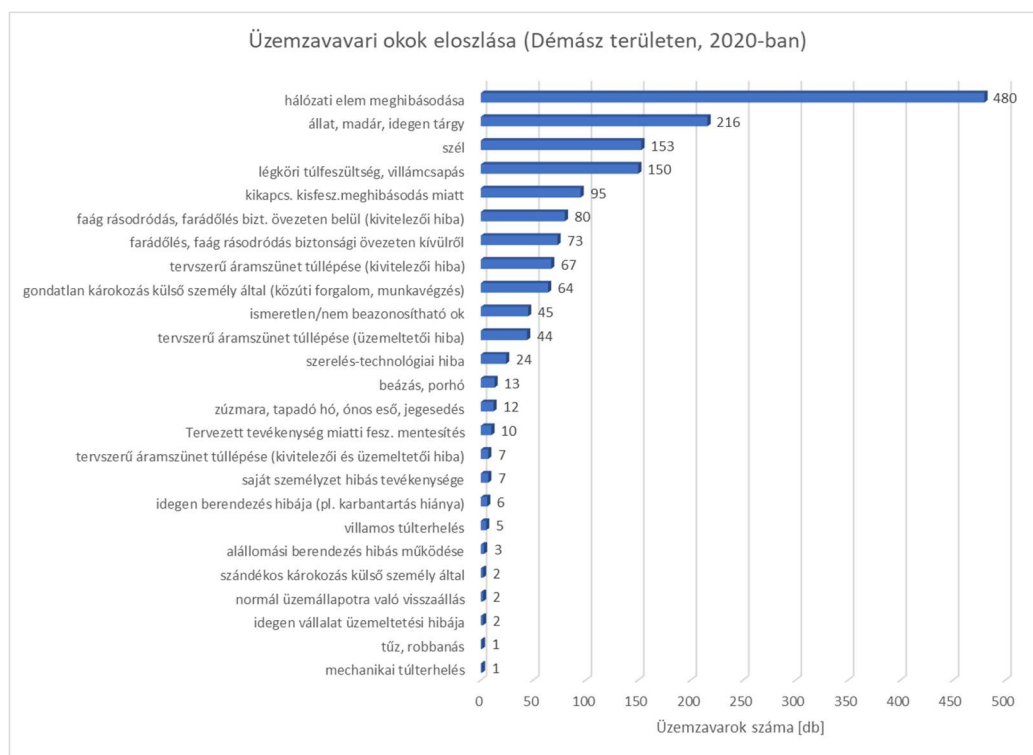
Természetesen a felsoroltakon kívül nagyon sok mutatón keresztül van lehetőségünk a szolgáltatott villamosenergia színvonalát vizsgálni, melyekkel az elosztói engedélyesek a tevékenységük minimális minőségi követelményeit és elvárt színvonalát tudják értékelni.

Az elvárt színvonallal kapcsolatban elmondható, hogy nem minden esetben sikerül az elosztói engedélyeseknek teljesíteni a szintet. [31]

3. ÜZEMZAVAROK LEHETSÉGES FAJTÁI

Üzemzavarokról beszélhetünk, ha a berendezések meghibásodása vagy rendellenes működése eredményeképpen fogyasztói kiesés lép fel. Tervezett munkák esetén, amennyiben a korábban meghirdetett munka intervallumot 30 perccel túllépi a beavatkozás akkor is üzemzavari eseményről beszélünk. Az üzemzavar az üzemirányító tudomására jutásától az utolsó kiesett fogyasztó ellátásig tart, ugyanis ekkor tekinthető elhárítottnak az üzemzavar. [28]

A VER működése közben folyamatosan ki van téve különböző belső és külső igénybevételeknek. A legfontosabb először azt tisztázni mi okozhat üzemzavarokat és ezek milyen jellegű hibákat okozhatnak. Körülbelül az üzemzavarok fele az alkatrészek előregedésére vezethető vissza (3.1. ábra). Az öregedés okozhat például szigetelő töréseket, vezetékek szakadásokat vagy éppen szélsőséges esetben oszlop dőléseket is. Sok esetben azonban az alkatrészek törése, szakadása nem spontán történik, hanem valamilyen külső behatás eredményeképpen.



3.1. ábra
Üzemzavari okok 2020-as évben a Démász területén

A külső behatások legtöbb esetben a természet által okozott csapások lesznek. Ebből számos hibát okoznak közvetlenül is a szélviharok, az oszlopok és a vezetékek jegesedése, zúzmarásodása. Ezek okozhatnak közvetve is kimaradást, ha például a szél

rádönt egy fát a hálózatra, de nem csak a természeti behatások jelentenek problémát, hanem az állatok és az emberek is komoly fenyegetést jelentenek az üzembiztonságra.

Állatok részéről a madarak okozzák a legtöbb múltó zárlatot, amikor két fázist vagy egy fázist és egy földpontot érintenek szárnyaikkal, de okozhatnak tartós zárlatot is, ha például fészüket rossz helyre építik. Manapság az áramszolgáltatók egyre nagyobb hangsúlyt fordítanak a madárvédelemre is. Ilyen törekvések a madárvédő burkolatok felhelyezése a már meglévő hálózatra, valamint olyan oszlopfejszerkezetek tervezése, ahová a madár vagy nem tud felülni, vagy csak olyan helyre, ahol fizikailag nem képes zárlatot okozni. Ezen felül továbbra is kerülnek madárfészkek oszlopokra. A nagyfeszültségű szabadvezetékekre szokás felhelyezni, olyan jelzéseket, amelyek segítenek a madaraknak észlelni a vezetéket, így könnyen ki tudják kerülni azt. Fontos megjegyezni, hogy megéri foglalkozni ezzel a témával, mert jelentősen csökkenthető az elhullott madarak darabszáma, valamint jótékony hatással van az üzembiztonságra is.

Az emberek által leggyakrabban okozott üzemzavar, amikor közlekedési balesetek során kiütnek oszlopokat. Ezek többnyire a kisfeszültségű elosztóhálózatot szokták érinteni, amelyek sugarasan üzemelnek, így egy oszlopdőlés bár nem sok fogyasztót érint, de azokat jelentősebb ideig, akár napokig is. Ezen kívül vannak ritkábban előforduló esetek, amikor direkt rongálás vagy lopás történik, ami kimaradáshoz vezet, mint például a transzformátor olaj csapolás. Szintén kis részét teszi ki az üzemzavaroknak, amikor emberi mulasztásból eredően történik fogyasztói kiesés, ilyen lehet például egy téves alállomási kapcsolás vagy egy nem megfelelő szerelői tevékenység eredménye.

3.1. Üzemzavarok felosztása

„A villamos energia felhasználása szempontjából kívánatos lenne, hogy a tápfeszültség állandó frekvenciájú legyen, tökéletes szinuszhullámmal és állandó nagysággal.” Ez természetesen megvalósíthatatlan, emiatt a különböző műszaki paramétereknek betartandó határértékeket határozzunk meg. [6] Az üzembiztonságot veszélyeztető hatások nagyon különböző jellegűek lehetnek. Ezek rövid, lényegre törő ismertetése következik.

A **túlterhelés** jelentése, hogy megnövekszik az áramerősség a névleges áram felé és a megnövekedett Joule-veszteség következtében pedig túl fognak melegedni a berendezéseink. Ez a valóságban azt jelenti, hogy a vezetékek elolvadnak, a transzformátorok és generátorok leégnek. Ez a hiba kialakulhat, „ha egy körzet terhelési viszonyai meghaladják a körzetet ellátó transzformátor és/vagy távvezetékek teljesítmény átvivő képességét” vagy, ha a hurkolt hálózaton az egymással párhuzamosan kapcsolt vezetékeket, transzformátorokat az egyik ágban kikapcsolunk, így a másik ágban elhelyezett berendezések terhelése megnövekszik. Túlterhelés elleni védekezés fontos, mert kis mértékben élettartamot csökkent, míg nagy mértékben az eszközeink végleges

tönkremeneteléhez vezethet. Védelem eszközei lehetnek a kismegszakítók, olvadóbiztosítók és egyéb hőkioldó eszközök. [12]

A folyamatos üzem fenntartásának érdekében az üzemirányító diszpécserek tarthatnak túlterheléses üzemet. Ezek problémát nem okoznak, mert például egy több tíz tonnás transzformátor esetében 10% túlterhelés mellett több óra kell ahhoz, hogy a keletkező Joule hő olyan mértékűre melegítse a transzformátort, hogy az már károsodjon tőle. Ököl szabályként elmondható, hogy a készülékek 10% túlterhelése egy órán keresztül megengedhető, míg 20% esetén 30 perc a gyakorlat. Túlterheléses üzem után figyelni kell arra, hogy a berendezéseknek legyen ideje visszahűlni, melyet akár ideglenes terhelés csökkentéssel is elő lehet segíteni.

Az **aszimmetria** fellépése esetén is a termikus terhelés okozza a problémát. Az aszimmetria akkor jelentkezik amikor a három fázis mennyiségeit (feszültség, áram) nem azonos módon befolyásoljuk, amit nagyrészt az egyfázisú fogyasztók aszimmetrikus vételezése okozza. Ekkor megjelennek a negatív és zérus sorrendű áramok és veszteségeket, vagyis melegedést fognak okozni. [12]

Az MSZ EN 50160 szabvány kimondja, hogy „a tápfeszültség negatív fázissorrendű összetevője 10 perces átlag effektív értékeinek 95%-a, bármely egyhetes időszakban a pozitív fázissorrendű összetevő max. 2% legyen. Ahol a villamos berendezésekhez egy vagy két fázis csatlakozik, ott a csatlakozópontoknál 3%-os aszimmetria is lehetséges.” Ez igaz kis és középfeszültségre is. [6]

A névleges frekvenciától (Magyarországon: 50 Hz) való **frekvenciaeltérés** komolyan veszélyeztetheti a rendszer stabilitását. Ez akkor fordulhat elő, ha a termelés és a fogyasztás egyensúlya felbomlik. Az eltérés kettő irányba is megtörténhet. Amennyiben többet termelünk a fogyasztásnál akkor teljesítménytöbblet lép fel és a frekvencia növekedését fogja előidézni. Ezzel szemben csökken a frekvencia amikor teljesítményhiány alakul ki, vagyis többet akarunk fogyasztani a termelésnél. Ha a termelés – fogyasztás kis mértékben tér el egymástól akkor a névleges frekvencia értéktől eltérő frekvencián fog stabilizálódni a rendszer, ez még komolyabb gondot nem jelent. Nagymértékű eltérés esetén, amikor a terhelési állapotok hirtelen változnak (pld. egy hálózati berendezés váratlan kiesése), akkor a rendszer lengések után áll be egy névlegestől eltérő frekvencián. Viszont ekkor már a frekvencia olyan mértékben eltérhet a névlegestől, hogy az veszélyezteti az egész rendszer üzemét. Súlyos esetben akár egy lavinajelenséget is elindíthat. [12]

A magyar 50160 szabvány kimondja, hogy az alapharmonikus frekvencia átlagértéke 10 másodpercen keresztül mérve a 3.1. táblázat szerint alakuljon. Ezek az együttműködő hálózathoz való szinkroncsatlakozás esetére, valamint kis és középfeszültségre egyaránt értendőek.

Százalékos eltérés	Konkrét eltérés	Tartandó idő
50 Hz $\pm$ 1%	49,5 – 50,5 Hz	évi 99,5%
50 Hz + 4%/-6%	47 – 52 Hz	idő 100%

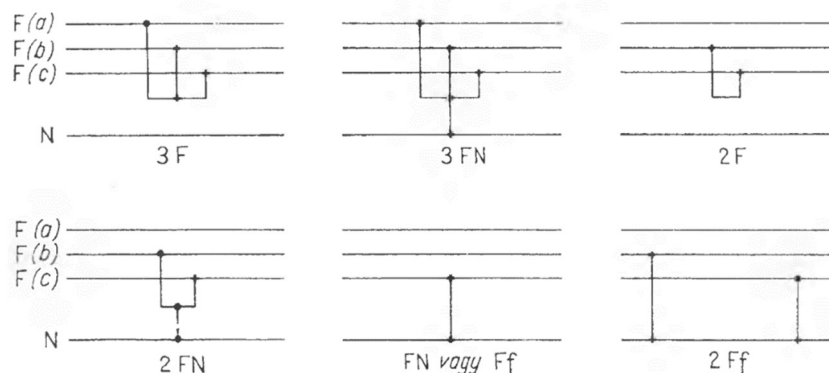
3.1. táblázat
Hálózati frekvencia megengedett értékei MSZ 50160 szerint

A villamos hálózat üzeme közben a **feszültség** bizonyos megengedett határok között változhat. Ezekről a határokról szintén az MSZ 50160 rendelkezik, amely kimondja, hogy a kisfeszültségű elosztóhálózat U_n névleges feszültsége 230V, amely az egyik fázis és a föld között mért fázisfeszültség. Középfeszültség esetében egy U_c megegyezéssel feszültség a mértékadó, ehhez igazítjuk a feszültség szabályozást. A névleges feszültség helyett itt azért használjuk a U_c feszültséget, mert a területenként eltérő feszültség áttételű KÖF/KIF transzformátorok miatt a táppontban tartandó névleges feszültség értékét nem lehet egyértelműen meghatározni. Normál üzemi körülmények esetén a névleges feszültségnek kettő kritériumnak kell megfelelnie. „A 10 perces átlagos effektív értékei 95%-ának bármely egyhetes időszakban az $U_n \pm 10\%$, valamint minden 10 perces átlagos effektív értékének $U_n + 10\%/-15\%$ tartományban kell lennie.” [6]

A megengedett feszültség tartományból való kilépését többféle jelenség okozhatja, ilyenek lehetnek a légköri vagy kapcsolási eredetű túlfeszültségek vagy a meddőegyensúly megbomlása. A gyors feszültség változásokat legtöbbször a terhelésváltozások és a kapcsolások okozzák. [12]

A következő nagy hibaforrás a **zárlat**, ami minél kisebb feszültség szinten vagyunk annál sűrűbben fordul elő. A zárlat egy sönthiba, ami a főáramkörbe söntággént csatlakozik. Az ilyen hiba fellépésekor különböző fázisvezetők vagy fázisvezető és földpont között jön létre kapcsolat. A zárlatok fellépésekor azonnal megváltoznak a hálózat feszültség és áram viszonyai. A fő problémát a megnövekedett zárlati áram (üzemi áram sokszorososa) termikus és dinamikus hatása jelenti. Ezek túlmelegedést, illetve a hibahelyen nagymértékű károkat képesek okozni. [2] Zárlat fellépésekor érintett fázisok és föld szerepe szerint hét különböző zárlat fajta lehetséges:

- 3F: 3 fázisú rövidzárlat
- 3FN: fázisú földrövidzárlat
- 2F: 2 fázisú rövidzárlat
- 2FN: 2 fázisú földrövidzárlat
- FN: 1 fázisú földrövidzárlat
- Ff: 1 fázisú földzárlat
- 2Ff: 2 fázisú földzárlat



3.2. ábra
Zárlatok fajtái [13]

A mindhárom fázist érintő zárlatokat (3F, 3FN) szimmetrikus, míg a többi aszimmetrikus zárlatoknak nevezzük. Zárlatokat kiváltó leggyakoribb okok a villámcsapás, vezeték szakadás, összelengés, felcsapódás. Továbbá a szigetelők átívelése, átütése vagy a kábel szigeteléseknek öregedése is gyakori kiváltó okok. [2]

Kábelhálózat esetében, ha fellép a zárlat akkor azonnal végleges kikapcsolás történik és nem próbálják meg visszakapcsolni, amíg nincs meg a hiba oka és ki nem javítják azt. A visszakapcsolás próbálásának nincs értelme, mert a zárlatot csak szigetelés sérülés vagy vezeték szakadás okozhat, például munkagéppel történő kábel átvágás. Ezek biztosan nem szűnnek meg maguktól, ezért felesleges és veszélyes is a visszakapcsolás. Ezzel ellentétben szabadvezetékes hálózaton nagyon gyakoriak a múló jellegű zárlatok, amelyek esetében van értelme visszakapcsoló automatika használatának, ugyanis ekkor nagy eséllyel az üzem tovább folyhat zavartalanul. Ilyen múló jellegű zárlat lehet egy faág ráesése a vezetékre, ami rögtön leesik vagy elég.

A sönthibák mellett előfordulhatnak **soros hibák**, azaz vezetőszakadás vagy megszakító, szakaszoló beragadása, esetleg biztosító kiolvadása is. A fizikai jelenség ebben az esetben, hogy egy vagy több vezető soros impedanciája eltér a nem hibás vezető impedanciájától. Ennek eredményeképpen aszimmetria lép fel, ami túlterhelést okoz és megjelenik a negatív sorrendű áram is. Ezt a hibát leggyakrabban a vezetékek jegesedése (zúzmara pótteher) okozza. [2] [12]

3.2. Az előforduló hibák mutatókra gyakorolt hatásának csökkentése

Alapvetően a szankcionált mutatókat három tényező befolyásolja: az üzemzavarok darabszáma, az érintett fogyasztók darabszáma és az üzemzavarok elhárítási ideje. Az korábbiakban bemutatásra kerültek már a mutatók és a lehetséges fellépő hibák. Ezek után azt kell vizsgálni mit tehetünk annak érdekében, hogy kevesebb hiba lépjen fel a hálózaton, valamint minél hamarabb képesek legyünk behatárolni és kijavítani azokat. Ez a fejezet ennek néhány lehetőségét hívatott összefoglalni.



3.3. ábra
A mutatók csökkentési lehetőségei

Az **üzemzavari darabszámok** csökkentésének módja olyan üzemviteli intézkedések lehetnek melyeknek célja a megelőzés lenne. Olyan megelőzési beavatkozások, amelyek célzottan az üzemzavar bekövetkezését előznék meg, például szigetelők cseréje azelőtt mielőtt előregedés miatt eltörnének. A hálózati berendezéseket ért rongálások, lopások megelőzése is ide sorolható. Ennek megoldási módja lehet a berendezések elérhetetlenségének biztosítása, pld. kerítéssel. Fejlesztésekkel is jelentősen csökkenthetőek üzemzavarok száma, új, modern technológiák alkalmazásával vagy a hálózat felépítésének az egyszerűsítésével. Lehetőségként felmerül a hálózat sérülékeny pontjainak az újragondolása, újjáépítése. Ezeket a pontokat diagnosztikai és üzemzavar statisztikai elemzések alapján lehetséges felderíteni. [11]

A következő kritikus pont melyet csökkenteni szükséges a kiesések során az **érintett fogyasztók darabszáma**. Korábban tartottak földzárlatos üzemet ennek csökkentése érdekében, külterületen futó középfeszültségű hálózati szakaszokon. Ma már ezt a módszert nem igazán használják Magyarországon, mert kevesebbet nyerünk vele üzemzavari mutatókba, mint amennyi kockázatot és veszteséget jelent. További meglehetősen költséges lehetőségeink, ha a hálózati topológia átrendezésével próbálkozunk, a gyakorlatban ez táppont sűrítést, mikroállomások létrehozását, új kivezetések létesítését és több hálózat bontási lehetőség telepítését jelenti. A sűrű bontási lehetőségek lehetővé teszik a hibahely minél kisebb területre való behatárolhatóságát, ami az érintett fogyasztók számát jelentősen csökkenteni képes. Ilyen lehetőséget adhat az oszlopkapcsoló, távműködtetésű oszlopkapcsoló és a jelenleg újdonságnak számító recloser is. A diszpécser távműködtethető eszközök segítségével képes lehet a 3 percen

belüli hiba lokalizálásra és leválasztásra. A kiszakaszolt hálózati részen kívül, a megmentett és ellátott fogyasztók nem számítanak bele a szankcionált mutatókba.

Amennyiben üzemzavar már fellépet, minél hamarabb be kell határolni és ki kell javítani a hibát, vagyis a cél az **üzemzavarok elhárítási idejének** csökkentése. Elsősorban a behatárolás gyorsítására kell fókuszálnunk, amelyet elérhetünk, ha például zárlatjelzőket telepítünk a hálózaton, ezzel jelentősen megkönnyítve a diszpécser munkáját, viszonylag kevés anyagi ráfordítás mellett. Üzemzavari gyakorlatok tartásával lehet a diszpécser képességeit fejleszteni, amit a szimulátor programok által véletlenszerűen generált hibákkal lehet elérni. Gyakorlatokra és oktatásra a szerelést végző munkatársak esetében is szükség szerű, hogy a helyreállítási időt csökkenteni lehessen. A hálózaton található berendezések és műszaki megoldások egységesítésével, azaz az egyedi megoldások csökkentésével szintén csökken a javításra felemésztett idő.

4. ÜZEMZAVAR ELHÁRÍTÁSI ÉS HIBAHELY BEHATÁROLÁSI MÓDSZEREK

A következőkben bemutatott üzemzavar elhárítási és hibahely behatárolási módszerek kizárólag közép feszültségű elosztóhálózaton használatosak. Kis és nagyfeszültségen ettől eltérő megoldásokat használnak, amelyek ennek az értekezésnek nem témái.

Először tisztázni szükséges az üzemirányító hatáskörét, feladatait, valamint az ő felelőségébe tartozó berendezéseket. „Az üzemirányítás feladata a villamosenergia-rendszer hatáskörébe utalt részének oly módon történő operatív irányítása, hogy a felhasználók részére a villamosenergiaszolgáltatás szabványos paraméterek mellett folyamatosan biztosítva legyen. A közép feszültségű hálózat üzemirányítóinak a hatáskörébe tartozik az alállomások közép feszültségű leágazási kapcsoló berendezésétől, a közép/kisfeszültségű transzformátorok 0,4kV-os csapjáig minden berendezés, tehát hatásköre kiterjed a hálózat üzemállapotának megváltoztatására, engedélyezésére vagy elrendelésére.” [3] Mindezeket magába foglalja:

- „a villamos berendezések üzembevétele,
- a villamos berendezések ki-, bekapcsolása,
- az alapállapottól eltérő kapcsolási állapotok beállítása és az alapállapot visszaállítása,
- terhelési állapot változtatás,
- karbantartásra vagy javításra történő kiadás,
- a villamos berendezések üzemén kívül helyezése” [3]

4.1. Elosztó hálózati bontási lehetőségek

Amennyiben a korábbi fejezetben részletezett üzemzavarok valamelyike lépne fel akkor azokat a legrövidebb időn belül el kell hárítani. Az elhárítás elkezdéséhez viszont szükség van a kapcsolóelemekkel való hibahely behatárolásra. Behatárolást a hálózat bontási pontjainak kapcsolásával lehetséges elvégezni. Amennyiben megállapításra kerül melyik berendezés vagy hálózat szakasz meghibásodásából alakult ki az üzemzavar, akkor a hiba behatároltnak tekinthető. A behatárolást az üzemirányító az üzemirányítói logika segítségével végzi. A bontási lehetőségeket fogom most összegyűjteni és megvizsgálni őket a közép feszültségű elosztóhálózat esetében.

Természetesen minél több ilyen bontást lehetővé tévő berendezés van a hálózaton elhelyezve, annál pontosabban képes a diszpécser behatárolni a hibahelyet. Azonban arra nincsen szükség, hogy túl sűrűn helyezzünk el bontási lehetőségeket, mert ezek nagyon

megnövelnék a beruházási és az üzemeltetési költségeket, amit a cserébe kapott megnövekedett pontosság nem feltétlen ellensúlyozna.

A legrégebben jelenlévő, legolcsóbb, legegyszerűbb berendezés, amely ma is széles körben használatban van, a kézi működtetésű **oszlopkapcsoló** (OK). Előnyét az alacsony beszerzési és fenntartási költségei, valamint az egyszerűsége adja. Viszont az egyszerűsége, ami egyben a hátrányát is jelenti, ugyanis ez a berendezés csak terepen kézzel a kapcsolható, vagyis az üzemirányító központból nem lehetséges működtetni. Működtetési ideje emiatt kb. 15 perctől akár több óráig is húzódhat, attól függően milyen messze van az adott oszlopkapcsolótól a működtetésével megbízott szerelőpáros. A Démász üzemeltetési területén nagyságrendileg 12.000 db, míg az E.ON területein kb. 41.000db ilyen berendezés található. Karbantartásuk kb. 3-10 évente esedékes.



4.1. ábra
Oszlopkapcsolók [33]

Az 4.1. ábra bal oldalán egy automata földelőkéssel ellátott, vízszintes elrendezésű kétsoros műanyag szigetelővel szerelt rúdajtású kézi hajtású, míg a jobb oldalon egy függőleges elrendezésű oszlopkapcsoló látható. Fontos megjegyezni, hogy az OK nem alkalmas zárlati és üzemi áramok megszakítására, egyedül a légvezeték töltőáramának a megszakítására lehet használni. Ezeket az oszlopkapcsolókat feszültségmentes állapotban lehet használni a gerincvezeték, a leágazás és a fogyasztói transzformátor leválasztására, megszakítására. [14] [33]

A következő hálózat bontását biztosító eszköz a **távműködtetésű oszlopkapcsoló** (TMOK), amely nagy minőségi előrelépést jelent a kézi működtetésű oszlopkapcsolókkal szemben. Ezt a berendezést is széles körben alkalmazzák a közép-feszültségű szabadvezetékes hálózatokon. A TMOK legnagyobb előnye azonban a három féle működtetési lehetőség:

- Terepen kézi működtetéssel
- Terepen motoros hajtással
- Üzemirányító központból távműködtetéssel.

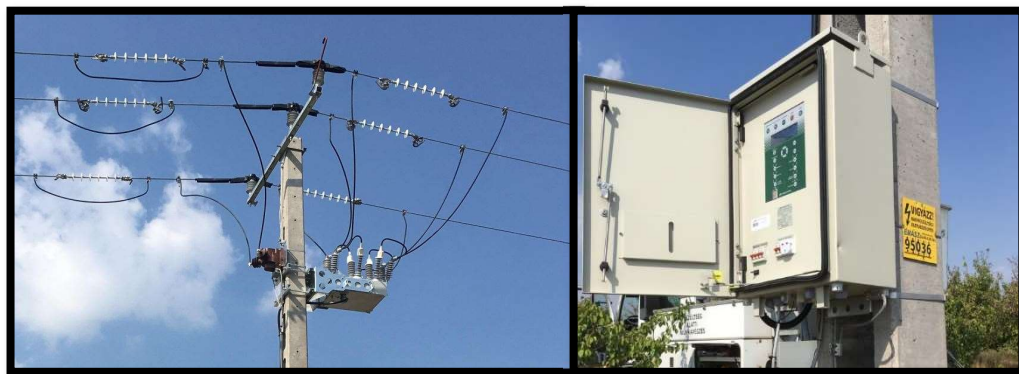
Ez a berendezés már rendelkezik SF6-os ívoltó szerkezettel, ami lehetővé teszi a néhány 1000 A-es áramok kapcsolását, vagyis zárlati áramok megszakítására ez a berendezés sem alkalmazható. Továbbá rendelkezik beépített feszültség és áramváltóval, valamint földzárlat és rövidzárlat érzékelővel is, amivel figyeli a rajta átfolyó zárlati áramot. Az észlelt adatot rádiós kapcsolat segítségével közli az üzemirányító központ irányába, ahonnan a diszpécserok telemechanika működtetésével képesek befolyásolni a kapcsoló érintkezőinek állapotát. A Démász működési területén kb. 1200 db, míg az E.ON területein kb. 3000 db TMOK található. [33]



4.2. ábra
Távműködtetésű oszlopkapcsoló és vezérlőszekrénye [33]

Az 4.2. ábra bal oldalán látható szigetelt légvezetékes bekötéssel egy tokozott SF6 szigetelésű TMOK, míg a jobb oldali képen a hozzá tartozó oszlopaljában elhelyezett vezérlőszekrénye. Ebben a szekrényben van lehetőség a terepen működtetni a berendezést a motoros hajtásával, amelyet a szekrény bal felső sarkában lévő piros és zöld gombokkal tehetünk meg.

A következő lépcsőt a **recloserek** jelentik, melyet az előző berendezésekkel hasonló módon a közép- és magasfeszültségű elosztóhálózatok oszlopaira helyeznek fel. A recloser egy olyan megszakító, amely nem csak érzékeli a zárlatot, hanem egy védelmi idővel meg is szakítja azt és leválasztja a hibás hálózati részeket, még az alállomási védelmek előtt. Az üzemirányítónak nincsen feladata a behatárolással, mert azt a recloser automatikusan megoldja, még hozzá felesleges rövid idejű zavartatás nélkül. Rendelkezik még visszakapcsoló automatikával is a múlt hibák kezelésére, amivel csak a hibás szakaszon lévő fogyasztókat zavartatja a gyors és lassú (GVA/LVA) visszakapcsoló ciklussal. Elterjedésüket tekintve jelenleg még csak pilot projektek formájában léteznek, így egész Magyarországon csupán néhány 10 db van jelenleg használatban. A 4.3. ábra mutatja az elosztóhálózatra telepített reclosert és az oszlop aljában a hozzá tartozó vezérlőszekrényét. [14]



4.3. ábra
Recloser és vezérlőszekrénye [19]

A bontási lehetőségekről beszélve érdemes megemlíteni még az **áramkötéseket** is. Ezeket a hálózat egyes részeinek a huzamosabb ideig történő határolására, szakaszolására szokás használni, általában ott bontják meg, ahol nincsen a közelben más bontási lehetőség. Áramkötésekből létezik a hagyományos kivitel, amelyet csak feszültségmentes állapotban lehet bontani és léteznek FAM áramkötések is. A FAM áramkötéseket már feszültség alatt is meglehet bontani, ezzel csökkentve a fogyasztók zavartatását. Ezen FAM kötések tulajdonképpen a leágazásokban már alkalmasak lehetnek a kézi működtetésű oszlopkapcsolók kiváltására. [14]

4.2. MVM Démász Áramhálózati Kft. gyakorlata

Az MVM Démász Áramhálózati Kft. (továbbiakban: Démász) kiterjedt középvezettségű hálózattal rendelkezik. A légvezeték hosszúsága kb. 13000 km, amely a működési területére jellemző alföldi tanyavilág miatt alakult ki. Földkábel kb. 1200 km került lefektetésre, főként a városokban elhelyezve.

A Démász területén korábban volt egy KDSZ és 4 db ÜIK, melyek fizikailag is különböző helyeken helyezkedtek el. Ma viszont a KDSZ és az ÜIK-k területileg össze lettek vonva egy helyre Szegeden. Ezeket az összevont szervezeteket nevezhetjük KDSZ-ÜIK központnak vagy egyszerűen üzemirányító központnak is.

A Démász üzemirányító központjában a szervezeti felépítést tekintve 15 fő üzemirányító (diszpécser) és 3 üzemelőkészítő dolgozik. Az üzemelőkészítők feladata a tervezett kikapcsolások megtervezése. Az üzemirányítók 12 órás munkarendben és váltott műszakban teljesítenek szolgálatot. Munkanapokon nappal 4 fő, míg éjszaka 2 fő dolgozik. Hétvégén pedig éjjel-nappal 2 fő dolgozik. Műszakváltás reggel fél 7 és este fél 7-kor történik.

A munkanapokon nappal dolgozó 4 fő között a munka felosztása a következő:

- 1. munkahely: a főelosztó hálózatért és az alállomásokért felelős KDSZ üzemirányító

- 2. munkahely: régi Nagykőrös-Bajai ÜIK összevont üzemirányítója
- 3. munkahely: régi Békéscsaba-Szeged ÜIK összevont üzemirányítója
- 4. munkahely: közép feszültségű tervezett munkák üzemirányítója

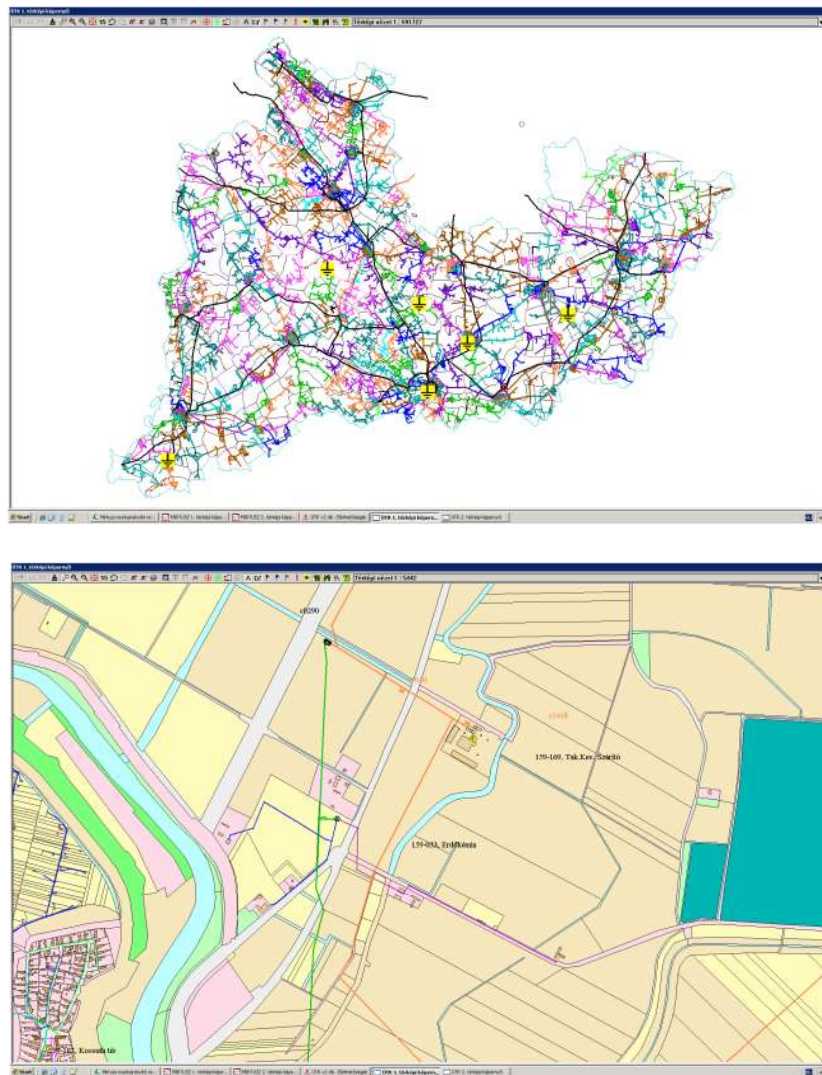
Összesen 6 db azonos kiépítettségű munkahely található az üzemirányító központban, illetve egy fizikailag másik helyen elhelyezkedő tartalék KDSZ is kialakításra került. A több kiépített munkahelyre azért van szükség, mert a normál munkanapoktól eltérő havária esetek is lehetségesek, amikor tömeges üzemzavarok lépnek fel. Ilyen esetekben szükség lehet több üzemirányító szolgálatba állítására is, így az egyes emberek tehermentesíthetőek. A kevésbé kiépített tartalék KDSZ pedig a fő üzemirányító központ megsemmisülése esetén használható alapvető üzemirányítási feladatokra.

Minden diszpécser azonos feljogosítással rendelkezik, ami annyit jelent, hogy gyakorlatilag bárki láthat el KDSZ-es vagy ÜIK-ás feladatokat. Munkahelyek közül is elméletben bárki bárhová ülhetne, mert csak bejelentkezés kérdése, hogy ki milyen feladatokat fog ellátni, de a valóságban adott feladatokat adott munkaállomásokon végeznek az üzemirányítók. Ez főként a keveredések elkerülése és a megszokások végett alakult így ki. A diszpécser 6 db monitor előtt ülnek, ebből 3 monitoron látják a SCADA rendszert, ahol az egyiken van a nagyított hálózat képe, a másodikon nézik az eseménysort, harmadikon pedig van a kezdőkép, ahonnan gyorsan betudnak hívni alállomási képeket. A további 3 monitoron pedig az üzemirányítást támogató rendszerek (ÜTR) kaptak helyet. Ezen monitorok egyikén a főképernyő található, ahonnan gyorsan tovább lehet navigálni az éppen szükséges menüpontokra. Az ötödik monitoron a sémakép, míg a hatodikon pedig a térképes nézet kerül általában megjelenítésre. Ez a két rendszer (SCADA és az ÜTR) informatikai szinten össze van kapcsolva, vagyis amikor történik egy kapcsolás valahol a hálózaton akkor az megjelenik az összes rendszerben.

Démász jelenleg egy 2001-ben üzembehelyezett, Prolan által készített SCADA rendszert használ üzemirányítási feladatokra. Ennek a SCADA rendszernek a cseréje már napirenden van, amelyre többek között az olyan új funkciók hiánya miatt lenne szükség, amelyeket a régi rendszerbe már nem lehet beintegrálni. Fontos hiányzó funkció a jelenlegi SCADA rendszerből a topológia kezelés, ugyanis ez még a hálózat rajzát nem kezeli. További hiányossága, hogy nem tud számolni teljesítmény eloszlást, feszültségesezt, így áterheléseknél nem lehet azonnal látni a fentálló helyzeteket. Ezen funkciók pótlására használnak jelenleg különböző üzemirányítást támogató rendszereket. Néhány ilyen üzemirányítást támogató rendszer/program rövid bemutatása következik.

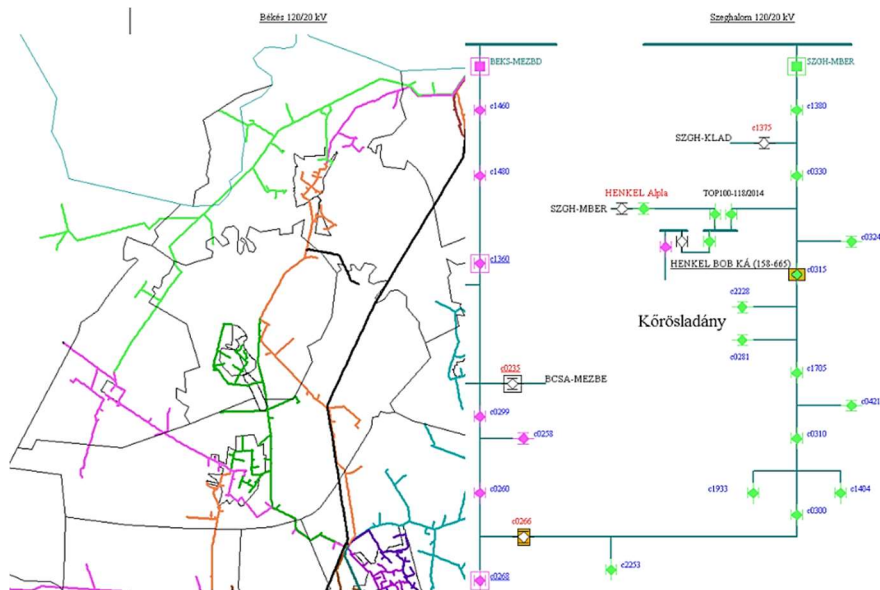
Amennyiben áterheléseket kell véghez vinni közép feszültségen akkor előtte egy *Praou* nevű programmal lefuttatják a terhelési viszonyokat és megnézik az egyes be és kikapcsolások eredményeit a szimuláció segítségével. A szimuláció azonban csak előre tervezett munkáknál, kapcsolásoknál hasznos, mert üzemzavari szituációkban nincs idő ezek futtatására és így ezeket az információkat azonnal nem látják az üzemirányítók. Az újabb SCADA rendszerekben megtalálható teljesítményanalízis (LoadFlow), amely

ezeket a feladatokat már képes elvégezni. Az ÜTR részét képező program az *Ártemisz* is, amit főként a sémaképek és térkép részletek megjelenítésére használnak. Továbbá tartalmazza a fogyasztói adatokat, transzformátor adatokat, hálózat hosszokat, oszlopkapcsolók adatait, illetve ez az ÜTR számolja a kiesett fogyasztók adatait és a figyelt minőségi mutatókat is.



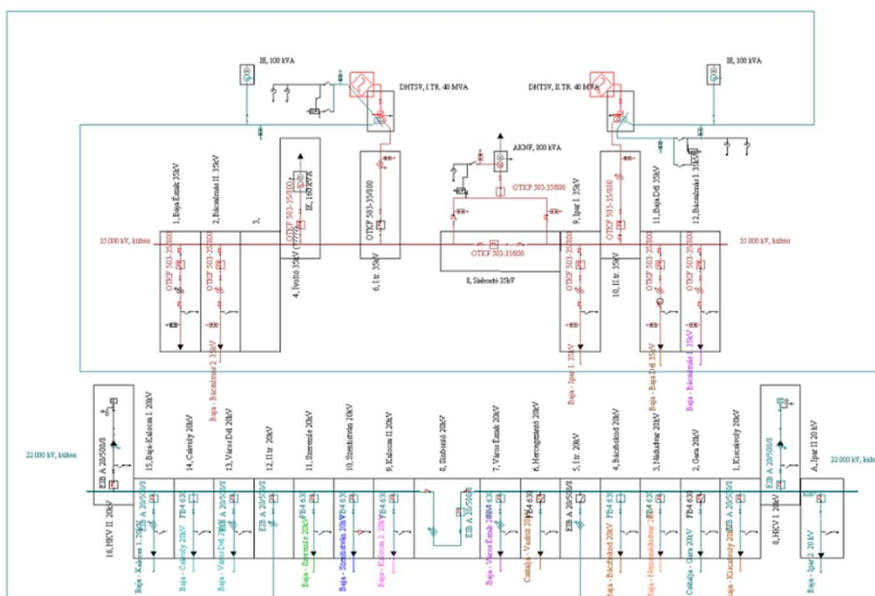
4.4. ábra
Ártemisz képernyőképek

Az 4.4. ábra mutat néhány az *Ártemisz*ből származó képernyőképet. A felsőn a Démász teljes működési területének térképes nézete van, amelyen látszódik a főelosztóhálózat és a közép feszültségű elosztóhálózat. Az alsó képen egy adott területre közelítve láthatjuk a hálózat fizikai elhelyezkedését és a kapcsolóelemek helyét egy alaptérképen megjelenítve.



4.5. ábra
Hálózat térképi és séma ábrázolás

Az 4.5. ábra szintén az *Átemiszből* származó pillanatfelvétel, amely a térképes nézet mellett, jobb oldalon mutatja a sémaképet is. A sémaképen nem a hálózat valóságos elhelyezkedése a fontos, hanem az egyes berendezések közötti kapcsolatok, amelyek rendezetten, letisztultan láthatóak.



4.6. ábra
Alállomás belső sémaképe

Az *Ártemisz* üzemirányítás támogatásának céljából az egyes alállomások belső felépítésének sémaképeit is képes megjeleníteni. A 4.6. ábra éppen a bajai 120/35/20kV-os alállomás sémaképe ábrázolja.

A Démász egy évben kb. 1600 darab üzemzavarral szembesül, amelyeknek 2020-ban az átlagos elhárítási ideje kb. 2,5 óra volt. A jelenlegi célérték 130 perc, ami alá szeretnék az elhárítás átlagos idejét szorítani. Ezen üzemzavarok egy része tömeges üzemzavarok során következik be, amely esetekre létezik egy ún. havária szabályzat, ami megkülönböztet különböző fokozatokat, ezek a következők:

- 1.fokozat: Riasztási fokozat, ha a meteorológiától jön egy előrejelzés valamilyen természeti csapásról, ekkor szolgálat megerősítés történik.
- 2. fokozat: Nagyobb területek kiesése és több 10.000 kiesett fogyasztó esetén, ekkor már a havária bizottság is feláll.
- 3.fokozat: Teljes üzemirányítási területet érintő üzemzavar.

Szükség esetén felállhat a havária bizottság is, amennyiben a helyzet ezt megköveteli. A havária bizottságon belül van egy kommunikációs bizottság, akik koordinálják az eseményeket és tartják a kapcsolatot a sajtóval és az önkormányzatokkal. Továbbá van egy műszaki bizottság is, akik a külső vállalkozókat a hibaelhárításhoz koordinálják és a munkaerő átcsoportosításokat intézik. Nem jellemző a teljes üzemeltetési területet érintettsége egy havária alatt, ezért ekkor szerelőket szokás átcsoportosítani az üzemzavarral sújtott régiókba. Az átcsoportosított szerelők a megszokott területükről számukra ismeretlen területen végeznek javítási munkákat, ekkor figyelni kell arra, hogy egy olyan szerelő párossal kell összeállniuk, akik alaphoz az adott területen dolgoznak és így rendelkeznek helyismerettel.

Kettő konkrét tömeges üzemzavar eset bemutatása következik, amelyek két különböző havária lefutást mutatnak be. Az egyiket 2011 július 20-án Dél-Magyarországon áthaladó nagy rombolást maga után hagyó vihar okozta, ekkor a legnagyobb problémát a viharos szél miatti hálózatra dőlt fák okozták. Villamosenergia szolgáltatás kiesést 85 településen mintegy 70.000 fogyasztó érzékelte, összesen kb. 4 napig. A vihar Nagykőrösön egy teljes alállomás kiesését, illetve 120kV-os főelosztóhálózati üzemzavarokat is okozott. Összesen 112 szerelőcsapat dolgozott akkor a helyreállításon és az összes rendelkezésre álló aggregátort üzembe helyezték a hibaelhárítás idejére. A hibabehatárolást és a hibaelhárítási feladatokat a megerősített üzemirányító szolgálat és a felállt havária bizottság műszaki bizottsága irányította. A külső és belső kommunikációt a kommunikációs bizottság támogatta. Ez a havária tipikus haváriának mondható, ugyanis a kiesett fogyasztók száma hirtelen felugrott közel 70.000-ig, majd ahogyan egyre kisebb területre határolták a hibákat és a meglett hibákat elkezdtek kijavítani, akkor egyre több fogyasztó került újra ellátásra és folyamatosan csökkent a kiesett fogyasztók száma.

Ettől eltérő lefutást mutatott a 2017 augusztus 29-én történt eset, ahol a középfeszültségű üzemzavarok 3 napig, míg a kisfeszültségű üzemzavarok 1 hétig is elhúzódtak, mire sikerült minden hibát elhárítani. Kisfeszültségen azért tartott több ideig, mert az üzemzavarok elhárítását mindig a legnagyobb hierarchiájú hálózatokkal kezdik és onnan haladnak a minél kisebb feszültségű hálózatok javítása felé. Lefutását tekintve ez a havária úgy nézett ki, hogy kezdetben 70.000 fölé ugrott a kiesett fogyasztók

száma és amikor elkezdett csendesedni a vihar és kezdődött a fogyasztók újbóli ellátása akkor kezdet csökkenni a kiesett fogyasztók száma. Ezután váratlanul a vihar következő hulláma érkezett, ami további fogyasztói kieséseket okozott, így már 80.000 fölé emelkedett a kiesett fogyasztót. Innentől kezdve az elhárítás nagyon hosszúra nyúlt, mert jellemzően többszörös hibákat kellett elhárítani. Tájékoztatásképpen, egy üzemzavari hiba elhárítása középvezetőségű légvezeték esetében átlagosan 293.320 Ft-ba került. Ebben az összegben benne vannak a munkavégzés, a járműhasználat és a felhasznált anyagok költségei. Egy TMOK telepítési költsége.

Az üzemzavarok során használnak egy *ÜTR VIP* nevű programot. Az ÜTR mozaik szó az üzemirányítás támogató rendszer hivatott jelteni. Ebben a programban településenként van felosztva a térkép és lehet látni a kiesett fogyasztók területi elhelyezkedését. Külön feszültségszintenként vagy régióként is meglehet tekinteni az üzemzavarokat. Alapvetően ez a felület vezetőknek készült (VIP erre utal a program nevében), akik egy áttekintő képet szeretnének nyerni a fennálló havária aktuális helyzetéről, például mennyi fogyasztó van kiesve, mennyi a kiesett teljesítmény, illetve hogyan áll az üzemzavarok elhárítása. Ezzel a megoldással nem kell a vezetőknek SCADA-t vagy ÜTR-be üzemzavarokat egyesével nézegetni, hanem egyben és gyorsan tudnak tájékozódni. Az adatokat egyébként az imént említett két rendszerből veszi át az *ÜTR VIP*. Ez a felület továbbá segítséget nyújt a havária esetén fennálló bizottságoknak, illetve az üzemirányítók számára is. A program lehetőséget biztosít a kiesett fogyasztók darabszáma szerinti paraméterezésre a térképen, amellyel az adott települések színekkel megjelölve láthatóak a térképen, így akár egy pillantással információt lehet kapni a kritikusabb területekről. Tipikusan használt beállítás 10 felett sárga, míg 100 kiesett fogyasztó felett piros színnel jelöli meg a program az egyes településeket. Továbbá a programban van egy üzemirányítói menüpont is, ahol a folyamatban lévő üzemzavarok vannak listászerűen feltüntetve a hozzárendelt üzemirányítóval együtt. A listában szereplő üzemzavarok állapotai folyamatosan frissülnek aszerint, hogy éppen milyen fázisban van a zavar elhárítása. A státusza lehet behatárolás alatt lévő, vagy ha már meg van a hiba, akkor javítás alatt. Munkaszervezési kérdések támogatására is alkalmas a program a havária menüpont alatt, ahol láthatóak a különböző munkakörökből bejelentkezett munkavállalók úgymint a szerelők, a munkairányítók és az üzemirányítók.

Az üzemirányítók munkája valójában akkor kezdődik, amikor a hálózat védelmi berendezései a megszakítókkal véglegesen kikapcsolnak adott vonalat/vonalakat. Szabadvezetékes 20kV-os hálózat esetében a végleges kikapcsolás egy sikertelen gyors (GVA), majd egy sikertelen lassú visszakapcsolást (LVA) követően megy végbe menni. Ekkor az üzemirányító megnézi, hogy a kiesett vonalon a kapcsoló elemek közül melyik jelezte a zárlatot, amiben nagy segítséget nyújtanak a zárlatjelzővel ellátott távműködtetésű oszlopkapcsolók. Ezután elkezdődik a lehetőségekhez mérten a hibahely minél pontosabb behatárolása.

Ha történik valahol a vonalon egy zárlat, akkor a végleges kikapcsolást követően, a fázis és földzárlat érzékelőkkel ellátott TMOK mellett, ahol keresztül folyt a zárlati áram,

a SCADA térképén piros jelzésekkel megjelenik a zárlatjelzés. A zárlatjelzéseket elősegítendő a hálózatra telepítenek külön zárlatjelző készülékeket is, amelyek szintén jelzik a diszpécser számára, ha érzékelték a zárlati áramot. Az üzemirányító megnézi melyik TMOK vagy zárlatjelző amelyiken már nem folyt át a zárlat és azt a TMOK-t kikapcsolja. Ezután visszakapcsolja a megszakítót és ha a zárlatjelzők jól működtek, akkor tiszta lesz a vonal. Tehát a SCADA rendszerben a zárlatjelzések alapján behatárolják a kettő TMOK közé az üzemzavar helyét, majd az ÜTR rendszerben folytatják az üzemzavar elhárítást, ahol minden bontási lehetőség látszik az utolsó oszlopkapcsolóig. A kapcsolni kívánt kézi OK-hoz kiküldik a szerelőket és a fogyasztói súlypontokban az ún. felezéses technikával tovább csökkentik az ellátatlan részeket. A KÖF hálózatok hurkolhatóságát kihasználva a fogyasztói zavartatások csökkentése érdekében, minél több KÖF/KIF transzformátort megpróbálnak ellátni, akár egy másik tápírány felől. Miután minimálisra lett csökkentve a kiesett hálózat hossza és a fogyasztók száma, szerelőket rendelnek a hiba pontos helyének felkutatásához és kijavításához. A szerelők a TMOK-t bénított állásba állítják, annak érdekében, hogy véletlen se lehessen visszakapcsolni az adott vezetékszaksaszt, amíg ők hibát hárítanak.

Az diszpécser egy-egy üzemzavar elhárítás során rengeteg kapcsolást végezhetnek mire végül sikerül a hibát behatárolniuk. Az elhárítás során végzett kapcsolásokat egy ún. üzemzavari adatlapba kell felvinniük, annak érdekében, hogy a kapcsolások rendezetten dokumentálva, visszakereshetőek legyenek. Onnantól kezdődik a dokumentálás, hogy a megszakító végleges kioldása megtörtént (GVA-LVA ciklus nincs benne) és odáig tart amíg a szerelők elvégzik a munkát és visszakapcsolják a kiesett hálózat részt. Az ÜTR a kapcsolások során számolja a kiesési adatokat, kiesett transzformátorokat, kiesett fogyasztókat. Az üzemzavar végén kiszámolja a nem szolgáltatott energiát is, amihez be kell írni a SCADA archív trendjéből lehívható üzemzavar előtti teljesítmény értéket. Számol továbbá zavartatást, ami a kiesett fogyasztók számának megszorzását a kiesett időtartammal teszi.

Minőségmutatók javulása

- SAIFI - 0,014 db/év
- SAIDI - 0,527 min/év
- NSZE - 7,47 MWh
- RIZ - 273 589 ügyfél db

4.7. ábra

Szimulációs minőségmutatók javulása [32]

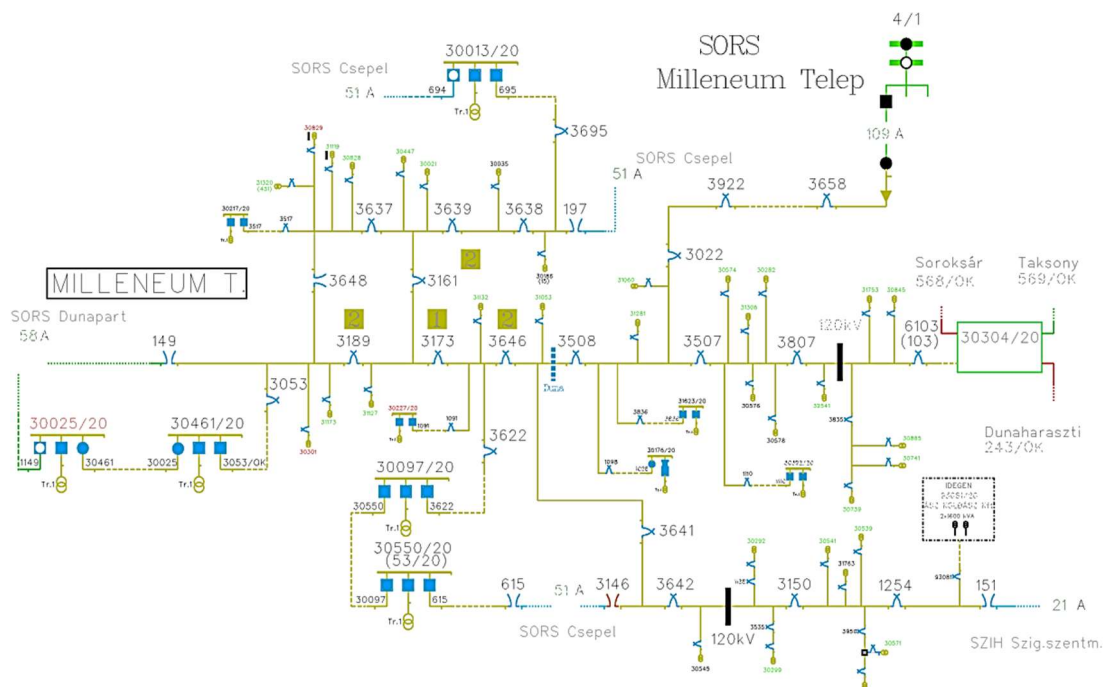
A behatárolást gyorsítására a Démász teszt jelleggel néhány reclosert már elhelyezett a hálózaton, amelyek pontos helyét hálózati szimulációk alapján választották ki. Jelenleg 4 db eszközt nagy zavartatású leágazásokba és 2 db-ot pedig a gerincen helyeztek el. A

minőségi mutatókra gyakorolt hatását és a beszerzési árhoz viszonyított megtérülésüket vizsgálják jelenleg a beruházásnak. A 4.7. ábra mutatja a szimuláció alapján várt minőségi mutatókban elért eredmények. [32]

4.3. Az ELMŰ és az ÉMÁSZ gyakorlata

A hálózaton fellépő üzemzavar hibahelyének a behatárolásáért a szolgáltatban lévő üzemirányító a felelős. A hiba javításáért munkaidőben a Távvezeték Osztály, míg ügyeleti időben a szolgáltatban lévő központi diszpécser felel. [28]

Az üzemirányítók alapvetően a következő ábrához (4.8. ábra) hasonló sémaképeket látnak a szabadvezetékes hálózatról. Ezeken a térképeken nem a valóságos fizikai elhelyezkedés, hanem a berendezések és a hálózat kapcsolatai a fontosak.



4.8. ábra
KÖF vonal sémakép [28]

Az üzemirányítók munkája ott kezdődik, amikor valamilyen módon tudomást szereznek az üzemzavarról. Ez történhet bejelentések során, amikor a fogyasztó, a hálózaton munkát végzők, a katasztrófavédelem stb. jelzi a hibát, ekkor általában a hibahely gyorsan meghatározható. Továbbá telemechanikus távjelzések segítségével is történhet az észlelés, amikor a védelmek, zárjelzők földzárlati áramot vagy túláramot jeleznek. Legelőször az üzemirányító értesíti az üzemzavari és az állomási szerelőpárost, majd felezéses technikával az állomási megszakító működtetésével és a hálózat bontási lehetőségeivel elkezd a hiba behatárolását. A próbakapcsolásokkal

elkezdődik a földzárlat keresése a hálózaton, ma már alapvetően földzárlat tartása nélkül. A hiba behatároláshoz az üzemirányítóknak nem áll rendelkezésére minden eshetőségre egy leírás a teendőről, ezért használniuk kell az ún. üzemirányítói logikát.

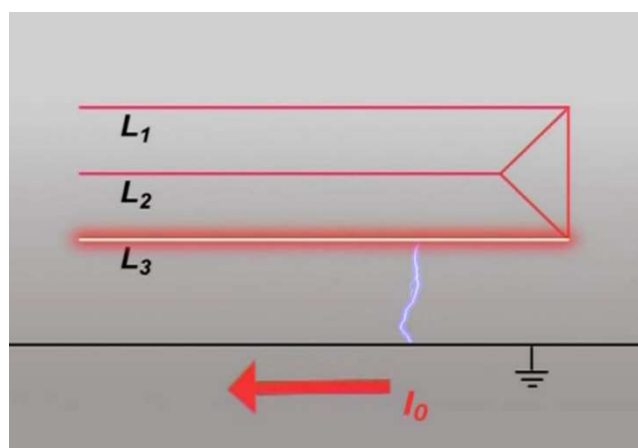
A felezési technika lényege, hogy feszültség nélküli vonalon egy kapcsoló berendezéssel bontják a vonalat (felezik), majd a hálózati részt az alállomási megszakítóval megpróbálják visszakapcsolni. Az egyik kimenetel lehet, ha ez sikerül (szakzsargonban: állja a vonalat), ekkor lehet tudni, hogy a hiba nem a feszültség alatt lévő szakaszon van. Innentől lehet a hibát pontosabban határolni, további próbakapcsolásokkal, természetesen amennyiben rendelkezésre állnak további hálózatbontó berendezések. Abban az esetben viszont, ha az alállomási megszakító visszakapcsolása után a hálózati védelmek működnek (szakzsargonban: leül a vonal), akkor tudni lehet, hogy a hibahely az alállomás és a bontási pont között van. Ezt a vonalat tovább lehet felezgetni, ha vannak további távvezérelhető oszlopkapcsolók az adott szakaszon. A közepfeszültségű elosztóhálózatok hurkolhatóságát kihasználva a kivett hálózati szakaszon kívüli részeket egy másik alállomás irányából továbbra is el lehet látni, így csökkentve a kiesett fogyasztók számát.

A próbakapcsolások során követendő fontos szabály, hogy csak a védelmi működést adó alállomásból végezhetőek, ehhez az üzemzavarban nem érintett új alállomást nem szabad bevonni. Ennek a szabálynak a célja, hogy csak azokat a fogyasztókat zavartassuk, akik alapból is érintettek az üzemzavarban. Az ábrát tekintve (4.8. ábra) egy példán keresztül ez a következő képen nézne ki. Az üzemzavarelhárítás támogatásához a sémaképen jelölve vannak a fogyasztói súlypontok, viszont az elhárítási logika sok esetben ezzel nem összeegyeztethető. A következőkben bemutatott példában is ez a helyzet, ugyanis fogyasztói súlypont a 3173-as oszlopkapcsolónál van, viszont a logika a 3508-as oszlopkapcsoló működtetését helyezi előnybe. Ennek oka, hogy a 3508-as kapcsolóval eldönthető, hogy a Duna melyik oldalán van a hiba, ami a szerelők mozgatása szempontjából fontos és jelentős idő megtakarítható vele, ha az első kapcsolás után már indíthatóak a helyszínre. A hibát a bal oldalra feltételezve, és a 3508 OK-t nyitva a jobb oldali fogyasztók elláthatóak lennének véglegesen, abban az esetben, ha bevonható lenne másik alállomás a próbakapcsolásokba, viszont mivel másik alállomás nem vonható be csak a következő kapcsolásig lesznek ellátottak. Jobbik eset, ha a hiba a jobb oldalon történik, ekkor ugyanis a 3508-as OK nyitásával a hibamentes teljes bal oldal ellátható egy másik tápirányból.

Ezután a jobb oldalon a gerinchálózatot előnyben részesítve lehet további próbakapcsolásokat végezni, így csökkentve a kiesett leágazásokat. Érdemes lehet a 3507-es TMOK-t nyitni a következő lépésben. Ha a védelem továbbra is lekapcsolja a vonalat, akkor a másik felől egy újabb rész megint elláthatóvá válik, ehhez a 3507-es OK-t nyitni, míg a 3508-ast zárni kell. Ezután további kapcsolásokkal addig kell folytatni a behatárolást, amíg újabb hálózatbontási lehetőségek vannak vagy amíg annak reális haszna van, amit az üzemirányítók a helyismeretük végett megtudnak ítélni. Az üzemirányító a rossz időjárási viszonyok vagy a nehezen megközelíthető terep miatt,

esetleg több szerelőpárost is kérhet a munkairányító diszpécseről a helyszínrre. A helyszínen a hibakeresés nyomvonal bejárással történik, amikor keresik a hiba pontos helyét.

Az eddigiekben a földzártos üzem tartása nélküli földzárlat keresésről volt szó, amikor is próbakapcsolásokkal határolnak. A hiba határolás másik módszere amikor a diszpécser földzárlatos üzem tartása mellett dönt, a hibakeresés idejére. A földzárlatos üzem tartásának komoly szabályai vannak és nem is minden elosztói engedélyes alkalmaz ilyen üzemet, az élet és anyagi javak védelmének érdekében. A legtöbb vonalon a szabályzat tiltja az ilyen üzem fenntartását a veszélyek miatt, viszont előnye az elhárítási idő és a fogyasztói zavartatás csökkenése. Földzárlattartásra engedélyezett vonalakat előzetes vizsgálatok során állapítják meg, csupán korlátozott ideig, magas biztonsági szabályozás mellett. Mindemellett az üzemirányítónak tisztában kell lennie melyek ezek az engedélyezett vonalak, de a saját hatáskörében maradéktalanul dönthet úgy, hogy a biztonságot előtérbe helyezve nem használja ezt a lehetőséget.



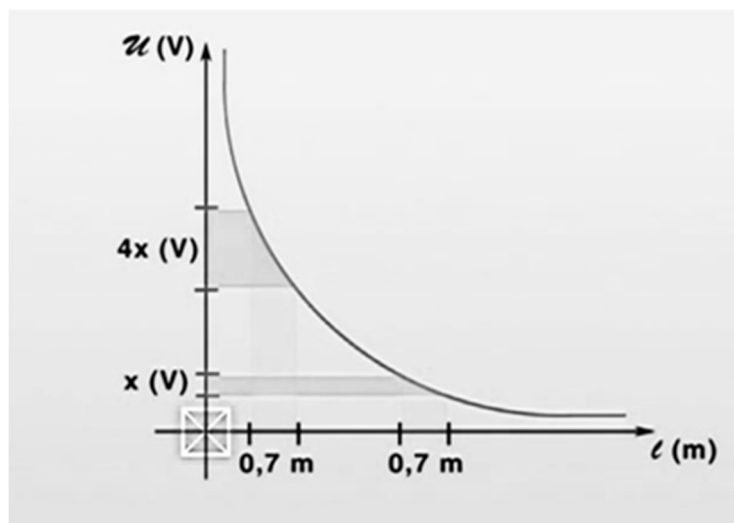
4.9. ábra
Földzárlatos üzem tartás [28]

A földzárlattartás műszaki magyarázata az ábrán látható (4.9. ábra). A fogyasztói transzformátor delta tekercsén záródnak a középfeszültségű elosztóhálózat vezetői, amely a földzárlatos üzem (sánta üzem) fenntartását teszi lehetővé. Ehhez szükség van a földzárlati áram kompenzálására, melyet a kompenzáló tekercsek végeznek. A földzárlat hibahelyének a keresése során azt használunk fel, hogy az zárlati áram a hálózat nyomvonala mentén folyik a táppont felé. A földzárlati áram útvonalának a meghatározása az ún. Tungiloc műszerrel történik (4.10. ábra). A műszert hangolni kell, mert az a földzárlati áram ötödik felharmonikusát érzékeli, amelynek viszont nagysága függ az aktuálisan vizsgált hálózat paramétereitől. A hangolást az adott állomás legközelebbi oszlopánál célszerű elvégezni, majd ezen a hibakeresés alatt nem szabad változtatni. [28]



4.10. ábra
Tungiloc műszer [16]

Hangolás után a hibajel felvétele következik, aminek a felvételéhez a hálózat nyomvonalában kell elhelyezkednie a szerelőknek. A hibajelet annál a készüléknél kell felvenni, amely a zárlatot még jelezte és a legtávolabb esik az adott állomástól. Előfordulhat, hogy a jelet az oszlophoz közel szükséges mérni, ekkor a földzárlatos üzem miatt a szerelőknek azt, a lehető legkisebb lépésekben kell megközelíteniük. Erre a lépésfeszültség jelenléte miatt van szükség. A lépésfeszültség nagyságát a 4.11. ábra mutatja. Látszik a diagramon, hogy az oszlop felé közeledve, az ember két lába között (kb. 0,7 méter) egyre nagyobb feszültség képes kialakulni, amely életveszélyes is lehet.



4.11. ábra
Lépésfeszültség nagysága oszlop közelében [28]

A hibajel bemérése után az üzemirányító egy megfelelően kiválasztott elágazási pontba irányítja a szerelőpárost. Az elágazásban a Tungiloc műszerrel meghatározzák a I_0 zárti áram irányát, majd a hibahely keresést ennek megfelelően folytatják tovább. Ezt mindaddig folytatják, amíg a hiba pontos helyét meg nem találják. A meghibásodás

jellegétől függően vagy elhárítják azt, vagy pedig az illetékesek számára átadják a munkát.

Az olyan hibáknál, ahol bizonyos fázisok úgy szakadnak meg (pld. biztosító kiolvadás), hogy nem érintkeznek a földdel vagy másik fázis vezetővel, soros hibáknak nevezzük. Az egyfázisú és kétfázisú soros hibák érzékelése az alállomásokban történik, ugyanis ezek komoly feszültség aszimmetriát hoznak létre a hálózaton, továbbá a fázishiányos bejelentésekből is lehet észlelni. Behatárolása a korábban már ismertettet felezéses technikával, próbakapcsolásokkal és bejárással történik. Háromfázisú szakadás esetén különbséget jelent, hogy nem jelenik meg zárlati áram és jelzést sem kapnak az üzemirányítók a hibáról, ekkor egyedül a feszültség kimaradásos bejelentések alapján derül fény a hibára. [28]

5. LEHETSÉGES FEJLESZTÉSI IRÁNYOK

5.1. Távműködtethető oszlopkapcsoló (TMOK)

A távműködtethető oszlopkapcsolók az üzemirányító központból működtethető hálózat bontási lehetőségeket valósítanak meg. A magyarországi közép feszültségű szabadvezetéseken már most is jelentős számban találhatók meg ezen berendezések és továbbiak telepítése is folyamatosan napirenden van. A TMOK telepítéses programok jelentős MEKH mutató javulást eredményeztek, melyet további oszlopkapcsolók elhelyezésével még inkább javítani lehet. A hibák helyének behatárolása tovább gyorsítható az eszközökbe épített zárjelzők segítségével.

A távvezérelt oszlopkapcsolók (4.2. ábra) számának növelése az üzemeltetők felől igényként jelentkezik, viszont ez magával hordozza az üzemeltetési költségek, illetve a potenciálisan meghibásodható berendezések számának a növekedését. A TMOK telepítés során a felszerelés helyének kiválasztásakor figyelembe kell venni, hogy olyan helyekre telepítsük, ahol az üzemzavarokban zavartatott fogyasztók számát a legnagyobb mértékben csökkenteni lehetséges. Továbbá a szolgáltatás kimaradás időtartamának minimalizálása mellett gazdasági szempontokat és figyelembe kell vennünk, vagyis minél kisebb anyagi ráfordítással, minél nagyobb gazdasági eredmény elérése a cél. [18]

A hálózaton nagyszámban használt TMOK-nak számos pozitív hatása felmerül. Az egyes üzemzavari események során a behatárolási idők és a behatárolási területek nagysága jelentősen csökkenthető, mintha csak kézi oszlopkapcsolókat használnánk. Nem mellesleg az állomási megszakítók igénybevétele is csökken, amely a próbakapcsolások számának csökkenésére vezethető vissza. A TMOK hátránya a zárjelző megszakítás képességének hiánya. A zárjelzőt megszakítani nem, de érzékelni és az üzemirányítónak a SCADA rendszerébe továbbítani a földzárlati vagy zárlati áram tényét képesek. Ezen adatok a diszpécser számára nagy segítséget jelentenek, viszont ez azt is jelenti, hogy a TMOK nem rendelkezik helyi intelligenciával, hanem azt a SCADA rendszer szolgáltatja. Másik hiányossága, hogy a TMOK nem automatikusan végzi a kapcsolásokat, hanem a diszpécser teszik, ami mindenképpen idővesztéssel jár a teljesen automatikus leválasztásokkal, behatárolásokkal szemben. [18]

5.2. Oszlopmegszakító (Recloser)

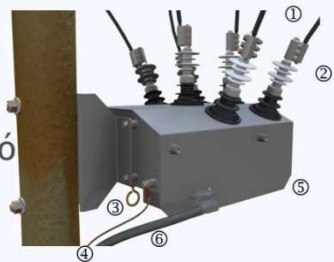
A fogyasztói elvárások növekedése mellett a MEKH mutatók folyamatos javítása egy idő után a mostani bontási lehetőségeink mellett már nem lesz kivitelezhető feladat. A rövid idejű kieséssel zavartatott fogyasztók darabszámát jelenleg is számontartják, de nincsen meghatározott minimális követelmény ezzel kapcsolatban, viszont várható, hogy ezek csökkentése is előbb-utóbb elvárt feladat lesz. Tovább nehezíti a szankcionált mutatók tartását, hogy manapság a legtöbb hálózati engedélyes már nem tart földzárlatos üzemet, vagy csak nagyon ritkán komoly biztonsági feltételek mellett. Az előbbieket feloldására lehet megoldás a még nem igazán elterjedt és viszonylag új berendezés, a recloser (5.1. ábra). [18]



5.1. ábra
Siemens oszlopmegszakító és vezényszekrénye [20]

A recloser vagy másnéven, oszlopmegszakító esetében már helyi intelligenciáról beszélhetünk, ugyanis az átmeneti hibák (például légköri eredetű túlfeszültség, összelengés miatti rövidzárlatok stb.) fellépésekor nem az alállomási védelmek hajtják végre a LVA/GVA ciklust, hanem az aláosztott, a zárlathoz legközelebb lévő recloser automatikusan teszi ezt, így kímélve a tápponti megszakítót. A zárlati események során az oszlopmegszakító képes az érintett hálózatrészt leválasztani, így csak az adott leágazásban lévő fogyasztók maradnak ellátás nélkül, tehát funkcióját tekintve olyan, mint egy alállomásban elhelyezett közép feszültségű megszakító visszakapcsoló automatikákkal kiegészítve. Ezzel a rövid idejű zavartatások számát tudjuk drasztikusan csökkenteni. Ez a csökkenés abból adódik, hogy amíg az alállomási megszakítóval kapcsolgatva a teljes vonalon zavartatjuk a fogyasztókat, addig a helyi intelligenciával csak a recloser utáni gerinchálózaton vagy leágazásokban történik zavartatás. Továbbá, mivel a recloser automatikusan saját önideje után kapcsol a zárlat megjelenését követően, ténylegesen csak a hibás szakaszon lévő fogyasztók kerülnek leválasztásra, a többi ép hálózaton lévő fogyasztó zavartatása nélkül. [18]

1. KÖF terminál, hüvely
2. Szilikon alapú szigetelő
3. Kézi lekapcsolási mech. kampó
4. Földelés
5. Védőtartály
6. Vezérlő kábel CC/TEL-01-7



5.2. ábra
KTR 27 Recloser felépítése [19]

A 5.2. ábra látható a KTR 27 típusú recloser külső kialakítása és egyes részei. Jelenlegi tapasztalatok szerint a recloserek főként a rövid idejű zavartatásokat csökkentik, de kisebb javulást okoznak a MEH1 és MEH2, valamint a MAIFI mutatókban is. Az első telepített berendezéseket többnyire leágazásokba helyezték el, hogy a védelmi szelektivitás teljesülni tudjon. A pilot projektek számára főként olyan vonalakat választottak, amelyek üzemzavar szempontjából kockázatosak és magas üzemzavari hiba számmal rendelkeztek. [18][24]

	Behatárolás módja, készülék típusa			
Hiba behatárolás jellemzője	Kézi OK	Zárjelző + OK	TMOK	Recloser
Behatároló kapcsolás idő-intervalluma	60 perc (1. Kézi kapcsolás +1 kapcsolás)	40 perc	<3 perc	<1 másod perc
Első behatároló kapcsolás fogyasztói zavartatása	Teljes vonal 60 perc	Teljes vonal 40 perc	Leválasztott hálózat rész >3 perc	Leválasztott hálózat rész <1 másodperc
További kapcsolások fogyasztói zavartatása	Teljes vonal	Teljes vonal	Teljes vonal	Leválasztott hálózat rész
RIZ zavartatás	Teljes vonal	Teljes vonal	Teljes vonal	Mögöttes vonal szakasz

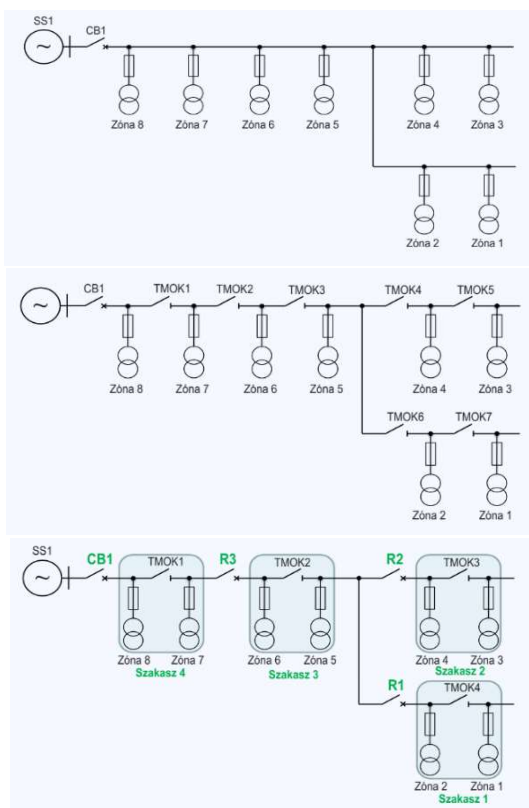
5.1. táblázat
Behatárolási módok jellemzői [14]

A 5.1. táblázatban láthatóak az eddig tárgyalt behatároláshoz használható kapcsoló berendezéseket, különböző szempontok szerint jellemezve. A táblázatból főként azt kell látni, hogy a jelenleg többségben lévő kéziműködtetésű oszlopkapcsolókkal az egyre

növekedő elvárásokat és az elvárt üzemzavari mutatók betartását nem vagyunk képesek elérni. Ehhez képest hatalmas minőségi ugrás a távműködtetésű oszlopkapcsoló, amellyel sikerült a behatárolást a kritikus 3 perc alá csökkenteni. Ez az idő tovább csökkenthető ugyan a recloserekkel, de valójában nem ez a valódi előnyük, hanem a felesleges fogyasztói zavartatás jelentős csökkentése.

Alapvetően négy fontosabb alkalmazását/üzemállapotát különböztethetjük meg az oszlopme szakítóknak. Jelenleg a leggyakrabban használt, az **üzemszerűen zártan** működtetett állapot, amikor zárlat esetén indul a berendezés és az érintkezőit nyitva leválasztja a hibás hálózati szakaszt. Az **alapvetően nyitottan** működő recloser a hálózati topológia konfigurálásban jelent segítséget. Másik alkalmazása amikor **kiserőművet csatlakoztatunk a hálózatra** a segítségével. Ekkor képes a megtermelt energiát felügyelni és az erőmű oldaláról érkező zárlatokat megszakítani. Ezt a megoldást jelenleg a magyarországi DSO-k még nem alkalmazzák. Végül lehetőség lehetne a **más tulajdonában lévő fogyasztói berendezések csatlakoztatása** a hálózathoz, amit így hiba esetén azonnal le lehetne választani a és nem okoznának kieséseket. [18]

Az EnergoBit Tavrida Electric végzett egy számítást, ahol egy leágazást vizsgáltak, három különböző bontási konfigurációban és számolták egy mintahálózaton a SAIFI, SAIDI, MAIFI mutatókat. A három vizsgált elrendezés a következő ábrán (5.3. ábra) látható.



5.3. ábra
Vizsgált hálózati elrendezések [19]

Az első esetben nem számoltak bontási lehetőségekkel, azaz csupaszon nézték a hálózatot. Egyedül az alállomási megszakítóval (CB1) lehet leválasztani a vonalat. Második elrendezésben összesen hét darab TMOK került beépítésre. Az utolsó kialakításban pedig vegyesen került elhelyezésre 4db TMOK és 3db recloser (R). A számításokat mellőzve a 5.2. táblázat szerinti eredmények születtek. Megállapítható, hogy a mutatók közül a MAIFI, illetve az itt nem vizsgált RIZ mutatókban nyújt jelentős előre lépést a vegyes elrendezés.

	SAIFI	SAIDI [óra]	MAIFI
Csupasz	4	28	16
7 db TMOK	2	6	16
4db TMOK + 3db recloser	2	6	9

5.2. táblázat
Mutatókban kifejezett eredmények [19]

5.3. Zárlatjelző



5.4. ábra
Prolan Z30 zárlatjelző [23]

A hálózaton bizonyos távolságokra egymástól elszórtan szokás elhelyezni a zárlatjelző készülékeket. Az 5.4. ábra egy Prolan által gyártott oszlopra szerelhető zárlatjelzőt mutat. Tápellátását elem vagy napelemmel kiegészített akkumulátor látja el, vagyis a hálózattól függetlenül működnek, elég csupán a tartószerkezetre felhelyezni őket, de léteznek sodronyra szerelhetőek is, amelyet mindhárom fázisra szükséges felszerelni. Ezen eszközök az üzemzavar során a zárlati áram által létrejövő elektromágneses mező változását érzékelve végzik a földzárlat és rövidzárlat

megállapítását. Bizonyos zárlatjelzők GSM kommunikációval lehetnek kiegészítve ekkor a zárlat fellépésekor a SCADA rendszer számára küldenek jelzést a bekövetkezett eseményről. Ezekkel a készülékekkel csak a zárlati áram irányát lehet meghatározni, ugyanis nem rendelkeznek kapcsolási lehetőséggel. A 5.5. ábra foglalja össze a zárlatjelzők előnyeit, amennyiben TMOK közökbe telepítik őket. A fő előnye a hibahely behatárolás gyorsítása és pontosítása, tehát a SAIDI mutatóban jelent ez valódi javulást. [21] [23]



5.5. ábra
TMOK közökbe történő telepítés [21]

A zárlatjelző készülékek nem feltétlen küldenek távjelzést a SCADA rendszerbe, hanem csak helyi megjelenítésre alkalmasak is lehetnek. Ezzel a szerelők helyszínen történő hibák feltárását hívatottak gyorsítani, tipikusan olyan leágazásokba melyek csak nehezen közelíthetők meg. A készülékek LED-kel jelzik a más-más típusú hibákat, különböző színekkel vagy különböző frekvenciájú villogásokkal az eseménytől függően. [21]

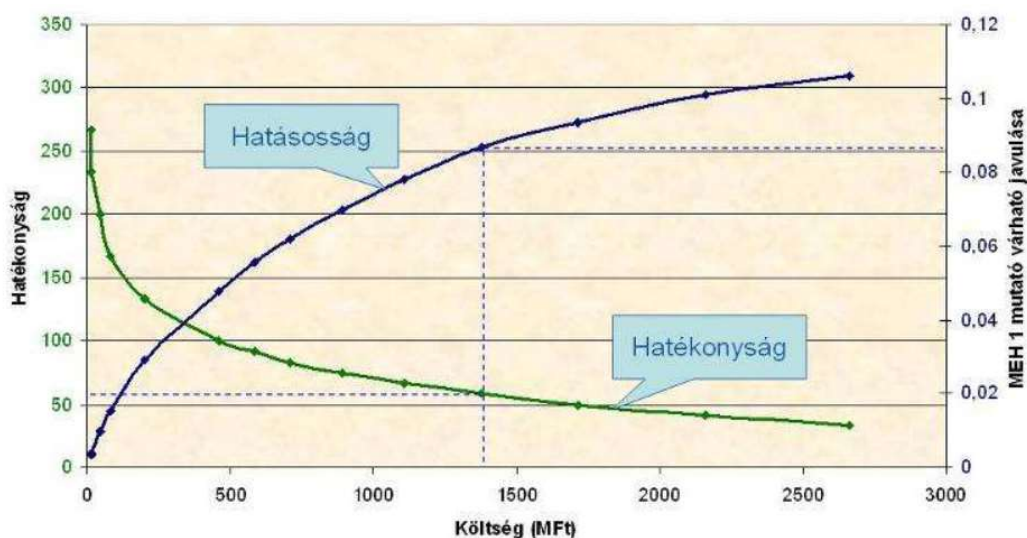
5.4. ETM

Az ETM, vagyis az elosztóhálózati telemechanika, egy távműködtetésű, motoros kapcsolókészülék, zárlatjelzővel kiegészítve SCADA rendszerbe integrálva (5.6. ábra). Ezeket a berendezéseket a 10kV városi kábelhálózatokon helyezik el, ahol legfőbb céljuk a minőségi mutatók (MEH1, MEH2, NSZE) javítása, illetve a gyorsabb hibahely behatárolás és a hálózat átrendezhetőségének a biztosítása. Diszpécseri beavatkozás szükséges a működtetéséhez, vagyis automatikusan nem képes leválasztani a hibás szakaszt. [21][22]



5.6. ábra
ETM vezérlőszekrény [18]

Lényegében mondhatjuk, hogy az ETM a kábelhálózatok TMOK-ja, csak ezeket körhálózati egységekbe (RMU) szerelik. A korábban elhelyezett kapcsolóelemek távvezérelhetővé alakítása alapvetően egy utólag beszerelt motor és egy áramváltóval valósulhat meg. Régebbi állomásoknál pedig egy komplett motoros hajtásos RMU kapcsolóberendezés beépítésével oldható meg. [22]



5.7. ábra
ETM hatékonyság [11]

A fenti 5.7. ábra a beépített ETM-ek függvényében ábrázolja a SAIFI és a hatékonyság (mutató változás/beavatkozás költség) változását. Vízszintes tengelyen a költség látható, amit tulajdonképpen értelmezhetünk darabszámként is. A zölddel jelzett függvény a fajlagos SAIFI mutató javulást (10^{-6} db/MFt), míg a kék görbe a várható tényleges SAIFI mutató javulást mutatja. Látható a hatékonyság görbájén, hogy a beépített távműködtetésű telemechanika darabszámának növelésével folyamatosan

csökken, viszont jelentős SAIFI javulás, csak több telepített egység mellett lesz. Ez a két függvény egyre jobban távolodik egymástól, ahogyan növeljük a beépített ETM-ek számát. Az optimális darabszámnak, valamint az optimális beépítési helynek a meghatározása a kihívást jelentő feladat. [11]

5.5. A smart grid filozófia

Nincsen egységes vagy egyértelmű meghatározás a smart grid (intelligens hálózat) definíciójára vonatkozóan, de a hálózati engedélyesek szempontjából a következőt jelenti: „egy olyan hálózattervezési, -építési, -fejlesztési és -üzemeltetési filozófia, melynek során modern információtechnológiai megoldásokat alkalmazunk a hagyományos villamos hálózatokon a hálózat költséghatékony kihasználása, a fogyasztók és termelők magasabb szintű kiszolgálása, valamint az ellátás minőségének növelése érdekében.” [18] Míg egy másik megfogalmazás szerint egy olyan „elektromos energiahálózat, amely kétirányú kommunikációt és irányítási technológiákat, megosztott számításokat és ezekhez szükséges szenzorokat alkalmaz”. [24]

Számtalan megfogalmazás született már az évek során az intelligens hálózatok leírására, de a legtöbbnek a lényege megegyezik. Vagyis egy olyan villamosenergia hálózatot kell megvalósítani, amely költséghatékony, alacsony veszteségű és biztonságos ellátás feltételeit képes megteremteni. Amennyiben ezeket a feltételeket kielégíti a villamos hálózat az aktuális technológia lehetőségeivel, akkor az intelligensnek tekinthető.

Az intelligens hálózatok esetében mindenképpen fontos jelentősége lesz a kommunikációnak, ahol alapvetően a két irányú kommunikáció megvalósítása lenne a cél. Ennek kiépítése már a TMOK programmal elindult, ugyanis a TMOK által mért adatok elküldésre kerülnek az üzemirányító SCADA rendszerébe, ahonnan szükség esetén parancsot tudnak küldeni és működtetni a berendezést. Minőségi ugrást jelent majd a recloserek elterjedése, mert ezek már képesek egymással is kommunikálni és automatikusan diszpécseri beavatkozás nélkül működni. [24]

A smart hálózatok elterjedése minden szinten jelentkezni fog, vagyis a termelésben, elosztásban és a fogyasztásban is. Ezeknek mind szerepe lesz a smart grid jövőképeinek kialakításában. Az viszont nyitott kérdés a felhasználók mennyire lesznek a jövőben nyitottak az energia tudatos felhasználása, valamint a termelők felől az elosztott termelés és az a megújuló energiák használatának a mértéke mekkora lesz. Elosztói részről meghatározó lesz a törekvések iránya, azaz a jelenlegi technológia szint fenntartása lesz-e a cél vagy az állandó fejlődés. [25]

Az 5.3. táblázat mutatja hagyományos és a smart hálózatok közötti alapvető különbségeket. A legfontosabb különbségek a két típus között a kétirányú kommunikáció és érzékelőkön keresztül önmagát montírozó automatikus hálózat. Fontos részét képezik a fogyasztók az okos hálózatnak, akiknek lehetőségeket kell biztosítani a fogyasztásuk

állandó nyomon követésére, ezzel ösztönözve őket az energia takarékosabb és célszerűbb felhasználására.

20. századi hálózat	21. századi hálózat
Elektromechanikus	Digitális
Egyirányú kommunikáció	Kétirányú kommunikáció
Központi termelés	Elosztott termelés
Sugaras hálózat	Hurkolt hálózat
Kevés érzékelő	Számos érzékelő és monitorozó berendezés
„vakon” működik	Önmagát monitorozza
Kézi helyreállítás	Helyreállítási automatizmusok működnek
A hibáknak és kieséseknek ki van szolgáltatva	Adaptív, szigeteket képezhet
Kézi készülék ellenőrzés	Folyamatos távmonitorozás
Diszpécseri döntések szakemberek által	Döntéstámogató rendszerek segítik a diszpécsereket
Az áramlásokat nemigen befolyásolják	Aktív áramláskontroll
Korlátozott árinformációk	Teljes aktuális árinformációk
A fogyasztónak kevés a választási lehetősége	Sok fogyasztói lehetőség

5.3. táblázat
Elosztó és intelligens hálózat közötti különbségek [15]

Aktuális fejlesztési irányok

A smart grid célja, több mostanában megjelent problémák megoldása is lehetne. Kihívást jelentő probléma a hálózataink állapota, amelyek szűk keresztmetszetűek és erősen kihasználtak, nem mellesleg régiék és kellően rossz hatékonysággal üzemelnek. Ezek miatt az energia szolgáltatás minősége nem lesz sokáig fenttartható a folyamatosan növekvő igények miatt. Az sem segít a helyzeten, hogy a minimális és a maximális terhelések között egyre jobban növekszik a különbség, ezek simítása lenne célszerű. [25][15]

Jelenleg több akadálya van smart grid elterjedésének Magyarországon, amelyek megoldása sok éves folyamat eredménye lehet, éppen ezért a közel jövőben nem várható ezek térhódítása. A feladatok között szerepel olyan szabályozások megalkotása, melyek lefektetik az intelligens hálózatok alapjait a fejlesztésnek, megépítésnek és az üzemeltetésének. Probléma továbbá, hogy a jelenleg fizetett RHD díjak nem képesek a fejlesztések költségeit állni. [25]

Annak ellenére, hogy Magyarországon nem építjük céltudatosan az okos hálózatokat, mégis vannak ennek irányába mutató, okos hálózat egyes részeit előkészítő folyamatok. Az egyik legfontosabb a már sokat emlegetett TMOK és recloser programok. A recloser elterjedésével a középvezettségű hálózatok üzemzavar kezelése ténylegesen automatizálható lesz, ami bizonyosan a hálózat minőségi mutatóknak a javulásához fog vezetni. Kevesebb fogyasztó és kevesebb ideig lesz kiesve és zavartatva, ha minden automatikusan fog zajlani, vagyis a recloser a smart grid egyik fontos eleme lehet. Továbbá az országban egyre nagyobb teret nyer a decentralizált termelés, ami főleg a háztartási méretű kiserőműveknek és kiserőműveknek köszönhető. Az osztott termelés széles körben való elterjedése esetén az elosztóhálózatok kiesésénél a helyi termelés a fogyasztás kiszolgálására is képes lehet. Ehhez energiatárolók építésére is szükség van, ugyanis az időjárás függő termelők tipikusan nem akkor termelnek amikor arra szükség lenne. Az energiatárolók megvalósításának kezdetleges megoldása a manapság népszerű elektromos autók. Sajnos általában ezeket sem völgy időszakokban töltik, hanem például este, amikor a napelemek nem termelnek. Ezen feladatok megoldása jelenleg a holnap feladata. Említést érdemelnek még az okos mérők is, amelyek elkezdtek megjelenni a fogyasztóknál, ilyen lehet elektromos-, víz-, gáz-, hőmennyiség mérő. Ezekkel a fogyasztók okosítása is megkezdődött, a tudatos energia felhasználók irányába.

6. TÁVVEZÉRELTE OSZLOPKAPCSOLÓK TELEPÍTÉSI HELYÉNEK MEGHATÁROZÁSA A MEKH MUTATÓK JAVÍTÁSÁNAK ÉRDEKÉBEN

6.1. Feladat leírás

A megvalósítani kívánt célom egy 20kV-os szabadvezetékes vonal kiválasztása, megadott szempontok szerint. Majd a vizsgált középvezetékű vonal esetén meghatározni azon helyet vagy helyeket ahová oszlopkapcsolók telepítése vagy cseréje lenne célszerű, a szankcionált üzemzavari mutatók csökkentésének érdekében. Tehát a célkitűzés, hogy minél kisebb anyagi ráfordítással lehessen minél nagyobb hálózatminőségi javulást elérni. A folyamat lépései röviden pontokba szedve:

- Vonal kiválasztása üzemzavari adatok segítségével
- Táppontok meghatározása határoszlopkapcsolók segítségével
- Vonal felosztása szakaszokra
- Szakaszokhoz fogyasztók és üzemzavarok rendelése
- A kiválasztott vonal 2020 évre vetített SAIFI hatásának meghatározása
- Szakasz kiválasztás fogyasztói érintettség alapján
- Szakaszon belül az oszlopkapcsoló helyének meghatározása
- Megtakarítható SAIFI és fogyasztói szám számítása
- Beruházás értékelése

6.2. Vonal kiválasztásának módja

A középvezetékű vonal kiválasztása során az alapvető célom valamilyen feltétel szerinti lehető legrosszabb vonal megkeresése volt. A kiválasztás során a Démász területén megtalálható összesen 514 db különböző középvezetékű vonal került vizsgálatra. A vonal kiválasztás szempontját először a távvezérelhető gerincbontó oszlopkapcsolók távolságra és fogyasztókra vetítésével határoztam meg. Ez a megoldás nem bizonyult megfelelőnek, mert üzemzavari érintettség szempontjából nem, vagy csak kis mértékben voltak érintettek az eredményül kapott vonalak. Ezután a kiválasztás végül az üzemzavari események és a fogyasztók zavartatási adatainak elemzésével történt.

A kiválasztáshoz először minden vonal esetében az üzemzavarok darabszámát határoztam meg, majd az egyes üzemzavari események alkalmával érintett vonal fogyasztóit összegeztem. Minden üzemzavar esetében rendelkezésre állt az esemény kezdő és végének az időpontja. Ezek között eltelt időket meghatároztam, majd

vonalakhoz rendeltém és összegeztem őket. A zavartatott fogyasztókat megszoroztam a zavartatott idővel így kaptam meg a vonalakon az összes fogyasztó által elszenvedett zavartatások idejét órában. Az összes zavartatott óraszámot csökkenő sorrendbe állítva kaptam egy sorrendet. Az eredmény első 20 darab vonala látható a 6.1. táblázatban.

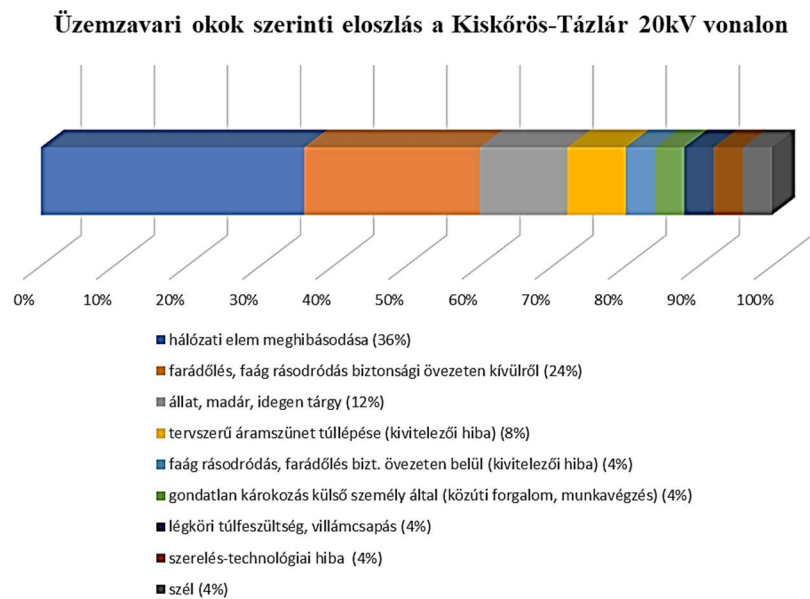
Sorszám	Vonal neve	Üzemzavarok száma	Összes fogyasztói zavartatás	Kiesett idő (óra)	Összes zavartatás (óra)
1.	Tázlár 20kV	25	106229	65,18	6 924 360
2.	Bordány 20kV	20	110307	43,95	4 847 993
3.	Akasztó 20kV	16	58648	58,60	3 436 773
4.	Csávoly 20kV	20	67415	47,50	3 202 213
5.	Kerekegyháza 20kV	14	58959	53,73	3 168 064
6.	Kertvárosi 20kV	5	29368	92,33	2 711 645
7.	Bácsbokod 20kV	18	75797	34,28	2 598 574
8.	Mindszenti 20kV	18	63784	39,47	2 517 342
9.	Méhkerék 20kV	13	53281	43,82	2 334 596
10.	Kocsér 20kV	15	31203	69,90	2 181 090
11.	Helvécia 20kV	13	39182	55,45	2 172 642
12.	Kossuth Ferenc utca 10kV	7	13963	153,68	2 145 880
13.	Kecskemét 20kV	14	50849	39,98	2 033 113
14.	Baks 20kV	13	59080	32,17	1 900 407
15.	Mezőkovácsháza 20kV	10	27436	57,85	1 587 173
16.	Kondoros 20kV	13	37401	40,05	1 497 910
17.	Tarhos 20kV	13	43191	31,10	1 343 240
18.	Lajosmizse 20kV	9	34379	38,87	1 336 197
19.	Jászszenflászló 20kV	13	31690	41,47	1 314 079
20.	Kömpöc 20kV	16	33226	39,50	1 312 427

6.1. táblázat
Vonal választás eredménye

A listát fölényesen vezeti a *Tázlár 20kV* nevű vonal, amelyet a Kiskőrösi 120/20kV alállomás táplál, tehát a továbbiakban vizsgált megnevezése:

Kiskőrös – Tázlár 20kV

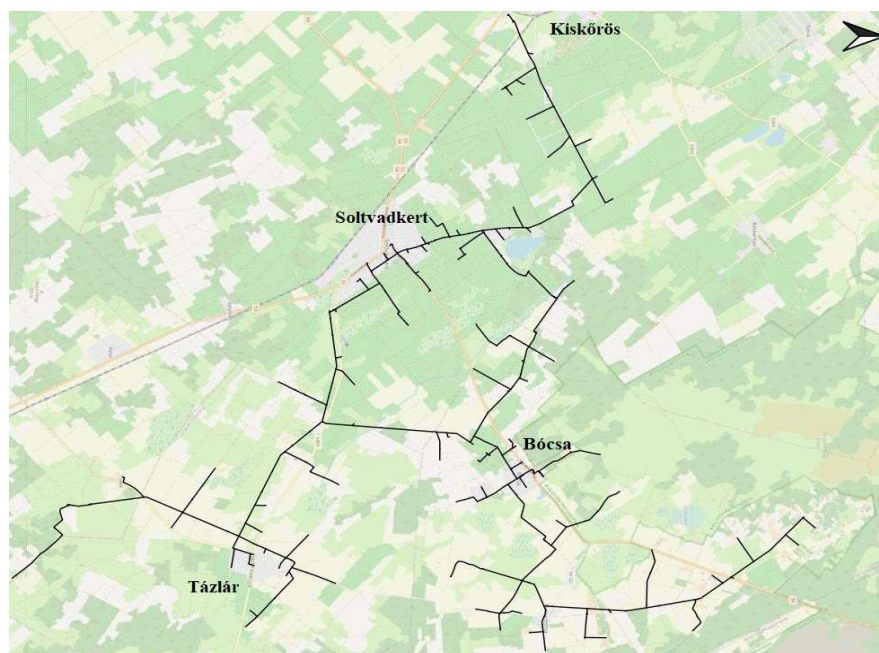
A választott vonalon a 25db üzemzavarból 2db nem rendelkezik hibahely koordinátákkal, ezért ezeket a továbbiakban nem vettem figyelembe. Az üzemzavarok okainak az eloszlását mutatja a 6.1. ábra.



6.1. ábra
Kiskőrös – Tázlár 20kV üzemzavari okok

6.3. Választott vonalak felépítése

A 6.2. ábra mutatja a valós fizikai elhelyezkedését a Kiskőrös – Tázlár 20kV vonalnak egy alaptérképen megjelenítve. A részletesebb térkép az 1. sz. mellékletben látható.



6.2. ábra
Kiskőrös – Tázlár 20kV vonal

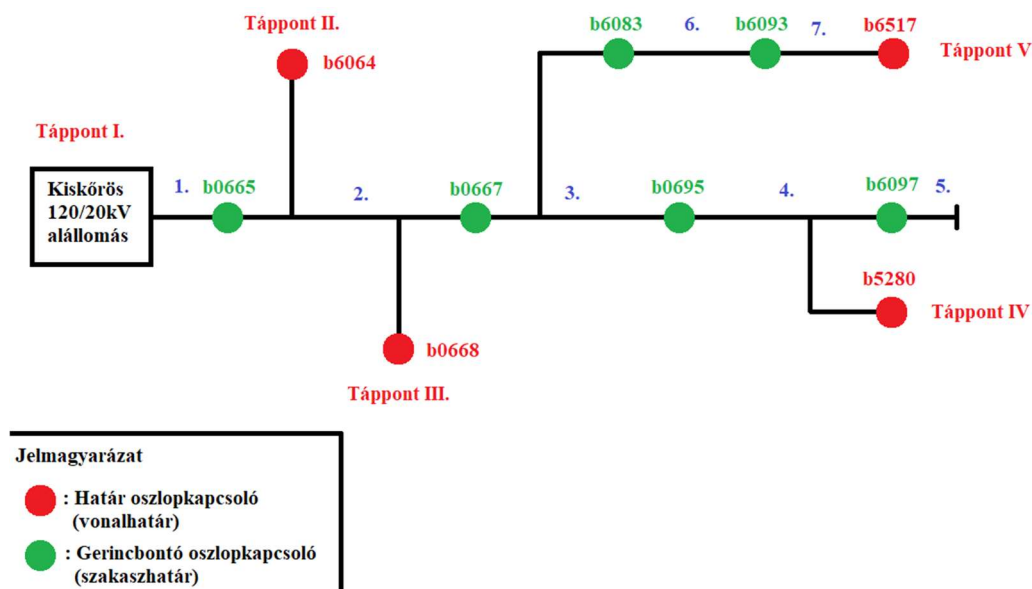
Első lépésként a vizsgált vonal esetében megkerestem a betáplálási lehetőségeket. Normál üzemi körülmények között a vonalat a Kiskőrösi 120/20kV alállomás táplálja meg. Ezen kívül, további 4 különböző helyről lehetséges meghurkolni amennyiben szükség van rá. A szomszédos vonalakkal való kapcsolatot távműködtetett oszlopkapcsolók biztosítják, amelyek érintkezői normál üzemállapotban nyitott állásban vannak.

A vonali oszlopkapcsolók lehetnek kézi, illetve távműködtetésűek. Azért fontos különbséget tenni, mert a kézi kapcsolókészülékek esetében nem biztosítható a 3 percen belüli kapcsolás, emiatt egy üzemzavar esetén az érintett fogyasztók mindenképpen negatívan befolyásolják a minimális követelmények betarthatóságát. Ezzel ellentétben a távműködtethetők esetén a továbbiakban feltételeztem, hogy 3 percen belül sikerül a hiba helyet a lehetőségekhez mérten a legkisebb helyre behatárolni. Tehát a kiválasztott vonal belüli szakasz határait a távműködtethető bontási lehetőségek fogják meghatározni.

A vizsgált vonal a távműködtethető oszlopkapcsolók számától függően feloszlik x db szakaszra, ahol:

$$x = \text{Távműködtetett gerincbontó oszlopkapcsolók száma} + 1.$$

A vizsgált esetben, $x = 6 + 1$, azaz összesen 7db szakasz kerül kialakításra. Ezt mutatja a 6.3. ábra egy egyszerűsített egyvonalas rajzon keresztül. Az egyes oszlopkapcsolók körül olvasható az egyedi azonosító számuk (bxxxx formában), továbbiakban ezek alapján hivatkozom rájuk.



6.3. ábra
Kiskőrös – Tázlár 20kV egyszerűsített vonalrajza

Ezután következett az adatok hozzárendelése az egyes szakaszokhoz (1-7). A szakaszokhoz tartozó fogyasztói adatokat, a KÖF/KIF transzformátorokhoz rendelt fogyasztói számok összegzésével kaptam meg. Összesen a Kiskőrös – Tázlár 20kV

vonalon 4270 db fogyasztó található. A szakasz hosszoknál külön meghatároztam a gerinc, illetve a teljes hosszat, ahol az összes leágazás is összegzésre került. Az üzemzavari eseményeket a teljes 2020-as év adatai alapján vizsgáltam. Csak azon üzemzavari eseményeket vettem figyelembe, amelyek nem rendkívüli, azaz nem havária esemény alatt léptek fel. A hibahelyek EOV koordinátái alapján az egyes üzemzavarokat a megfelelő szakaszokhoz rendeltem hozzá (3. sz. melléklet térképes formában tartalmazza ezen adatokat). A kapott állapotokat a 6.2. táblázat tartalmazza.

Kiskörös - Tábláz 20kV vonal szakaszai						
Sorszám	Kezdőpont	Végpont	Gerinc hossza (m)	Teljes hossz (m)	Fogyasztók száma	Üzemzavarok száma
1.	alállomás	b0665	10203,3	22573,9	1013	5
2.	b0665	b0667	4178,3	9057	1186	0
3.	b0667	b0695	6892,3	11516,7	177	1
4.	b0695	b6097	1186,5	13777	570	3
5.	b6097	vonat vég	0	6720,9	210	1
6.	b6083	b6093	6379,4	20410,2	787	2
7.	b6093	b6517	9413	27139	327	11

6.2. táblázat
Szakaszok kiinduló adatai

6.4. Optimális telepítési hely módszertana

A fejezet célja egy módszertan meghatározása, amellyel az optimális telepítési hely(ek) meghatározhatóak. Amennyiben akár egyszeres hiba is fellép a hálózaton már biztosan kell fogyasztói kieséssel számolnunk. Ennek a fogyasztói kiesésnek gazdaságilag ésszerű határok közötti csökkentése a feladat.

A telepítési hely meghatározásánál üzemeltetési szempontokat nem veszek figyelembe csupán a szakasz közöket határozom meg ahová érdemes kapcsolókészüléket telepíteni. A szakasz részekben belül az üzemvitel tudja pontosan meghatározni a készülék helyét, mert ők ismerik az üzemeltetési tényezőket, például folyó, autópálya, vasút, melyek beleszólhatnak az elhelyezésbe. A megközelíthetőség szintén fontos szempont karbantartás és esetleges kézi működtetés esetén, ami szintén nagy mértékben befolyásolja a pontos hely meghatározását.

Fogyasztói érintettség meghatározása az egyes szakaszokon érintett fogyasztók szorozva az üzemzavarok számával, majd ezek összegzésével történt. Ezt elosztva az összes fogyasztóval megkaptam összesen mekkora SAIFI növekedéssel járt a vizsgált intervallumban bekövetkezett üzemzavarok okozta kiesés. Általánosan az összefüggés a következőképpen alakul:

$$SAIFI = \frac{\sum_{x=1}^n (F_x * H_x)}{\sum_{x=1}^n F_x}$$

ahol: F az adott x szakaszon ellátott fogyasztók száma, H az adott x szakaszon fellépő üzemzavarok száma, n a szakaszok száma.

Szakasz száma	Fogyasztók száma (F_x)	Üzemzavarok száma (H_x)
1.	1013	5
2.	1186	0
3.	177	1
4.	570	3
5.	210	1
6.	787	2
7.	327	11

6.3. táblázat
SAIFI számításához szükséges adatok

Vizsgált esetben behelyettesítve a 2020-as teljes évre vizsgálva:

$$\begin{aligned}
 SAIFI_{eredeti} &= \frac{\sum_{x=1}^7 (F_x * H_x)}{\sum_{x=1}^7 F_x} = \\
 &= \frac{(F_1 * H_1) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_7 * H_7)}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7} = \\
 &= \frac{(1013 * 5) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (327 * 11)}{1013 + 1186 + 177 + 570 + 210 + 787 + 327} = \\
 &= \frac{12333}{4270} = 2,88829
 \end{aligned}$$

Ennek jelentése, hogy a vizsgált vonalon egy fogyasztó évente kb. 2,89 db, 3 percet meghaladó szolgáltatás kieséssel, vagyis üzemzavarral találkozik. Ez lesz a kiindulási érték, amihez majd a későbbiekben javasolt oszlopkapcsoló beépítések jótékony hatását viszonyítani tudom.

Szakasz száma	Üzemzavarban érintett fogyasztók (2020)
1.	5065
7.	3597
4.	1710
6.	1574
5.	210
3.	177
2.	0

6.4. táblázat
Fogyasztói érintettség csökkenő sorban

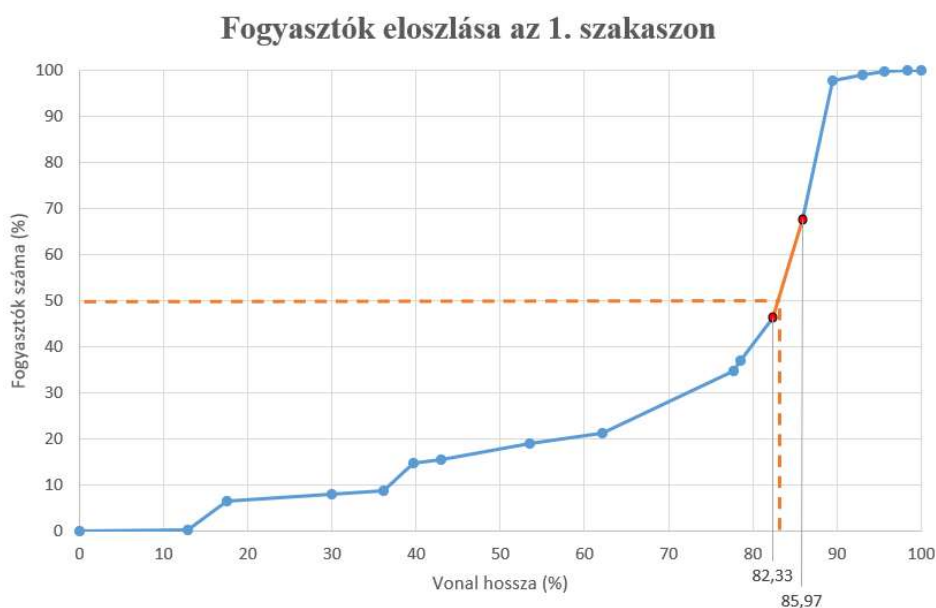
Fogyasztói érintettség alapján sorrendet állítottam fel a szakaszok között (6.4. táblázat). Ezek közül a legmagasabb érintettségű szakaszt vizsgálom tovább. Ez jelen esetben az 1. sorszámú lett (részletes térkép az 1. szakaszcól a 2.sz. mellékletben). Az

egyes leágázásokban lévő fogyasztókat koncentráltan a gerincen vettem figyelembe. Az oszlopkapcsoló telepítés helyét a fogyasztók számának a feléhez választottam, ennek meghatározására készítettem a 6.5. táblázatot. Minden egyes adatpont egy koncentrált fogyasztói csomópont jelöl a gerincen. Itt meghatároztam a szakasz egyik végpontjától a fogyasztói csomópontokig fentálló távolságokat és fogyasztói számokat, majd ezeket százalékos formába is kiszámoltam.

Távolság (m)	Fogyasztók vonal elejétől	Új fogyasztók	Táv %	Fogy %
0	0	0	0,00	0,00
1313,2	1	1	12,87	0,10
1788,3	64	63	17,53	6,32
3055,5	81	17	29,95	8,00
3686,2	88	7	36,13	8,69
4052	150	62	39,71	14,81
4379,9	156	6	42,93	15,40
5463,9	191	35	53,55	18,85
6340,3	215	24	62,14	21,22
7935,5	352	137	77,77	34,75
8012,6	374	22	78,53	36,92
8400,7	468	94	82,33	46,20
8771,4	686	218	85,97	67,72
9136	990	304	89,54	97,73
9495,6	1002	12	93,06	98,91
9752,9	1009	7	95,59	99,61
10035,2	1013	4	98,35	100,00
10203,3	1013	0	100,00	100,00

6.5. táblázat
1. szakasz fogyasztói távolságai

Az előbbi táblázat adataiból előállt a szakasz két végpontja közötti fogyasztók elhelyezkedését bemutató karakterisztika.

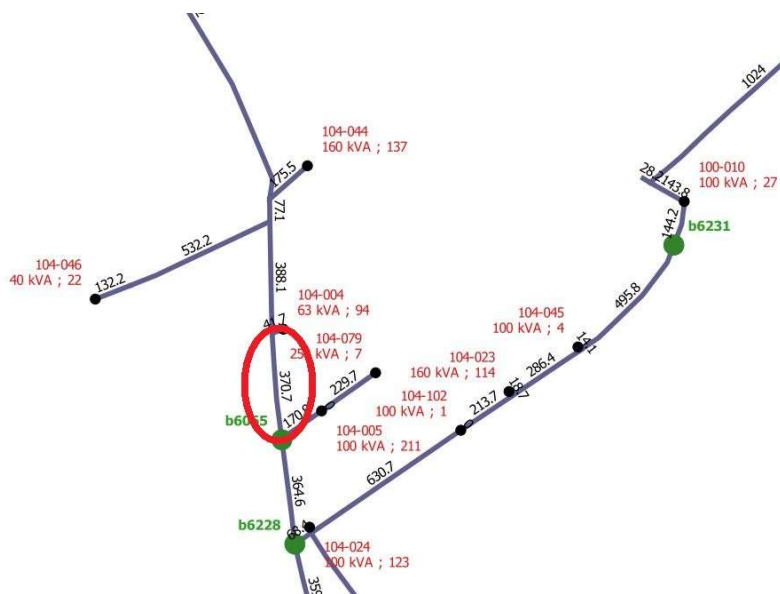


6.4. ábra
Fogyasztói eloszlás (1. szakasz)

A tengelyeken a fogyasztói számok és a vonal hossza került elhelyezésre százalékos formában. A fogyasztók feléhez húzott egyenes kimetszi azt a szakasz darabot, ahová érdemes lenne távműködtetett oszlopkapcsolót telepíteni. Az ábrából leolvasható, hogy az 1. szakasz gerincvezetékének a 82,33% és a 85,97%-nál elhelyezett koncentrált fogyasztói pontok között van ez a hely. Mivel a szakasz gerinc vezetékének hossza 10203,3 méter, ezért:

- $Min\ pont = 10203,3 * 0,8233 = 8400,38m$
- $Max\ pont = 10203,3 * 0,8597 = 8771,78m$

Ezen adatokkal és a térkép segítségével megállapítható az optimális hely (6.5. ábra).



6.5. ábra
Telepítés céljából választott szakaszrész (1.szakasz)

Ennél pontosabban nincs értelme megadni a helyet, mert a korábban már említett üzemviteli szempontok határozzák ezt meg. Előfordulhat az is, hogy a szomszédos szakasz részek valamelyikébe érdemesebb a telepítést elvégezni. Például, ha a választott részen nincs alkalmas oszlop a TMOK felszerelésére, de a szomszédos részen van egy vasoszlop, amely alkalmas lehet, ekkor érdemesebb oda tenni, minthogy egy oszlopot kicseréljünk.

Most megvizsgálom, hogy SAIFI mutatóban és fogyasztó számban mennyit tudtunk volna megmenteni, ha a javasolt beruházás a 2020-as évben már megvalósult volna. A vonal az újonnan beépített oszlopkapcsolóval most már 8 szakaszra bomlik fel. Az 1. szakasz helyett létrejött szakaszokat **1.1.** és **1.2.** nevezem el. Az új kialakult állapotot a 6.6. táblázat mutatja.

Szakasz száma	Fogyasztók száma (F _x)	Üzemzavarok száma (H _x)
1.1	486	1
1.2	527	4
2.	1186	0
3.	177	1
4.	570	3
5.	210	1
6.	787	2
7.	327	11

6.6. táblázat
Javasolt eset SAIFI számításhoz szükséges adatok (1.szakasz)

$$\begin{aligned}
 SAIFI_{javasolt1} &= \frac{\sum_{x=1}^8 (F_x * H_x)}{\sum_{x=1}^8 F_x} = \\
 &= \frac{(F_{1.1.} * H_{1.1.}) + (F_{1.2.} * H_{1.2.}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_7 * H_7)}{F_{1.1.} + F_{1.2.} + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7} = \\
 &= \frac{(486 * 1) + (527 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (327 * 11)}{486 + 527 + 1186 + 177 + 570 + 210 + 787 + 327} = \\
 &= \frac{9862}{4270} = \mathbf{2,3096}
 \end{aligned}$$

Tehát a SAIFI javulás értéke:

$$SAIFI_{javulás1} = SAIFI_{eredeti} - SAIFI_{javasolt1} = 2,88829 - 2,3096 = 0,57869$$

$$SAIFI \%_{javulás1} = \frac{SAIFI_{javulás1}}{SAIFI_{eredeti}} * 100 = \frac{0,57869}{2,88829} * 100 = 20,04\%$$

Megmenthető fogyasztók a következők szerint alakulnak:

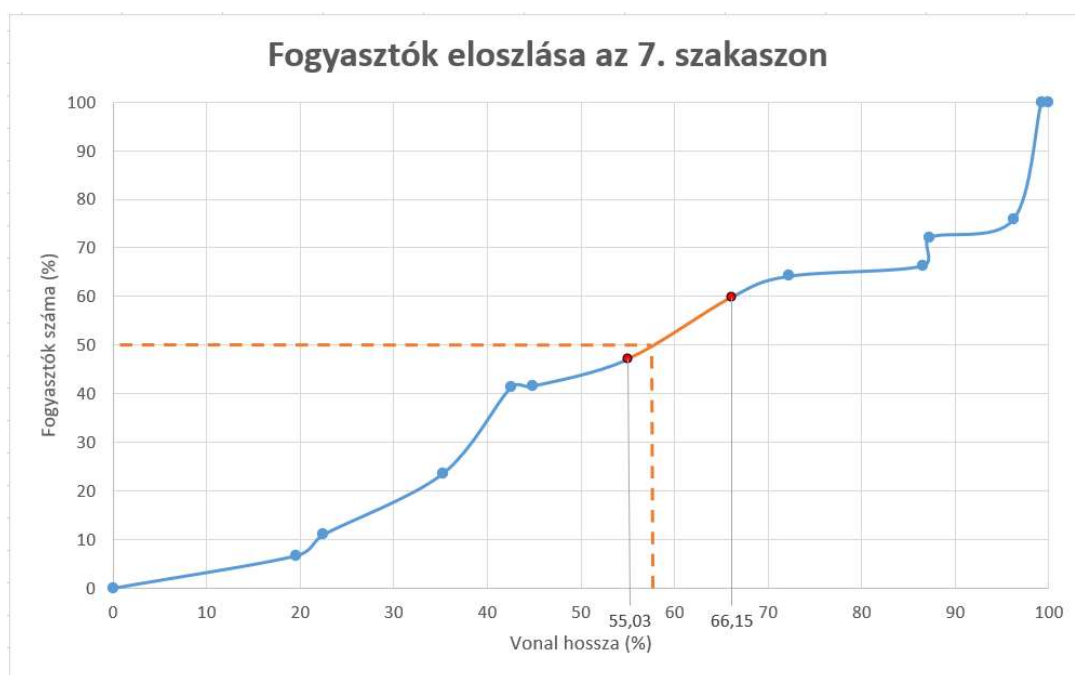
$$F_{ment1} = F_{1.1} * H_{1.2} + F_{1.2} * H_{1.1} = 486 * 4 + 527 * 1 = \mathbf{2471 \text{ db fogyasztó}}$$

Ez az egy beruházás több mint 20%-os javulást okozott volna az üzemzavari mutatóba, valamint a zavartatott fogyasztók számába. Az eredmények tekintetében a beruházás megvalósítása ajánlott.

Összehasonlításképpen a 7. szakaszt is megvizsgálom. Ez a leghosszabb szakasz a sok és hosszú leágazások miatt, illetve a legtöbb üzemzavar is itt történt (6.2. táblázat). A vizsgálat eredményeit az eredeti állapothoz képest viszonyítottam.

Távolság (m)	Fogyasztók vonal elejétől	Új fogyasztók	Táv %	Fogy %
0	0	0	0,00	0,00
1837	22	22	19,62	6,73
2104,1	36	14	22,47	11,01
3297,6	77	41	35,21	23,55
3980,4	135	58	42,50	41,28
4201	136	1	44,86	41,59
5153,1	154	18	55,03	47,09
6194,6	196	42	66,15	59,94
6766,3	210	14	72,25	64,22
8107,6	217	7	86,57	66,36
8173,1	236	19	87,27	72,17
9012	248	12	96,23	75,84
9294,2	327	79	99,25	100,00
9364,9	327	0	100,00	100,00

6.7. táblázat
7.szakasz fogyasztók távolságai

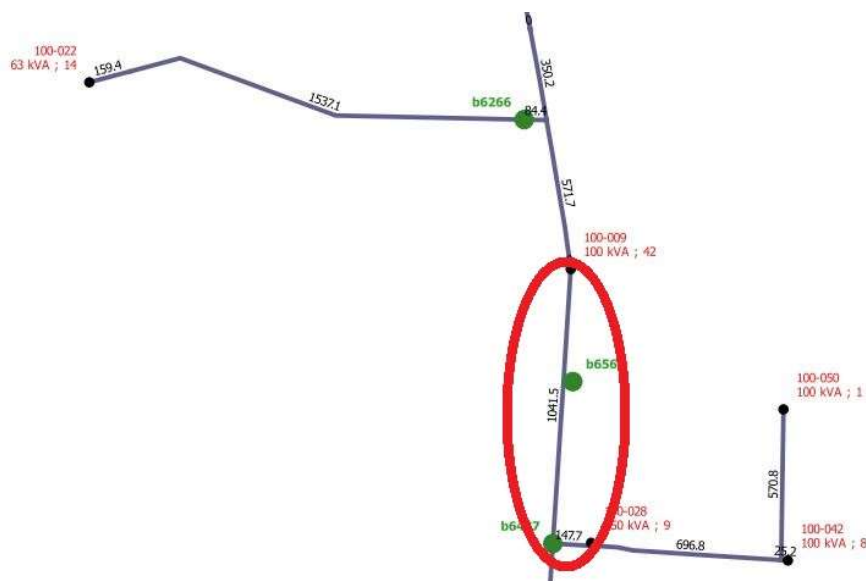


6.6. ábra
Fogyasztói eloszlás (7. szakasz)

Az 6.6. ábra-ból leolvasható, hogy az 7. szakasz gerincvezetékének a 55,03% és a 66,15%-nál elhelyezett koncentrált fogyasztói pontok között van az optimális hely. Mivel a szakasz gerinc vezetékének hossza 9364,9 méter, ezért:

- $Min\ pont = 9364,9 \cdot 0,5503 = 5153,5m$
- $Max\ pont = 9364,9 \cdot 0,6615 = 6194,9m$

Ezen adatokkal és a térkép segítségével megállapítható az optimális hely (6.7. ábra).



6.7. ábra
Választott szakaszrész telepítés céljából (7.szakasz)

A SAIFI mutatóban és fogyasztó számban történő megtakarítás számolása következzen. A vonal az újonnan beépített oszlopkapcsolóval most is 8 szakaszra tagolódik fel. Az 7. szakasz helyett létrejött szakaszokat **7.1.** és **7.2.** nevezem el. Az új kialakult állapotot 6.8. táblázat mutatja.

Szakasz száma	Fogyasztók száma (Fx)	Üzemzavarok száma (Hx)
1.	1013	5
2.	1186	0
3.	177	1
4.	570	3
5.	210	1
6.	787	2
7.1.	154	6
7.2.	173	5

6.8. táblázat
Javasolt eset SAIFI számításhoz az adatok (7.szakasz)

$$\begin{aligned}
 SAIFI_{javasolt7} &= \frac{\sum_{x=1}^8 (F_x * H_x)}{\sum_{x=1}^8 F_x} = \\
 &= \frac{(F_1 * H_1) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_{7.1} * H_{7.1}) + (F_{7.2} * H_{7.2})}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_{7.1} + F_{7.2}} = \\
 &= \frac{(1013 * 5) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (154 * 6) + (173 * 5)}{1013 + 1186 + 177 + 570 + 210 + 787 + 154 + 173} = \\
 &= \frac{10525}{4270} = \mathbf{2,4649}
 \end{aligned}$$

Tehát a SAIFI javulás értéke:

$$SAIFI_{javulás7} = SAIFI_{eredeti} - SAIFI_{javasolt7} = 2,88829 - 2,4649 = 0,42339$$

$$SAIFI \%_{javulás7} = \frac{SAIFI_{javulás7}}{SAIFI_{eredeti}} * 100 = \frac{0,42339}{2,88829} * 100 = 14,66\%$$

Megmenthető fogyasztók:

$$F_{ment7} = F_{7.1} * H_{7.2} + F_{7.2} * H_{7.1} = 154 * 5 + 173 * 6 = \mathbf{1808 \text{ db fogyasztó}}$$

Ez a beruházás 14,66%-os javulást okozott volna a SAIFI üzemzavari mutatóba, valamint a zavartatott fogyasztók számába.

A két beruházás összehasonlítását a 6.9. táblázat tartalmazza. Az eredmények természetesen igazolják, hogy TMOK helyének választásakor nem elég csak az üzemzavarokat és szakasz hosszokat figyelembe venni, hanem a szakaszon lévő fogyasztók számával a fogyasztói érintettséget kell meghatározni.

Szakasz száma	SAIFI javulás	Megmentett fogyasztó	Százalékos javulás
1.	0,57869	2471	20,04
7.	0,42339	1808	14,66

6.9. táblázat
Javaslatok összehasonlítása

6.5. Optimális darabszám módszertana

Következzen a távműködtethető oszlopkapcsolók **optimális darabszámának** a meghatározása a vizsgált vonalon. A korábbi állításom értelmében, miszerint mindig a legnagyobb fogyasztói érintettséggel bíró szakaszt osztom tovább két újabb szakaszra továbbra is követtem. Onnan indultam ki, hogy a korábban kiszámolt 1. és 7. szakaszra javasolt beruházásokat végrehajtottam. Ezután további három helyen hajtottam végre a TMOK elhelyezését, így összesen öt beavatkozás történt a teljes vonalon. Az öt telepítés utáni állapotot a 6.10. táblázat mutatja.

Kiinduló állapot:

Szakasz száma	Fogyasztók száma (Fx)	Üzemzavarok száma (Hx)	Üzemzavarban érintett fogyasztók (2020)
1.	1013	5	5065
7.	327	11	3597
4.	570	3	1710
6.	787	2	1574
5.	210	1	210
3.	177	1	177
2.	1186	0	0

Új TMOK (db)	Beavatkozás	SAIFI _x	SAIFI javulásx	össz. SAIFI javulásx	Fogyasztói érintettségx	Megmentett új fogyasztóxx	Hatékonyságx
0	kiinduló állapot	2,888290398	-	0	12333	0	-

$$\begin{aligned} SAIFI_0 &= \frac{\sum_{x=1}^7 (F_x * H_x)}{\sum_{x=1}^7 F_x} = \\ &= \frac{(F_1 * H_1) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_7 * H_7)}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7} = \\ &= \frac{(1013 * 5) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (327 * 11)}{1013 + 1186 + 177 + 570 + 210 + 787 + 327} = \\ &= \frac{12333}{4270} = 2,888290398 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fogyasztói \text{ érintettség}_0 &= (F_1 * H_1) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + \\ &+ (F_6 * H_6) + (F_7 * H_7) = (1013 * 5) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + \\ &+ (787 * 2) + (327 * 11) = 12333 \text{ db} \end{aligned}$$

Első szakasz bontása utáni állapot:

Szakasz száma	Fogyasztók száma (Fx)	Üzemzavarok száma (Hx)	Üzemzavarban érintett fogyasztók (2020)
7.	327	11	3597
1.2.	527	4	2108
4.	570	3	1710
6.	787	2	1574
1.1.	486	1	486
5.	210	1	210
3.	177	1	177
2.	1186	0	0

Új TMOK (db)	Beavatkozás	SAIFI _x	SAIFI javulásx	össz. SAIFI javulásx	Fogyasztói érintettségx	Megmentett új fogyasztóxx	Hatékonyságx
0	kiinduló állapot	2,888290398	-	0	12333	0	-
1	1. szakasz bontása	2,309601874	0,578688525	0,578688525	9862	2471	0,578688525

$$\begin{aligned} SAIFI_1 &= \\ &= \frac{(F_{1.1.} * H_{1.1.}) + (F_{1.2.} * H_{1.2.}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_7 * H_7)}{F_{1.1.} + F_{1.2.} + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7} = \\ &= \frac{(486 * 1) + (527 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (327 * 11)}{486 + 527 + 1186 + 177 + 570 + 210 + 787 + 327} = \\ &= \frac{9862}{4270} = 2,309601874 \end{aligned}$$

$$SAIFI_{javulás1} = SAIFI_0 - SAIFI_1 = 2,888290398 - 2,309601874 = \mathbf{0,578688525}$$

$$SAIFI_{javulás1}^{össz} = SAIFI_{javulás0}^{össz} + SAIFI_{javulás1} = 0 + 0,578688525 = \mathbf{0,578688525}$$

$$Fogyasztói érintettség_1 = (F_{1.1.} * H_{1.1.}) + (F_{1.2.} * H_{1.2.}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_7 * H_7) = (486 * 1) + (527 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (327 * 11) = 9862 \text{ db}$$

$$\begin{aligned} \text{Új megmentett fogyasztók}_1 &= \text{Fogyasztói érintettség}_0 - \text{Fogyasztói érintettség}_1 = \\ &= 12333 - 9862 = 2471 \text{ db} \end{aligned}$$

$$\text{Hatékonyság}_1 = \frac{SAIFI_{javulás1}^{össz}}{TMOK \text{ száma}} = \frac{0,578688525}{1} = 0,578688525$$

Hetedik szakasz bontása utáni állapot:

Szakasz száma	Fogyasztók száma (Fx)	Üzemzavarok száma (Hx)	Üzemzavarban érintett fogyasztók (2020)
1.2.	527	4	2108
4.	570	3	1710
6.	787	2	1574
7.1.	154	6	924
7.2.	173	5	865
1.1.	486	1	486
5.	210	1	210
3.	177	1	177
2.	1186	0	0

Új TMOK (db)	Beavatkozás	SAIFLx	SAIFI javulásx	össz. SAIFI javulásx	Fogyasztói érintettségx	Megmentett új fogyasztókx	Hatékonyságx
0	kiinduló állapot	2,888290398	-	0	12333	0	-
1	1.szakasz bontása	2,309601874	0,578688525	0,578688525	9862	2471	0,578688525
2	7.szakasz bontása	1,88618267	0,423419204	1,002107728	8054	1808	0,501053864

$$\begin{aligned} SAIFI_7 &= \\ &= \frac{(F_{1.1.} * H_{1.1.}) + (F_{1.2.} * H_{1.2.}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_{7.1} * H_{7.1}) + (F_{7.2} * H_{7.2})}{F_{1.1.} + F_{1.2.} + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_{7.1} + F_{7.2}} = \\ &= \frac{(486 * 1) + (527 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (154 * 6) + (173 * 5)}{486 + 527 + 1186 + 177 + 570 + 210 + 787 + 154 + 173} = \frac{8054}{4270} = \\ &= \mathbf{1,88618267} \end{aligned}$$

$$SAIFI_{javulás7} = SAIFI_1 - SAIFI_7 = 2,309601874 - 1,88618267 = \mathbf{0,423419204}$$

$$SAIFI_{javulás7}^{\text{össz}} = SAIFI_{javulás1}^{\text{össz}} + SAIFI_{javulás7} = 0,578688525 + 0,423419204 = \mathbf{1,002107728}$$

$$Fogyasztói\ érintettség_7 = (F_{1.1} * H_{1.1}) + (F_{1.2} * H_{1.2}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_{7.1} * H_{7.1}) + (F_{7.2} * H_{7.2}) = (486 * 1) + (527 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (154 * 6) + (173 * 5) = 8054\ db$$

$$Új\ megmentett\ fogyasztók_7 = Fogyasztói\ érintettség_1 - Fogyasztói\ érintettség_7 = 9862 - 8054 = 1808\ db$$

$$Hatékonyság_7 = \frac{SAIFI_{javulás7}^{\text{össz}}}{TMOK\ száma} = \frac{1,002107728}{2} = 0,501053864$$

1.2. szakasz bontása utáni állapot:

Szakasz száma	Fogyasztók száma (Fx)	Üzemzavarok száma (Hx)	Üzemzavarban érintett fogyasztók (2020)
4.	570	3	1710
6.	787	2	1574
1.2.2.	309	4	1236
7.1.	154	6	924
7.2.	173	5	865
1.1.	486	1	486
5.	210	1	210
3.	177	1	177
1.2.1.	218	0	0
2.	1186	0	0

Új TMOK (db)	Beavatkozás	SAIFI _x	SAIFI javulás _x	össz. SAIFI javulás _x	Fogyasztói érintettség _x	Megmentett új fogyasztók _x	Hatékonyság _x
0	kiinduló állapot	2,888290398	-	0	12333	0	-
1	1. szakasz bontása	2,309601874	0,578688525	0,578688525	9862	2471	0,578688525
2	7. szakasz bontása	1,88618267	0,423419204	1,002107728	8054	1808	0,501053864
3	1.2. szakasz bontása	1,681967213	0,204215457	1,206323185	7182	872	0,402107728

$$SAIFI_{1.2} = \frac{(F_{1.1} * H_{1.1}) + (F_{1.2.1} * H_{1.2.1}) + (F_{1.2.2} * H_{1.2.2}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_{7.1} * H_{7.1}) + (F_{7.2} * H_{7.2})}{F_{1.1} + F_{1.2.1} + F_{1.2.2} + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_{7.1} + F_{7.2}} = \frac{(486 * 1) + (218 * 0) + (309 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (154 * 6) + (173 * 5)}{486 + 218 + 309 + 1186 + 177 + 570 + 210 + 787 + 154 + 173} = \frac{7182}{4270} = \mathbf{1,681967213}$$

$$SAIFI_{javulás1.2} = SAIFI_7 - SAIFI_{1.2} = 1,88618267 - 1,681967213 = \mathbf{0,204215457}$$

$$SAIFI_{javulás1.2}^{\text{össz}} = SAIFI_{javulás7}^{\text{össz}} + SAIFI_{javulás1.2} = 1,002107728 + 0,204215457 = \mathbf{1,206323185}$$

$$\text{Fogyasztói érintettség}_{1.2} = (F_{1.1.} * H_{1.1.}) + (F_{1.2.1.} * H_{1.2.1.}) + (F_{1.2.2.} * H_{1.2.2.}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_4 * H_4) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_{7.1.} * H_{7.1.}) + (F_{7.2.} * H_{7.2.}) = (486 * 1) + (218 * 0) + (309 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (570 * 3) + (210 * 1) + (787 * 2) + (154 * 6) + (173 * 5) = 7182 \text{ db}$$

$$\begin{aligned} \text{Új megmentett fogyasztók}_{1.2} &= \text{Fogyasztói érintettség}_7 - \text{Fogyasztói érintettség}_{1.2} = \\ &= 8054 - 7182 = 872 \text{ db} \end{aligned}$$

$$\text{Hatékonyság}_{1.2} = \frac{\text{SAIFI}_{\text{javulás1.2}}^{\text{össz}}}{\text{TMOK száma}} = \frac{1,206323185}{3} = 0,402107728$$

Negyedik szakasz bontása utáni állapot:

Szakasz száma	Fogyasztók száma (Fx)	Üzemzavarok száma (Hx)	Üzemzavarban érintett fogyasztók (2020)
6.	787	2	1574
1.2.2.	309	4	1236
7.1.	154	6	924
7.2.	173	5	865
4.2.	528	1	528
1.1.	486	1	486
5.	210	1	210
3.	177	1	177
4.1.	42	2	84
1.2.1.	218	0	0
2.	1186	0	0

Új TMOK (db)	Beavatkozás	SAIFIx	SAIFI javulásx	össz. SAIFI javulásx	Fogyasztói érintettségx	Megmentett új fogyasztóxx	Hatékonyságx
0	kiinduló állapot	2,888290398	-	0	12333	0	-
1	1.szakasz bontása	2,309601874	0,578688525	0,578688525	9862	2471	0,578688525
2	7.szakasz bontása	1,88618267	0,423419204	1,002107728	8054	1808	0,501053864
3	1.2.szakasz bontása	1,681967213	0,204215457	1,206323185	7182	872	0,402107728
4	4.szakasz bontása	1,424824356	0,257142857	1,463466042	6084	1098	0,365866511

$$\begin{aligned} \text{SAIFI}_4 &= \frac{(F_{1.1.} * H_{1.1.}) + (F_{1.2.1.} * H_{1.2.1.}) + (F_{1.2.2.} * H_{1.2.2.}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_{4.1.} * H_{4.1.}) + (F_{4.2.} * H_{4.2.}) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_{7.1.} * H_{7.1.}) + (F_{7.2.} * H_{7.2.})}{F_{1.1.} + F_{1.2.1.} + F_{1.2.2.} + F_2 + F_3 + F_{4.1.} + F_{4.2.} + F_5 + F_6 + F_{7.1.} + F_{7.2.}} = \\ &= \frac{(486 * 1) + (218 * 0) + (309 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (42 * 2) + (528 * 1) + (210 * 1) + (787 * 2) + (154 * 6) + (173 * 5)}{486 + 218 + 309 + 1186 + 177 + 42 + 528 + 210 + 787 + 154 + 173} = \\ &= \frac{6084}{4270} = 1,424824356 \end{aligned}$$

$$\text{SAIFI}_{\text{javulás4}} = \text{SAIFI}_{1.2} - \text{SAIFI}_4 = 1,681967213 - 1,424824356 = 0,257142857$$

$$\text{SAIFI}_{\text{javulás4}}^{\text{össz}} = \text{SAIFI}_{\text{javulás1.2}}^{\text{össz}} + \text{SAIFI}_{\text{javulás4}} = 1,206323185 + 0,257142857 = 1,463466042$$

$$\text{Fogyasztói érintettség}_{1.2} = (F_{1.1.} * H_{1.1.}) + (F_{1.2.1.} * H_{1.2.1.}) + (F_{1.2.2.} * H_{1.2.2.}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_{4.1.} * H_{4.1.}) + (F_{4.2.} * H_{4.2.}) + (F_5 * H_5) + (F_6 * H_6) + (F_{7.1.} * H_{7.1.}) + (F_{7.2.} * H_{7.2.}) =$$

$$(486 * 1) + (218 * 0) + (309 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (42 * 2) + (528 * 1) + (210 * 1) + (787 * 2) + (154 * 6) + (173 * 5) = 6084 \text{ db}$$

$$\begin{aligned} \text{Új megmentett fogyasztók}_4 &= \text{Fogyasztói érintettség}_{1,2} - \text{Fogyasztói érintettség}_4 = \\ &= 7182 - 6084 = 1098 \text{ db} \end{aligned}$$

$$\text{Hatékonyság}_4 = \frac{\text{SAIFI}_{\text{javulás4}}^{\text{össz}}}{\text{TMOK száma}} = \frac{1,463466042}{4} = 0,365866511$$

Hatodik szakasz bontása utáni állapot:

Szakasz száma	Fogyasztók száma (Fx)	Üzemzavarok száma (Hx)	Üzemzavarban érintett fogyasztók (2020)
1.2.2.	309	4	1236
7.1.	154	6	924
7.2.	173	5	865
4.2.	528	1	528
1.1.	486	1	486
6.2.	478	1	478
6.1.	309	1	309
5.	210	1	210
3.	177	1	177
4.1.	42	2	84
1.2.1.	218	0	0
2.	1186	0	0

Új TMOK (db)	Beavatkozás	SAIFIx	SAIFI javulásx	össz. SAIFI javulásx	Fogyasztói érintettségx	Megmentett új fogyasztókx	Hatékonyságx
0	kiinduló állapot	2,888290398	-	0	12333	0	-
1	1. szakasz bontása	2,309601874	0,578688525	0,578688525	9862	2471	0,578688525
2	7. szakasz bontása	1,88618267	0,423419204	1,002107728	8054	1808	0,501053864
3	1.2. szakasz bontása	1,681967213	0,204215457	1,206323185	7182	872	0,402107728
4	4. szakasz bontása	1,424824356	0,257142857	1,463466042	6084	1098	0,365866511
5	6. szakasz bontása	1,240515222	0,184309133	1,647775176	5297	787	0,329555035

$$\begin{aligned} \text{SAIFI}_6 &= \\ &= \frac{(F_{1,1} * H_{1,1}) + (F_{1,2,1} * H_{1,2,1}) + (F_{1,2,2} * H_{1,2,2}) + (F_2 * H_2) + (F_3 * H_3) + (F_{4,1} * H_{4,1}) + (F_{4,2} * H_{4,2}) + (F_5 * H_5) + (F_{6,1} * H_{6,1}) + (F_{6,2} * H_{6,2}) + (F_{7,1} * H_{7,1}) + (F_{7,2} * H_{7,2})}{F_{1,1} + F_{1,2,1} + F_{1,2,2} + F_2 + F_3 + F_{4,1} + F_{4,2} + F_5 + F_{6,1} + F_{6,2} + F_{7,1} + F_{7,2}} = \\ &= \frac{(486 * 1) + (218 * 0) + (309 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (42 * 2) + (528 * 1) + (210 * 1) + (309 * 1) + (478 * 1) + (154 * 6) + (173 * 5)}{486 + 218 + 309 + 1186 + 177 + 42 + 528 + 210 + 309 + 478 + 154 + 173} = \frac{5297}{4270} = \\ &= 1,240515222 \end{aligned}$$

$$\text{SAIFI}_{\text{javulás6}} = \text{SAIFI}_4 - \text{SAIFI}_6 = 1,424824356 - 1,240515222 = 0,184309133$$

$$\text{SAIFI}_{\text{javulás6}}^{\text{össz}} = \text{SAIFI}_{\text{javulás4}}^{\text{össz}} + \text{SAIFI}_{\text{javulás6}} = 1,463466042 + 0,184309133 = 1,647775176$$

$$\begin{aligned} \text{Fogyasztói érintettség}_6 &= (F_{1,1} * H_{1,1}) + (F_{1,2,1} * H_{1,2,1}) + (F_{1,2,2} * H_{1,2,2}) + (F_2 * H_2) + \\ &+ (F_3 * H_3) + (F_{4,1} * H_{4,1}) + (F_{4,2} * H_{4,2}) + (F_5 * H_5) + (F_{6,1} * H_{6,1}) + (F_{6,2} * H_{6,2}) + (F_{7,1} * H_{7,1}) + \end{aligned}$$

$$(F_{7.2.} * H_{7.2.}) = (486 * 1) + (218 * 0) + (309 * 4) + (1186 * 0) + (177 * 1) + (42 * 2) + (528 * 1) + (210 * 1) + (309 * 1) + (478 * 1) + (154 * 6) + (173 * 5) = 5297 \text{ db}$$

$$\begin{aligned} \text{Új megmentett fogyasztók}_6 &= \text{Fogyasztói érintettség}_4 - \text{Fogyasztói érintettség}_6 = \\ &= 6084 - 5297 = 787 \text{ db} \end{aligned}$$

$$\text{Hatékonyság}_6 = \frac{\text{SAIFI}_{\text{javulás}_6}^{\text{össz}}}{\text{TMOK száma}} = \frac{1,647775176}{5} = 0,329555035$$

Az öt db TMOK behelyezését követően a 6.10. táblázat szerinti állapot áll fent.

Szakasz száma	Fogyasztók száma (Fx)	Üzemzavarok száma (Hx)	Üzemzavarban érintett fogyasztók (2020)
1.2.2.	309	4	1236
7.1.	154	6	924
7.2.	173	5	865
4.2.	528	1	528
1.1.	486	1	486
6.2.	478	1	478
6.1.	309	1	309
5.	210	1	210
3.	177	1	177
4.1.	42	2	84
1.2.1.	218	0	0
2.	1186	0	0

6.10. táblázat
Öt szakasz bontás utáni állapot

A 6.11. táblázatban láthatóak az egyes beruházások utáni SAIFI, fogyasztói és hatékonysági értékek.

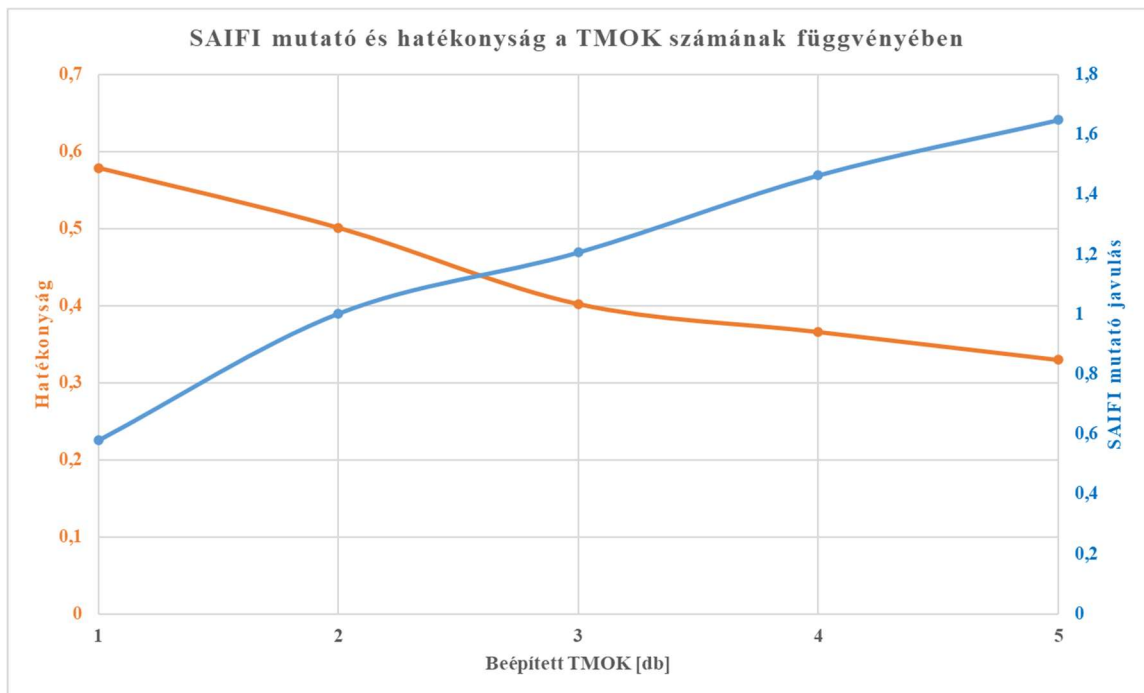
Új TMOK (db)	Beavatkozás	SAIFI _x	SAIFI javulás _x	össz. SAIFI javulás _x	Fogyasztói érintettség _x	Megmentett új fogyasztók _x	Hatékonyság _x
0	kiinduló állapot	2,888290398	-	0	12333	0	-
1	1.szakasz bontása	2,309601874	0,578688525	0,578688525	9862	2471	0,578688525
2	7.szakasz bontása	1,88618267	0,423419204	1,002107728	8054	1808	0,501053864
3	1.2.szakasz bontása	1,681967213	0,204215457	1,206323185	7182	872	0,402107728
4	4.szakasz bontása	1,424824356	0,257142857	1,463466042	6084	1098	0,365866511
5	6.szakasz bontása	1,240515222	0,184309133	1,647775176	5297	787	0,329555035

6.11. táblázat
Beruházások utáni adatok

A 6.8. ábra ábrázoltam a SAIFI mutató javulását és a hatékonyság csökkenését a beépített oszlopkapcsolók számának függvényében. A vízszintes tengelyen ábrázoltan a beépített TMOK számot, amit értelmezhetnénk telepítési költségként is, ez egy darab esetén nagyságrendileg 4,5 millió Ft-ra adódik. Az ábrából látszik, hogy egyértelműen nem lehet megmondani a telepítésre érdemes, gazdaságos TMOK számot, mert a SAIFI javulás folyamatos és elosztói engedélyesnek kell meghatározni, mennyit ér meg az adott

üzemzavari mutatóbeli javulás, ezt hívatott szemléltetni a hatékonyság görbéje. A hatékonyságot a következők szerint számoltam:

$$\text{Hatékonyság} = \frac{SAIFI_{\text{össz javulás}}}{\text{új TMOK száma}}$$



6.8. ábra
SAIFI és hatékonyság alakulása

Az bizonyosan látszik az eredményekből, hogy lényegesebb SAIFI mutató javulást, csak több TMOK beépítése esetén tudunk elérni, viszont ekkor a hatékonyság nagymértékben csökken, ugyanis a hatékonyság is jelentősen függ a telepített egységek számától. Összegezve tehát elmondható, hogy a telepíteni érdemes TMOK számot, a minőségi mutatóbeli javulás célértéke adja meg, de figyelembe kell venni, hogy a hatékonyság minden egyes beépített darabbal csökkenni fog. Ez azt jelenti, hogy egy beépített berendezés után újra kell vizsgálni a vonal kiválasztását (a 6.2 fejezetben leírtak szerint), mert az új kialakult helyzetben már lehet, hogy egy másik vonalon az adott beruházással nagyobb fajlagos hálózat minőség mutatóbeli javulást lehetne elérni.

7. ÖSSZEFOGLALÓ

A szakdolgozatom kutatási területét a villamosenergia-rendszeren belül a középfeszültségű szabadvezetékes hálózatokra fókuszálva jelöltem ki. A kiválasztás oka, hogy a szabadvezetékek üzemzavari érintettség szempontjából prioritást élveznek a földkábelekkel szemben, mert országos szinten a szabadvezetékek nyomvonalhossza sokkal kiterjedtebb a kábelekhez viszonyítva, kb. 80%-20%. Nem mellesleg a légvezetékek kitettebb a környezet hatásainak, emiatt több üzemzavar is történik ezeken. A középfeszültség pedig előnyt élvez a kisfeszültséggel szemben, mert magasabb feszültség szinten több fogyasztói kieséssel jár egy-egy üzemzavari esemény. Fogyasztói kiesés szempontból a nagyfeszültség kisebb kockázatot hordoz magával, mert ott az n-1 elv már teljesül, viszont alacsonyabb feszültség szinten ez nem igaz.

A továbbiakban a hálózatokon előforduló üzemzavarok feltérképezésére és ezek hatásainak lehetséges csökkentési módjaira koncentráltam. Mindezek előtt viszont szükséges volt ismertetnem a magyarországi hierarchikus villamos energia hálózatának a felépítését, feszültség szintjeit és azok topológiai kialakításait. A rendszer szereplőinek és szabályozó hatáságának megismerése, valamint az elosztói engedélyesek irányába megkövetelt minimális és elvárt követelmények bemutatására azért volt szükség, hogy láthassuk miért nem csak egy kiépített hálózat fenntartása a cél, hanem a folyamatos fejlődés és az innováció.

A dolgozatom témájának megalapozása után, rátértem az üzemzavarok közelebbi vizsgálatára. Megvizsgáltam milyen jellegű hiba okok merülhetnek fel és ezen üzembiztonságot veszélyeztető hatások milyen műszaki jellegű problémákat okoznak. Bemutatásuk után egyértelművé vált, miért nincs egyszerű dolguk az elosztói engedélyeseknek amikor az előírások és elvárások szerinti villamosenergia szolgáltatás betartása a feladatuk. Ennek elősegítésére összegeztem olyan lehetséges megoldásokat, melyek nem csak a hibák kezelésére, hanem azok megelőzésére is alkalmasak.

Középfeszültségen fellépő üzemzavar észlelése utáni feladat a hibahely minél pontosabb behatárolása a rendelkezésre álló távvezérelhető hálózat bontási lehetőségekkel. A bontási opciók számbavétele után, megvizsgáltam, milyen módszerekkel és milyen üzemirányítói logikával dolgoznak a DSO diszpécerei. Ennek keretében ismertettem a felezéses és próbakapcsolás, valamint földzártos üzem melletti hibahely behatárolást.

A villamos energia-ellátást jellemző minőségi mutatók javításának néhány lehetséges módját gyűjtöttem össze és vizsgáltam meg. Ezek között szerepelt a zárlatjelzők elhelyezése, az intelligens hálózatok filozófiája, illetve a távműködtethető oszlopkapcsolók vagy recloserek számának sűrítése a KÖF vonalak gerinc vezetékein. A távvezérelt bontási pontok sűrítésének lehetőségeit tűztam ki a további vizsgálataim céljául.

A KÖF vonal kiválasztásnál meghatároztam az összes vonalon az összes fogyasztó által tapasztalt zavartatások idejét. Az eredményt csökkenő sorba állítva kiválasztottam a legnagyobb zavartatással rendelkező vonalat és a továbbiakban ezen keresztül alakítottam ki egy módszertant, aminek a mintájára ki lehet választani azon szakaszrészeket, ahova érdemes távvezérelt bontási lehetőséget telepíteni. Ennek megállapítását a vonal szakaszokra bontásával kezdtem, ahol a szakaszhatárokat a TMOK-k határozták meg. Az így létrejött szakaszokhoz rendeltem hozzá a fogyasztók számát, az üzemzavarok számát és a szakaszok hosszait. Kiinduló állapotban számoltam a SAIFI értékét, hogy a javasolt beavatkozások hatásait ez alapján értékelni lehessen. Ezután az üzemzavarban érintett fogyasztók száma alapján, a szakaszok között sorrendet állítottam fel, majd a legnagyobb érintettségűt vizsgáltam tovább. A szakaszon belüli fogyasztók eloszlását meghatározva, a TMOK helyét a fogyasztói súlypontba helyeztem el. Ezután a SAIFI javulás és a megmentett fogyasztók száma alapján értékeltem a telepítés helyét. Az optimális telepítési hely mellett a darabszámra is tettem megállapításokat egy hatékonysági görbe és az egyes beruházások utáni minőségi mutatók javulásának figyelembevételével. Itt az eredményekből az látszott, hogy jelentősebb mutató javulást csak nagyobb mennyiségű TMOK telepítésnél érhetünk el, de ekkor a hatékonysága a beruházásoknak is jelentősen csökken. Emiatt van szükség újra vizsgálni a vonal kiválasztást egy-egy telepítés után, mert fentállhat a lehetősége, hogy adott beruházással már nagyobb javulást lehet elérni másik vonal esetén.

8. SUMMARY

I have chosen the research area of my thesis to focus on medium-voltage overhead power networks. The reason for this selection is that overhead lines have priority over underground cables in terms of operational exposure, because at the national level, overhead lines have a much more extensive track length compared to cables, about 80%-20%. The overhead power lines are more exposed to the environment, which is why they are more prone to breakdowns. Medium voltage has an advantage over low voltage, because at higher voltage levels there are more consumer losses in the event of a breakdown. From a side of consumer losses, the high voltage carries less risk because the n-1 principle is already fulfilled, but this is not the case at lower voltage levels.

In the following, I have focused on mapping the outages on the networks and the possible ways to reduce their effects. Before that, I needed to describe the structure, voltage levels and topology of the hierarchical power grid. It was necessary to get to know the participants in the system and the regulatory authority, as well as the minimum and expected requirements towards the distribution system operator, in order to see why the aim is not only to maintain an established network, but also to continuously develop and innovate.

After I have described the basic of my thesis, I started the examination of the possible failures. I defined the types of failure modes and the technical nature of the problems that these failures cause. After presenting these, it became clear why it is not easy for DSOs when it comes to meeting the standards and expectations of electricity supply. To offer solutions, I have summarised possible ways not only to deal with faults but also to prevent them.

Once a fault is detected, the task is to point the fault location as accurately as possible using the available remote-controlled network switching devices. After listing the available switching device options, I investigated the methods and the operator logic used by DSO dispatchers.

I collected and examined some possible ways to improve the reliability indicators of the power supply. These included the placement of short-circuit indicators, the philosophy of smart grids, and the densification of the number of remotely operated pole switches or reclosers on MV lines. The possibilities of densifying remotely controlled devices were the target of my further investigations.

For the MV line selection, I determined the time of disturbance experienced by all consumers on all lines. I selected the line with the highest disturbance in descending order and then used this to develop a methodology to select the sections of the line where it is worthwhile to install a TMOK. I started by breaking the line into sections, where the section boundaries were defined by the TMOKs. To the sections I assigned the number of customers, the number of outages and the lengths of the sections. After that, the SAIFI was calculated to evaluate the impact of the proposed interventions. I then ranked the

sections in order of the number of consumers affected by the outage, and then further investigated the one with the highest impact. After determining the distribution of consumers within the section, I placed the TMOK location at the consumer centre. I then evaluated the location of the installation based on SAIFI improvement and the number of consumers saved. In addition to the optimal deployment location, I also made observations on the number of units using an efficiency curve and the improvement in reliability indicators after each investment. The results showed that significant indicator improvements can only be achieved for larger quantities of TMOK installations, but then the efficiency of the investments is also significantly reduced. For this reason, it is necessary to re-examine the choice of line after one installation, because there is a possibility that a given investment may already have achieved a greater improvement on another line.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] MAVIR. *Rendszerirányítás, piacműködtetés*. Letöltés dátuma: 2021.11.05, forrás: <https://www.mavir.hu/web/mavir>
- [2] Dr. Novothny, F. (2010). *Villamos energetika I*. Budapest: Óbudai Egyetem.
- [3] E.ON. (2020). *Az elosztó hálózathoz való hozzáférés együttműködési szabályai*. Elosztói szabályzat, Budapest.
- [4] Pálfi, J. (2018). *Big Data módszerek alkalmazása az áramszolgáltatásban*. Doktori (PhD) értekezés, Budapest.
- [5] Dr. Tóth, L. (2011). *Települési Energetika*. Szent István Egyetem.
- [6] Magyar szabványügyi Testület. (2001). *A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamosenergia feszültségjellemzői*. MSZ EN 50160:2001.
- [7] MEKH. *Bemutakozás*. Letöltés dátuma: 2021.03.21, forrás: <http://www.mekh.hu/bemutakozas>
- [8] Elmű hálózat. *Szolgáltatásminőség*. Letöltés dátuma: 2021.03.21, forrás: <https://elmuhalozat.hu/tarsasagunkrol/minosegi-elkotelezodes/szolgaltatasminoseg>
- [9] Dr. Grabner, P. (2017.11.16). *Üzemzavarok minősítése, szélsőséges időjárási körülmények kezelése*. MEE EISZ - Astron Informatikai Kft. szakmai rendezvény. Forrás: https://www.astron.hu/wp-content/uploads/2017/11/ASTRON_2017_v1_GP.pdf
- [10] Wéber, Z. Á. *Smart grid hatása a fogyasztói zavartatás csökkentésére és ennek lehetséges fejlesztési stratégiája*. EnergoBit Tavrida Electric. Forrás: http://www.mee.hu/files/images/files2/u9/830_2_Weber_Patria_csut.pdf
- [11] Csank, A. (2014.11.12). *Hálózati minőség javítás az ELMŰ és ÉMÁSZ hálózatán*. BMF előadás.
- [12] Kiss, K., Kovács, J., Póka, Gy., Radvánszky, F., Tábori, J., Tombor, A., & Weingart, F. (1988). *Védelmek és automatikák villamosenergia-rendszerekben*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- [13] Bendes, T., Boromisza, Gy., Kovács, F., & Póka, Gy. (1971) *Villamos energiarendszerek Védelme és automatikája*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- [14] Orlay, I., Fazekas, B., Wéber, Z. Á., & Chis, D. (2020/7-8). Az okoshálózat megvalósítása oszlopmegszakító (recloser) segítségével. *Elektrotechnika magazin*. pp. 33-36.
- [15] Dr. Kádár, P. (2014/6). A smart jelenség. *Elektrotechnika magazin*. pp. 10-14.

- [16] Schossig, W. (2017.12. 13). *Etappen Der Innovation - Der Wert Der Null-Leistung*. Letöltés dátuma: 2021. 04. 14, Forrás: Das Magazin für Schutztechnik: <https://www.netzschutz-magazin.com/erdschlusschutz/kompensiertes-netz/etappen-der-innovation-der-wert-der-nullshyleistung/>
- [17] Orlay, I., & Kiss, J. (2014.09.10). *A recloserek alkalmazási lehetőségei és ezzel kapcsolatos előnyök az ELMŰ-ÉMÁSZ közép feszültségű hálózatán*. 61. Vándorgyűlés, Konferencia és Kiállítás. Letöltés dátuma: 2021. 04. 14, forrás: http://www.mee.hu/files/images/files2/u9/5.%20Orlay_61VGY-recloser-v0_KJ.pdf
- [18] Orlay, I., & Wéber, Z. Á. (2014/2-3). Elosztó hálózat automatizálása a fogyasztói zavartatás csökkentésére. *Elektrotechnika magazin*. pp. 5-8.
- [19] Wéber, Z. Á. *22 kV-os szabadvezetéki hálózatok üzembiztonságának növelése Tavrida KTR 27 Recloser alkalmazásával*. EnergoBit Tavrida Electric. Forrás: http://www.mee.hu/files/images/files2/u9/4.%20Wéber%20Zoltán%20Árpád_Energobit%20Tavrida_Weber%20Zoltán%20Árpád.pdf
- [20] Siemens. *Smart Distribution Recloser: The Allrounder*. Letöltés dátuma: 2021.04.15, forrás: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/medium-voltage/systems/outdoor-systems/vacuum-recloser.html>
- [21] Bálint, Z., Kaszap, G., & Orlay, I., (2018/5). A hálózatüzemeltetés erőforrás szükségletének csökkentési lehetőségei. *Elektrotechnika magazin*. pp. 16-19
- [22] Csank, A. (2008. 09. 09). *Távműködtetés megvalósítása az ELMŰ-ÉMÁSZ elosztóhálózatán, a MEH mutatók javítása érdekében*. 55. Vándorgyűlés, Konferencia és Kiállítás. Letöltés dátuma: 2021. 04. 15, forrás: http://www.mee.hu/files/images/3/B_45_Csank_A.pdf
- [23] Prolan. *Z30 Zárlatjelző: Oszlopra szerelhető zárlatjelző szabadvezetékes hálózathoz*. Letöltés dátuma: 2021.04.16, forrás: https://www.prolan.hu/storage/443/HU_Z30_20190508.pdf
- [24] Wéber, Z. Á. (2019/9-10). Smart Grid, avagy okos hálózat megvalósítása Recloser segítségével. *Elektrotechnika magazin*. pp. 6-10.
- [25] Bessenyei, T. *Okos hálózatok egy villamosenergia szolgáltató szemszögéből*. Letöltés dátuma: 2021.04.18, forrás: https://www.okosjovo.hu/documents/OJK%20-%20Smart%20Grid_BT.pdf
- [26] MVM. *Átvitel, rendszerirányítás*. Letöltés dátuma: 2021.11.05, forrás: <https://mvm.hu/hu-HU/Tevekenyseguink/AtvitelRendszerIranyitas>
- [27] Dr. Bodnár, I. (2019). *Villamosenergetika és biztonságtechnika*. Miskolc: Miskolci Egyetem.
- [28] Holcsik, P. (2019. 03. 12.) *KÖF üzemzavarok behatárolása és elhárítása előadása*.

- [29] Magyar Szabványügyi Testület. (2002) *Szabványos villamos feszültségek*. MSZ 1:2002
- [30] IEEE. (2012.05.31.). *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*. ISBN:978-0-7381-7275-0.
- [31] Magyar Energetikai és Közmű-Szabályozási Hivatal. (2018). *Országgyűlési beszámoló*. Letöltés dátuma: 2021.12.02, forrás: <https://www.parlament.hu/irom41/04691/04691.pdf>
- [32] Fazekas, B., (2021.02.24.). *KÖF hálózatok. Új módszerek az üzemzavar behatárolásban*. Magyar Elektronikai Egyesület előadás sorozata.
- [33] Dézsi, A., (2020). *Középfeszültségű oszlopkapcsolók előadása*. NKM Áramhálózati Kft.

ÁBRAJEGYZÉK

1.1. ábra Magyarországi átviteli hálózat [1]	8
1.2. ábra VER hierarchikus felépítése [5]	9
1.3. ábra Íves és gyűrűs hálózatok [27]	10
1.4. ábra Sugaras hálózat kialakítása [2]	12
2.1. ábra Elmű-Émász SAIFI mutatója (1998-2011) [8]	14
2.2. ábra Országos SAIFI adatok (2012-2016) [9]	15
2.3. ábra Elmű-Émász SAIDI mutatója (1998-2011) [8]	16
2.4. ábra Országos SAIDI adatok (2012-2016) [9]	16
3.1. ábra Üzemzavari okok 2020-as évben a Démász területén	18
3.2. ábra Zárlatok fajtái [13]	22
3.3. ábra A mutatók csökkentési lehetőségei	23
4.1. ábra Oszlopkapcsolók [33]	26
4.2. ábra Távműködtetésű oszlopkapcsoló és vezérlőszekrénye [33]	27
4.3. ábra Recloser és vezérlőszekrénye [19]	28
4.4. ábra Ártemisz képernyőképek	30
4.5. ábra Hálózat térképi és séma ábrázolás	31
4.6. ábra Alállomás belső sémaképe	31
4.7. ábra Szimulációs minőségmutatók javulása [32]	34
4.8. ábra KÖF vonal sémakép [28]	35
4.9. ábra Földzárlatos üzem tartás [28]	37
4.10. ábra Tungiloc műszer [16]	38
4.11. ábra Lépésfeszültség nagysága oszlop közelében [28]	38
5.1. ábra Siemens oszlopmegszakító és vezénylőszekrénye [20]	41
5.2. ábra KTR 27 Recloser felépítése [19]	42
5.3. ábra Vizsgált hálózati elrendezések [19]	43
5.4. ábra Prolan Z30 zárlatjelző [23]	44
5.5. ábra TMOK közökbe történő telepítés [21]	45
5.6. ábra ETM vezérlőszekrény [18]	46
5.7. ábra ETM hatékonyság [11]	46
6.1. ábra Kiskörös – Tázlár 20kV üzemzavari okok	52
6.2. ábra Kiskörös – Tázlár 20kV vonal	52
6.3. ábra Kiskörös – Tázlár 20kV egyszerűsített vonalrajza	53
6.4. ábra Fogyasztói elosztás (1. szakasz)	56
6.5. ábra Telepítés céljából választott szakaszrész (1.szakasz)	57
6.6. ábra Fogyasztói elosztás (7. szakasz)	59
6.7. ábra Választott szakaszrész telepítés céljából (7.szakasz)	60
6.8. ábra SAIFI és hatékonyság alakulása	68

TÁBLÁZATJEGYZÉK

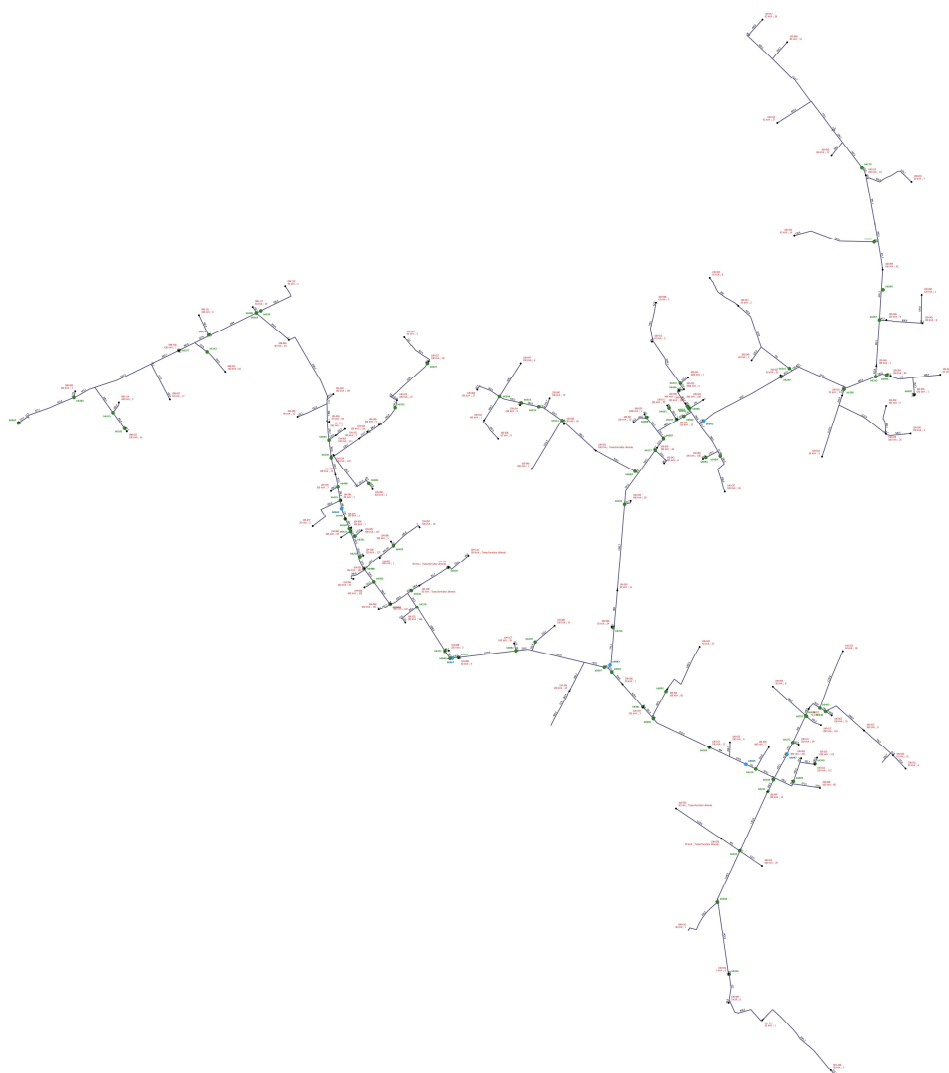
3.1. táblázat Hálózati frekvencia megengedett értékei MSZ 50160 szerint	21
5.1. táblázat Behatárolási módok jellemzői [14]	42
5.2. táblázat Mutatókban kifejezett eredmények [19].....	44
5.3. táblázat Elosztó és intelligens hálózat közötti különbségek [15]	48
6.1. táblázat Vonal választás eredménye	51
6.2. táblázat Szakaszok kiinduló adatai	54
6.3. táblázat SAIFI számításához szükséges adatok	55
6.4. táblázat Fogyasztói érintettség csökkenő sorban	55
6.5. táblázat 1. szakasz fogyasztói távolságai	56
6.6. táblázat Javasolt eset SAIFI számításához szükséges adatok (1.szakasz).....	58
6.7. táblázat 7.szakasz fogyasztók távolságai	59
6.8. táblázat Javasolt eset SAIFI számításához az adatok (7.szakasz)	60
6.9. táblázat Javaslatok összehasonlítása	61
6.10. táblázat Öt szakasz bontás utáni állapot	67
6.11. táblázat Beruházások utáni adatok.....	67

MELLÉKLETEK

1. melléklet: Kiskőrös – Tázlár 20kV teljes vonal sémaképe

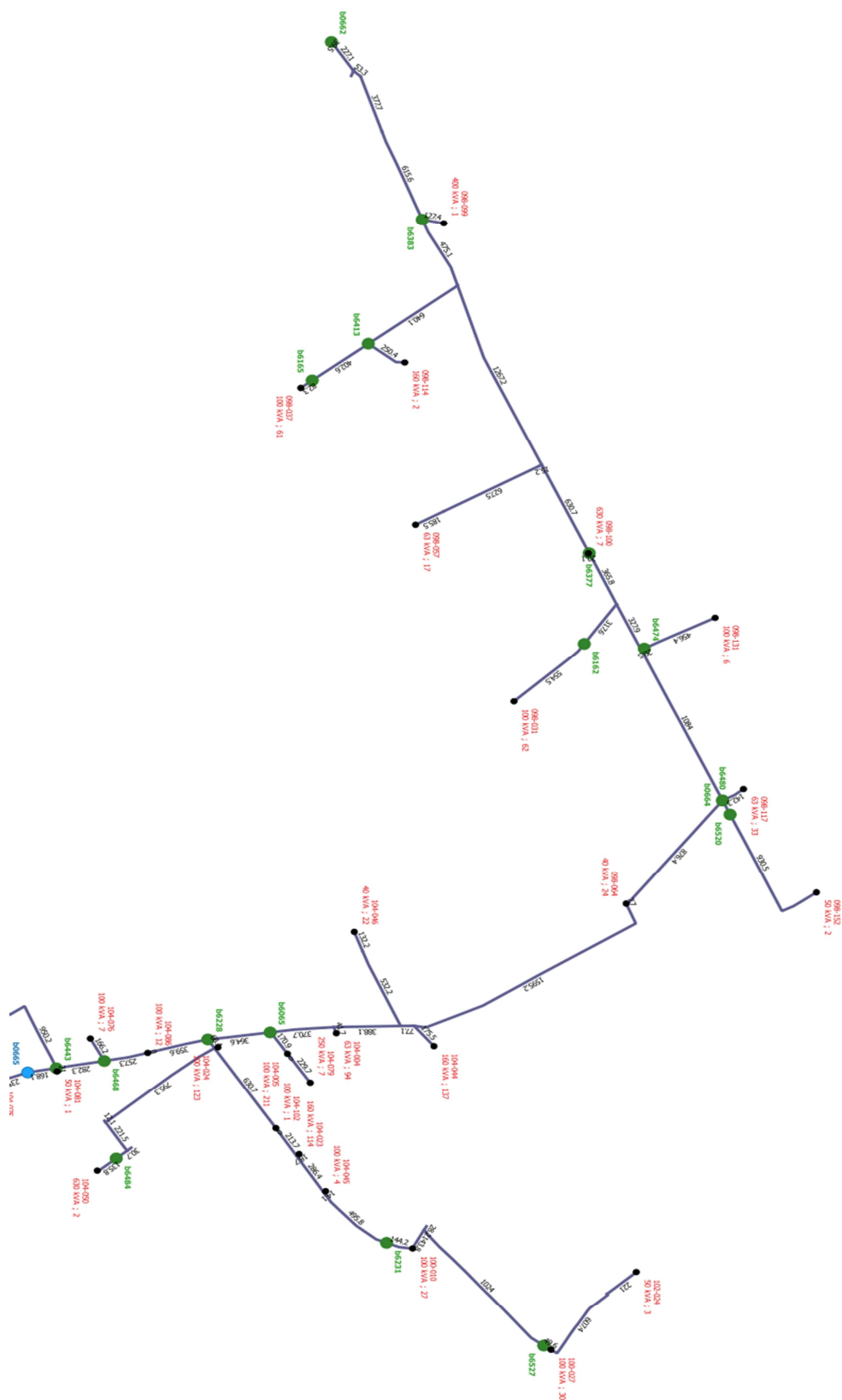


Kiskőrös - Tázlár 20kV



0 1 2 3 4 km

2. melléklet: Kiskőrös – Tázlár 20kV vonal 1. számú szakasza



3. melléklet: Kiskőrös – Tázlár 20kV vonalon 2020-ban bekövetkezett üzemzavarok OSM térképen megjelenítve

