

Kisfeszültségű hálózatok újra tervezésének kérdései

Technical aspects of re-planning and re-designing the actual LV networks

ORLAY Imre

MVM ÉMÁSZ Áramhálózati Kft

orlay.imre@mvm.hu

Abstract

If we analyze the “traditional” electricity system, from the power flow point of view, the power “flow” from the power plants towards to the consumers: Power plants -> Transmission network, TSO -> Main distribution network, High Voltage -> Medium Voltage distribution network -> Low Voltage network -> Home electrical network. This sequence defines the network’s voltage distribution. Nowadays, one of the main obstacles to maintain the standard voltage level of the Low Voltage Networks, is the voltage increase induced by the Household Size Small Power Plants.

Kivonat

A hagyományos villamosenergia-rendszerben a fogyasztó irányú teljesítményáramlás sorrendje: Erőmű -> Átviteli hálózat -> Főelosztóhálózat -> KÖF elosztó hálózat -> KIF hálózat -> Felhasználási pont (csatlakozó vezeték). Ez a sorrend meghatározta a hálózatok feszültségeloszlását. Napjainkban a KIF szabványos feszültség szint megtartásának egyik fő akadálya a HMKE-k betáplálása következtében létrejövő feszültségemelkedés.

Kulcsszavak: HMKE háztartási méretű kiserőmű, vonali soros szabályozó, szabályozható transzformátor, hálózat hurkolás, kisfeszültségű alaptervezés, inverter.

1. Bevezetés

Magyarországon a szolgáltatott villamos energia minőségére vonatkozó előírásokat egyrészt szabványok, másrészt a villamos elosztói engedélyesek üzletszabályzatai tartalmazzák.

A hálózat terhelése folyamatosan emelkedik, amit a meglévő elosztói villamos hálózat és azok elemei/berendezési nem mindig képesek lekövetni és ez folyamatos fejlesztési igényt generál. Aktív és passzív terhelésről beszélhetünk. Nő azok száma akik a gáztól hőszivattyús fűtésre akarnak átállni, fokozódik a klíma és az emobilitás iránti igény. Egyre többen vannak, akik törekednek arra, hogy a szükséges energiájukat vagy legalább annak egy bizonyos részét megújuló forrásból fedezzék.

A KIF hálózaton folyamatosan növekszik a decentralizált energiatermelők száma, melyek üzemét nagymértékben befolyásolják a napszakok, évszakok és időjárás jelenségek. A fogyasztók, aktívvá válnak. A hálózatra kapcsolt HMKE kapacitás 2022. végén elérte az 1600 MW-ot, és augusztustól az igénybejelentések száma is intenzíven növekedett, majd október végén 2 hét leforgása alatt 100 000 db igénybejelentés érkezett az elosztói engedélyesekhez. A HMKE-k termelése jellemzően időben elszakad az adott háztartás fogyasztásától, emiatt a HMKE-k által megtermelt villamosenergia jelentős részét a termelők az elosztóhálózat felé betáplálják. A HMKE-k betáplálása miatt csökken a hagyományos erőművekben előállítandó, átviteli hálózaton szállítandó és kisfeszültségre transzformálendő villamos energia mennyisége, így a hálózat teljesítmény-kihasználtsági óraszám csökken. [1]

A probléma megoldása érdekében számos módszer alkalmazható, azonban a leggazdaságosabb, legrugalmasabb és legkönnyebben implementálható megoldást a napelemek inverterei által megvalósítható lokális feszültség szabályzás biztosítja. Ennek alapján Németországban a hatályos hálózati csatlakozásra vonatkozó előírások már 2012 óta tartalmazznak olyan előírásokat, amik a napelemes termelőktől megkövetelik, hogy vegyenek részt a hálózati feszültség szabályozásába. [2]

KIF áramkörök feszültsége a hálózat hosszától függően az üzletszabályzatban előírt értéktől +/- irányban egyre dinamikusabban változik a végpontoknál.

A HMKE-k betáplálása miatt a már meglévő hálózati problémák mellett új típusú feladatok jelennek meg, melyek új technikai megoldásokat követelnek mind a hálózatfejlesztési, mind a hálózattechnológia, mind a hálózat üzemeltetési szakterületek részéről.

A problémák megoldása érdekében lehetséges tervezett beavatkozások:

- üzemviteli beavatkozás
 - transzformátor csapolásállítás
 - aszimmetria kezelés (terhelés/termelés)
 - körzetrendezés
 - körzetek hurkolása
- hálózatrekonstrukció
 - transzformátor csere
 - OLTC transzformátor
 - táppontsűrítés
 - keresztmetszetenövelés
 - új áramkör létesítése / alátámasztása
 - IVR alkalmazása

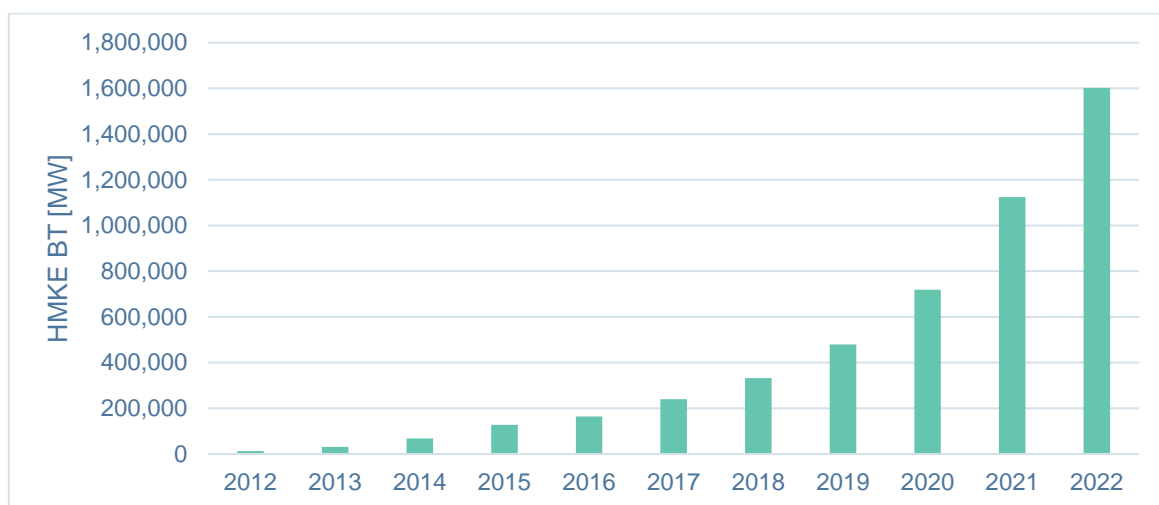
A lehetséges rekonstrukciós megoldások közül a következők hatásait vizsgáljuk a cikkünkben:

- Szabályozható KÖF/KIF transzformátor, napelemes betáplálást fogadó KIF hálózaton a feszültség nagyságát változtatható hossz-szabályozós úgynevezett Automata Fokozatkapcsolós Transzformátor.
- KIF vonaliról feszültség szabályozó berendezés, amit hosszabb feszültségpanaszos áramkörök esetén használhatunk, jellemzően akkor, ha a problémát nem HMKE, hanem a KIF hálózat adottságai, terhelése okozzák.
- KIF hálózatok hurkolása.

2. Rekonstrukciós stratégia változása

A kiefeszültségű hálózatok korábbi létesítésénél nem jelentett kihívást a KIF hálózatban megjelenő új, növekvő villamosenergia igények fogadása, a fogyasztók felé történő egyirányú energiaáramlás miatt. A hálózat számítógépes programok egyirányú energiaáramlást és ezzel kapcsolatos feszültségeseést számoltak. Napjainkban a megújuló energiaforrások – szél, nap, bioenergia – hasznosításának előtérbe kerülése a régebbi, meglévő hálózatok üzemvitelét jelentősen befolyásolja. A korábban passzív fogyasztók aktívvá válnak. A rendszer működése kaotikus a termelési bizonytalanságok miatt.

A kiefeszültségű hálózatba történő villamosenergia betáplálás elsősorban a háztartási méretű kiserőművek (HMKE) által valósul meg. Létesítésükkel egyre inkább decentralizálttá válik a villamosenergia rendszer. Ez természetesen szabályozási és irányítási problémákat okozhat, illetve jelentősen növelheti a hálózat veszteséget.



1. ábra: A beépített HMKE kapacitás alakulása Magyarországon

A KIF hálózatba történő villamosenergia betáplálások feszültség eltéréseket eredményeznek, melyek hatással vannak a KIF csatlakozási pontokon megjelenő feszültség minőségére. A feszültség eltéréseket a

fogyasztók érzékelik, és növekvő mértékben jeleznek feszültség panaszt az elosztói engedélyes felé. A kiefeszültségű feszültség panaszok megoldása érdekében újra kell gondolnia mind az új hálózatok létesítésekor, mind a meglévő KIF hálózatok rekonstrukciójánál alkalmazandó stratégiát. Ebbe beletartoznak a körzetek nagysága, áramkörök száma és maximális hossza, az áramkörök keresztmetszetének újragondolása.

Az újra gondolt stratégiának részét kell képezze a feszültség szint problémákat figyelembe vevő számítási metodika, a körzet nagyságok optimalizálása, valamint az iparágban elérhető új intelligens technológiák alkalmazása a fogyasztói igényekhez alkalmazkodva.

2.1. Aktív fogyasztói magatartás problémái

A probléma, hogy csúcstermelés mellett a megtermelt villamosenergiát fel kell használni, ellenkező esetben komoly következménye lehet a hálózatra nézve, mert a fotovoltaikus erőművek termelése nem szabályozható. Sajnos a termelés és a fogyasztás egyensúlyát nem könnyű megteremteni és ezt még fokozza a szaldó elszámolás kérdése is. Egyes helyeken a napelemes csúcstermelés egybeesik a fogyasztói csúcsterheléssel, főleg meleg időben a klímaberendezéseknek köszönhetően. Ekkor a napelemes csúcstermelésnek köszönhetően csökken a hálózati veszteség, és a hálózat csúcsterhelése. A kicsi terhelés és nagy napelemes termelés esete ellentétes, a fogyasztóktól a hálózati táppont irányába tartó teljesítményáramlást eredményez, és így megemeli a feszültséget a kis- és középfeszültségű hálózaton egyaránt. A fordított irányú teljesítményáramlás veszteségnövekedést eredményez.

Megoldást jelenthetne akkumulátor parkok telepítése és a fölösleges villamosenergia eltárolása, azonban ez jelentős többletköltségekkel járhat. [1]

A fő probléma abból fakad, hogy a KIF hálózatok sugarasan üzemelnek, azaz egyirányúnak feltételezik az energiaáramlást. Napelemekkel történő visszatáplálással az energia iránya változik, és több erőmű esetén feszültségemelkedést is okozhat, ami lehet, hogy olyan villamos paramétereket eredményez a fogyasztóknál, amelyek nem felelnek meg a szolgáltatott villamosenergia minőségi paramétereit meghatározó szabványnak. Kijelenthetjük, hogy a jelenlegi KIF hálózat nincs felkészülve a decentralizált termelésre, de a fokozódó terhelésnövekedésre sem. Szükség van a kiefeszültségű hálózat tervezésben irányváltásra, a tervezés módszertanának újra fogalmazására. Az előadás arra keresi a választ, milyen megoldások állnak a tervezők rendelkezésére.

3. Beavatkozási lehetőségek, a kiefeszültségű hálózat kihívásai

Napjainkban többek között a klímaváltozás okozta aggodalmak miatt egyre nagyobb előnyben részesítik az országok a megújuló energiaforrásokat. Az energiatermelés decentralizálódik, folyamatosan növekszik az elosztott energiatermelés aránya. Magyarországon a napenergia a legnépszerűbb, az utóbbi években egyre több napelemes erőmű épül (1. ábra), és ezeknek jelentős része a kiefeszültségű (KIF) hálózatra csatlakozó háztartási méretű kiserőmű (HMKE). A kiefeszültségű hálózatok hagyományosan sugarasan üzemelnek. Ennek főbb előnyei, hogy így olcsóbb a hálózat kialakítása, valamint egyszerű és hatékony védelmi rendszer alakítható ki rajta (jellemzően túláramvédelem). Mindazonáltal ez a kialakítás nem arra lett tervezve, hogy az elosztott termelés jelenlétében is megfelelően üzemeljen. A jelenlegi hálózatok egyirányú teljesítményáramlást feltételezve lettek kialakítva (a koncentrált termelőktől a fogyasztók felé), mind a vezeték keresztmetszetek, védelmek, és a topológia tekintetében. **Error! Reference source not found.** Az elosztott energiatermelés terjedésével kialakulhat ellentétes irányú energiaáramlás, mely problémákat, például feszültségemelkedést okozhat a hálózaton, mely általában akkor jelentkezik a KIF hálózatokon, amikor csúcstermelés mellett kicsi a fogyasztás. A jelentkező problémákat jelenleg elsősorban a hálózat megerősítésével, azaz a keresztmetszet növelésével, esetleg új táppont létesítésével oldják meg. Ez hosszútávon határozottan nem költséghatékony megoldás, főleg mivel az elosztott energiatermelés egyre elterjedtebb. Új megoldásokat kell találni ahhoz, hogy az elosztóhálózat nagyobb mértékben be tudja fogadni a folyamatosan települő elosztott energiatermelőket. A jövőre vonatkozó felelős döntések alapos átgondolását az is kikényszeríti, hogy egy új fejlesztés megvalósítása legalább 30 éves időtávra része marad a rendszernek, így olyan megoldást célszerű választani, mely több évtized várható igényeinek együttes kielégítését képes kiszolgálni. [1]

3.1 KIF hálózat hurkolása

Magyarországon ma a KIF hálózat sugarasan üzemel, és egyirányú energiaáramlást feltételez, a KÖF/KIF transzformátorok felől a fogyasztók felé. A HMKE a csatlakozási ponton megemeli a feszültséget, és egy bizonyos elterjedtségi szint felett megfordíthatja a teljesítményáramlás irányát a hálózaton.

A KIF hálózaton egyes ágak összekötésével hurkokat lehet kialakítani, ennek hatására a hálózat egyes részein javul, máshol romlik a szolgáltatás minősége, a lokális termelők által termelt energia jobban eloszlik a

hálózaton. Korábban alkalmaztak Magyarországon ún. lazán hurkolt megoldást, amelynél a sugaras vezetőket biztosítón keresztül kapcsolták össze, növelve a fogyasztók ellátásának biztonságát. Túláramok megjelenése esetén a hurkoltságot adó biztosító kiolvadt, ezzel a kiefeszültségű hálózat sugarasodott, viszont a kiolvadásról nem volt információ.

Új üzemeltetési stratégiákra van szükség, ami növeli a hálózat rugalmasságát, valamint meg tud birkózni az elosztott energiatermelés terjedésével járó problémákkal. Ennek érdekében újra kell gondolni a hálózat kialakítását és üzemeltetését. Az egyik legígéretesebb megoldás a smart grid kialakítása, mely lehetővé tenné a megújuló energiatermelés nagymértékű befogadását. A jelenlegi hálózat smart griddé alakítása, megvalósítva többek között a kétirányú adat és teljesítményáramlást, rövidtávon valószínűleg nem megvalósítható, valamint hatalmas költségekkel járna. [1]

Az egyes áramkörökön az ellátott fogyasztók száma változó, így az áramkörök terhelése eltérő. Hasonlóan, napelemes rendszerek jelenléte esetén az egyes áramkörökben az ilyen rendszerek elterjedtsége változó. A terhelés és termelés egyenlőtlen jelenlétének következtében, két áramkör összekötése (hurkolása) segíthet a fotóvoltaikus rendszerek okozta hálózati hatások minimalizálásában, illetve növelheti a hálózat befogadó képességét az elosztott energiatermelésre vonatkozóan.

Hurkolt hálózatok kialakítása egy költséghatékony megoldást jelenthet a jelentkező problémákra, viszont a hurkolás megköveteli a védelmi rendszerek megváltoztatását is, ugyanis az a sugarasan üzemeltetett hálózatra lett kialakítva. Nyilvánvalóan nem véletlenül van sugarasan kialakítva az elosztóhálózat. Ennek fő okai a hibaelhárítás és a védelmek kialakításának kérdéskörei. A védelmek kialakításának problémájára például megoldás lehet olyan gyors működésű berendezések telepítése, melyek a hurkolt hálózatot sugarassá alakítják zárlat vagy más hálózati hiba esetén, hogy a sugaras hálózatra kialakított védelmek életbe léphessenek. Új zárlati áram korlátozó technológiák segítségével például van esély hurkolt hálózat üzemeltetésére.

Az ilyen módú összekapcsolásokkal a hurkolt hálózat előnyeit maximálisan ki lehet használni, ami többek között a hálózati veszteségek csökkentése (a megtermelt energia akkor és ott kerüljön felhasználásra ahol megtermelték), valamint a megújuló energiatermelés által okozott esetleges túlfeszültségek jobb eloszlása a hálózaton. Ha a hurkok megfelelően vannak kiválasztva, akkor minél jobban hurkolt a hálózat, annál több elosztott energiatermelő lesz csatlakoztatható rá, technikai korlátok sértése nélkül. A PEN vezető hurkolása már korábban felmerült igényként, megteremtve a globális földelő háló kialakulását, csökkentve ezzel az érintési feszültség mértékét hiba esetén. [2]

3.2 Automatikus szabályozható transzformátor

Az egyre fokozódó mértékben megjelenő, viszonylag kis egység teljesítményű megújuló energiaforrásokat felhasználó áramtermelő egységek csatlakoztatása a hálózatra decentralizáltan történik. A növekvő decentralizált betáplálás egyre több körzetben azt jelenti/jelentheti a jövőben, hogy az elosztó hálózaton (KIF és KÖF) megváltozik az áramlási irány, amely mind helyi, mind rendszerszinten új viszonyokat eredményez. Emellett komoly kihívás a feszültség minőségének a tartása is. A háztartási méretű kiserőművek egyre nagyobb száma és az ezzel összefüggésben jelentkező feszültségpanaszok műszaki kihívására adott egyik lehetséges válasz az OLTC (On-load tap changer), automatikus, terhelés alatt szabályozható transzformátor. Társaságunk 2021. IV. negyedévében hozott döntést, hogy a miskolci agglomerációhoz tartozó Kistokaj településen pilot projekt keretében OLTC transzformátort létesít egy feszültségpanaszos kiefeszültségű körzet problémáinak megoldására. A helyszín kiválasztásában az játszott szerepet, hogy ez egy új lakókörzet, ahol jelentős mértékben, több mint 160 kVA teljesítményben létesültek HMKE berendezések és további telepítések is várhatók. A fogyasztók részéről egyre gyakoribb a panasz, hogy a HMKE berendezése nem tud termelni a magas feszültség miatt.

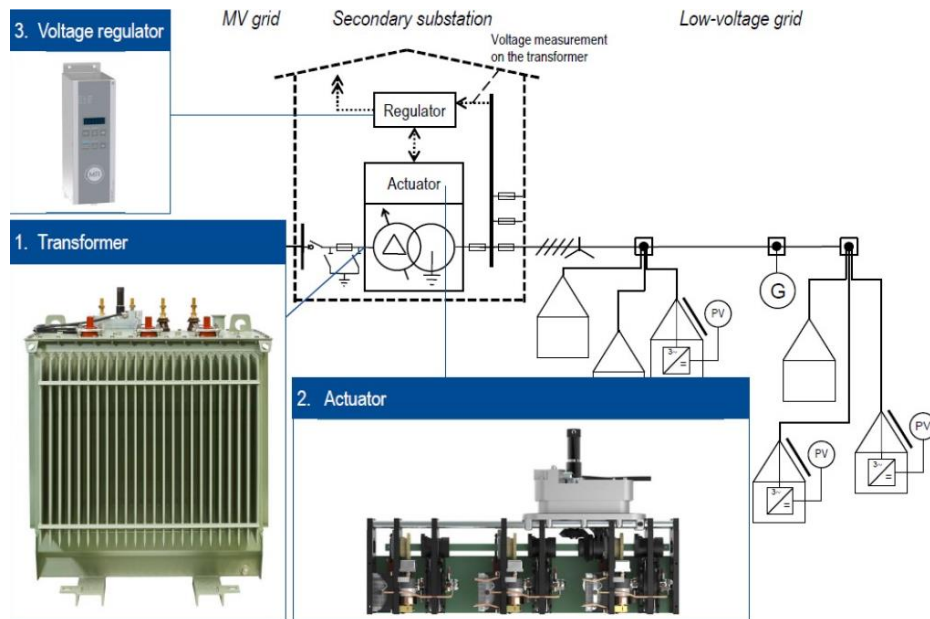
A Kistokajban felszerelésre került 400 kVA-s transzformátort a Siemens Csepeli transzformátor gyár szállította, a beépített MR ECOTAP VPD típusú 9 fokozatú szabályozót a Németországi Maschinenfabrik Reinhausen GMBH gyártotta. A hagyományos transzformátorok menetszáma és ezzel a feszültsége +5 -0- -5% %-os fix csapolással feszültségmentes állapotban változtatható, az OLTC transzformátor feszültsége 9 fokozatban -4x2,5% -0- +4x2,5%-ban terhelés alatt szabályozható. De létezik ennél magasabb fokozatszámú transzformátor is.

A transzformátor felügyeletét, távoli elérését, a vezérlés távoli ellenőrzését smart modem biztosítja.

Az automata fokozatszabályozós KÖF/KIF transzformátor telepítése azokban a körzetekben biztosíthat megoldást, ahol gyakori feszültségátlépés miatt gyakori csapolásállítás szükséges, a KIF áramkörök jellemzően nem hosszúak és jellegzetes problémáik hasonlóak (pl. minden áramkörön magas a HMKE penetráció). A telepítés helyének megfelelő kiválasztása azért is lényeges, mert ez a berendezés a

hagyományos transzformátoroknál valamivel drágább, ugyanakkor a teljes hálózatátépítéshez képest költséghatékonyabb megoldást jelenthet.

A fokozatszabályozó programozásához az előzetes mérési adatok adtak információt. Ez alapján határozta meg a gyártó a lehetséges algoritmust. Egy lehetséges megoldás lenne ha a végpontokról is lenne feszültségérték mérése és így online szabályozás is megvalósítható lenne.



2. ábra OLTC transzformátor elemei és szabályozási elve

Az üzembe helyezés után több hetes mérést folytattunk annak érdekében, hogy a vezérlőben kialakított program működését teszteljük és esetleges finomításokkal a lehető legjobb megoldást tudjuk biztosítani a feszültségpanaszok, a HMKE berendezések termelési problémáinak a megoldására, ugyan akkor minimalizálva a napi kapcsolások számát. [4]

3.3 Vonali feszültség szabályozás

Amennyiben csak egy áramkör érintett magas HMKE darabszámmal - amely áramütés elleni védelem szempontjából egyébként megfelelő -, akkor ideiglenes megoldásként alkalmazható a vonali feszültségszabályozó (IVR Intelligens Vonali Regulátor), amely képes a feszültség abszolút értékét a szabályozott szakaszon a megadott értékben tartani.

A vonali feszültségszabályozó készülék soros, aktív feszültségszabályozó, képes a feszültség alapharmonikusának effektív értékét a szabályozott szakaszon megadott (MSZ EN 50160 szabvány szerint) határértékekben tartani, amennyiben a szabályozatlan oldal feszültsége a határértéket 10 %-kal nem lépi túl. A készülék három egyfázisú, soros, gyors reagálású, fokozatmentes feszültségszabályozóból épül fel, amelyek fázisonként egymástól függetlenül, legfeljebb 10 %-os amplitúdójú tetszőleges fázishelyzetű feszültséget képes injektálni a szabályozatlan és a szabályozott oldal közé. Kezeli a szabályozott oldalon az aszimmetrikus terhelések miatti fázisfeszültség különbségeket és a feszültség aszimmetriát. Ezzel azonban nem növeli a szabályozatlan oldal aszimmetriáját.

A készülék oszlopra szerelhető, autonóm szabályozású, a helyi jellemzők (mérési adatok) alapján történik a szabályozás, alkalmas kétirányú feszültségszabályozásra és kétirányú teljesítmény áramlás kezelésére. [3]



3. ábra Vonalis feszültség szabályozó és sönt szekrény elhelyezése a hálózaton

4. Összefoglalás, javaslatok

Az eddig gyakorlatilag csak szállítási funkciót ellátó elosztó hálózat nem rendelkezik megfelelő tartalékolással, amit azonban a kiserőművek térnyerésének növelésével ki kell alakítani. Az elosztó hálózat a szállítási funkció felől egyre inkább a tartalékolási feladatok felé kell, hogy fejlődjön. Ez korrekt módon úgy biztosítható, hogy növelni kell az elosztó hálózat hurkoltsági fokát, kialakításában közelítve azt az átviteli hálózatéhoz.

A decentralizált termelés részarányának egyre növekvő térnyerése megköveteli az elosztó hálózat tervezésének és jövőbeli bővítésének újra gondolkodását. Ehhez lehetséges eszközként vehetjük figyelembe az OLTC transzformátort, vagy a vonali feszültség szabályozó eszközt.

A jövőben egy alternatíva lehet a HMKE inverterek távszabályozása, KIF üzemirányítási funkcióként csoportosan (vagy akár egyedileg), több fokozatban.

A kedvező elszámolási szabályok és direkt ösztönzők következtében a HMKE-k az elmúlt években dinamikus, és folyamatosan növekvő egységteljesítménnyel terjedtek, ami az elosztóhálózaton lokális problémáinak kialakulását eredményezte. Amellett, hogy a megújuló energiaforrások térhódítása üdvözlendő, a további penetrációt célzott intézkedésekkel javasolt a megfelelő mederbe terelni. A körzetek feloldásához szükséges hálózatmegerősítő beavatkozások és táppontsűrítések előreláthatólag óriási beruházási igényt fognak támasztani az elkövetkező években. Ezért a jövőben a megtermelt energia helyben történő felhasználására kell törekedni, amit elsősorban tarifális és elszámolási szabályozással lehet elérni, valamint műszaki szabályozással támogatni. [1]

Felhasznált irodalom:

- [1] Nieberl Norbert A háztartási méretű kiserőművek hálózati integrációjának aktualitásai Elektrotechnika 2023 7-8 lapszám
- [2] Kiss Szabolcs Feszültség szabályozási lehetőségek az elosztóhálózaton Diplomatervezés 2021 BME
- [3] IVR Műszaki specifikáció Pályázati dokumentum EON 2021.
- [4] Szabályozható elosztóhálózati transzformátor üzemeltetési kihívásai ÉMÁSZ 2022.