



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve: Juhász Dénes

2021.

Hallgató törzskönyvi száma: T008154/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Juhász Dénes

Szaktervezési száma: SZD21090213456340

Törzskönyvi száma: T008154/FI12904/K

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak:

villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció:

Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: A háztartási méretű kiserőművek termelésének elemzése és a kisfeszültségű hálózatra gyakorolt feszültség növelő hatás bemutatása

A dolgozat címe angolul: Analysis of the production of small household-scale power plants and presentation of the voltage-increasing effect on the low-voltage network

A feladat részletezése: 1. A helyszín bemutatása

2. A fogyasztási és a termelési adatok elemzése

3. A hálózaton mért feszültség adatok elemzése

4. Fejlesztési javaslat

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: 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

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETŐ	6
1. A HELYSZÍN BEMUTATÁSA	8
2. AZ OKOS FOGYASZTÁSMÉRŐTŐL GYŰJTÖTT FOGYASZTÁSI- ÉS BETÁPLÁLÁSI ADATOK ELEMZÉSE.....	11
2.1. A lakossági fogyasztók általános, napi fogyasztási- és a HMKE-vek napi betáplálási görbéjének bemutatása	12
2.2. A HMKE-vek betáplálásának kezdeti- és végződési időpontjának megállapítása	15
2.3. A napi legkisebb terhelés elemzése	16
2.4. A napi legnagyobb terhelés elemzése	20
2.5. A HMKE-vek napi legnagyobb betáplálásának időszakán belül, a legnagyobb terhelés elemzése.....	22
2.6. A HMKE-vek napi legnagyobb betáplálásának elemzése	23
2.7. Az adatok elemzésének összegzése	27
3. A HÁLÓZATON MÉRT FESZÜLTSÉGEK ELEMZÉSE	29
3.1. A két legkisebb HMKE betáplálási teljesítményű napon mért feszültségek értékelése	30
3.1.1. 2021. május 7-én és 20-án, a transzformátor gyűjtősínen mért feszültségek értékelése	31
3.1.2. 2021. május 7-én és 20-án, a 3. végpontban mért feszültségek értékelése	32
3.1.3. 2021. május 7-én és 20-án, a 13. végpontban mért feszültségek értékelése.	34
3.1.4. 2021. május 7-én és 20-án, a 9. végpontban mért feszültségek értékelése.	35
3.2. A két legnagyobb HMKE betáplálási teljesítményű napokon mért feszültségek értékelése.....	37

3.2.1. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a transzformátor gyűjtőszínen mért feszültségek értékelése	38
3.2.2. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a 3. végpontban mért feszültségek értékelése	39
3.2.3. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a 4. végpontban mért feszültségek értékelése	41
3.2.4. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a 13. végpontban mért feszültségek értékelése	42
3.2.5. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a 9. végpontban mért feszültségek értékelése	44
3.3. Összefoglalás és értékelés	45
4. FEJLESZTÉSI JAVASLAT	47
ÖSSZEFOGALALÁS	49
SUMMARY	51
HIVATKOZÁSOK	53

BEVEZETŐ

A technológiai fejlődésnek köszönhetően manapság egyre több háztartásnak nyílik lehetősége arra, hogy az villamos energiát termeljen saját maga számára. Erre korábban is volt lehetőség, azonban az otthon termelt villamos energia teljes költsége — beleértve a termelő berendezést, annak üzemeltetését és karbantartását — meghaladta az áramszolgáltató által kínált energia árát. Ez azért volt, mert a villamos energia háztartási mértékű termelése kizárólag forgógéppel (általában generátorhoz kapcsolt belső égésű motorral) volt lehetséges. Egy ilyen berendezés üzemeltetése egy átlagos háztartás számára túl nagy költséget jelentett, emellett az üzemeltetési ismeretet és szaktudást is igényelt.

A villamosenergia-termelés technológiájának fejlődésével lehetőség nyílt olyan berendezések nagy mennyiségű előállítására, melyek a villamosenergia-termeléshez primer energiaforrásként képesek a napsugárzás energiáját felhasználni. Ez a berendezés a napelem (photovoltaics, röviden PV). Mivel ez egyenáramot állítanak elő, ezért ezt egy inverter segítségével váltakozó árammá kell alakítani. Így a háztartásoknál olyan villamosenergia-termelő rendszereket lehet kialakítani, amely a háztartásnak egy egyszeri beruházási költséget jelent, emellett a rendszer használatával nincs üzemeltetési feladat és nem igényel szaktudást. Egy ilyen rendszer előnye, hogy a tulajdonos háztartás számára nagymértékű kiadás csökkenést képes jelenteni a közüzemi számlák terén, ezzel a háztartásnak anyagi haszna származik a beruházásból, ezért egyre több háztartás használ ilyen rendszert. Az ilyen és ehhez hasonló villamosenergia-termelő rendszerek jogi összefoglalására megalkották a „háztartási méretű kiserőmű” fogalmat (röviden HMKE), amelybe beletartozik minden olyan villamosenergia-termelő rendszer és berendezés, amely megfelel az [1. hivatkozás]–ban megfogalmazott definíciónak.

A HMKE-vek megjelenése előtt a villamosenergia-termelése centralizált volt, amelynél a villamos energiát nagy teljesítményű erőművek termelték, majd az energiát vezetékeken keresztül, a fogyasztókhoz szállították. A HMKE-vek megjelenésével azonban a villamosenergia-termelés elkezdett decentralizálódni, amelynél már nem csak központi erőművek, hanem a fogyasztók is képesek lehetnek a hálózatba villamos energiát táplálni. Mivel a korábban létesített hálózatokat a centralizált villamosenergia-

termelésre és elosztásra tervezték, ezért a HMKE-vek megjelenésével olyan problémák jelentek meg a hálózatokon, amelyekkel a tervezéskor nem számoltak.

Mivel a PV HMKE-vekkel termelt villamos energia mennyisége — a napelemek miatt — függ az időjárástól, ezért ezek nem csak akkor termelnek energiát, amikor azt a tulajdonos háztartás teljes mértékben el tudná fogyasztani. A termelt villamos energiának azon a részét, amelyet a tulajdonos háztartás nem fogyaszt el, a kiefeszültségű (röviden KIF) hálózatba táplálja a HMKE.

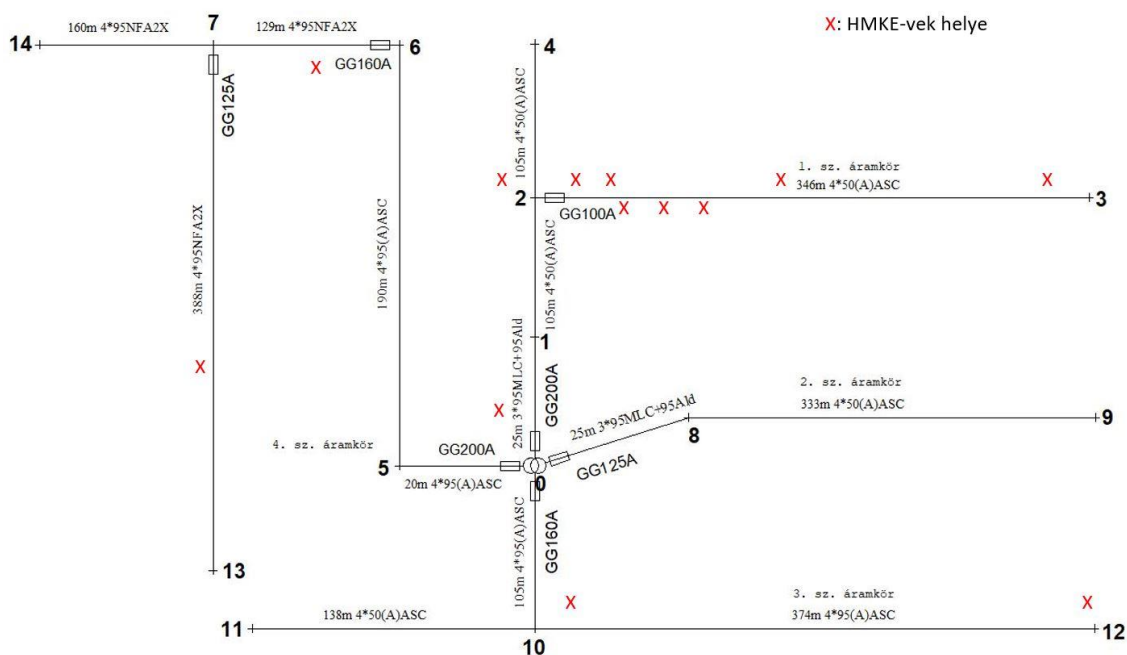
A HMKE termelésének köszönhetően csökken a tulajdonos háztartás villamosenergia-vételezése a KIF hálózatról, ezáltal csökken a hálózat terhelése, valamint a terhelés csökkenésének hatására, megnő a feszültség szintje a hálózaton. Emellett a HMKE-vek betáplálása is feszültség növeléssel jár. Ezért a HMKE-vek KIF hálózatra gyakorolt hatásai közül a legjelentősebb a hálózaton mérhető feszültség növelés. Emiatt — a HMKE-vek feszültség növelés korlátozása nélkül — a hálózaton olyan feszültségviszony alakulhat ki, amely képes tönkretenni az erre érzékeny fogyasztói berendezéseket. A hálózatra gyakorolt hatások mértéke függ az egy hálózatra csatlakozó HMKE-vek összesített teljesítményétől és az időjárástól. A káros hatások elkerülése érdekében nagy figyelmet kell fordítani a HMKE-vek mind jogi, mind fizikai szabályozására, ezen felül olyan KIF hálózatokat kell létesíteni, amelyek képesek a HMKE-vek által okozott hatások mellett is megfelelő villamos paraméterek között üzemelni.

Az utóbbi pár évben HMKE-vek mellett egyéb új eszközök és berendezések is megjelentek a lakossági villamosenergia-fogyasztók körében, amelyek villamosenergia-ellátása az számára új üzemeltetési kérdéseket jelentenek — például az elektromos autók és töltésük —. Ezen eszközök és berendezések használatának, valamint a HMKE-vek betáplálásának vizsgálatára az NKM Áramhálózati Kft. (az MVM Démász Áramhálózati Kft. jogelődje) 2018-ban több pilot projekt indított. A cég a projektekkal kívánta megkezdni az új vállalati okoshálózati stratégia kialakításához szükséges méréseket és vizsgálatokat.

1. A HELYSZÍN BEMUTATÁSA

A 2018-as év során az NKM Áramhálózati Kft. több pilot projektet indított a vállalati okoshálózati stratégia megalkotása érdekében. Erre azért volt szükség, mert pár év alatt a lakossági villamosenergia-fogyasztók körében több új eszköz és berendezés jelent meg, melyek nem csupán fogyasztásra, hanem a betáplálásra is képesek. A legfőbb villamosenergia-betápláló rendszer a HMKE, amely a termelt energiával először a tulajdonos háztartás fogyasztását látja el, majd a termelt energiának el nem fogyasztott részét a KIF hálózatba betáplálja. A HMKE-vek a KIF hálózaton keresztül az ilyen rendszerrel nem rendelkező fogyasztókra is hatást gyakorolnak, ezért a pilot projektek egyik célja a HMKE-vek hatásainak a vizsgálata, valamint a káros hatások csökkentésére szolgáló lehetőségek feltérképezése. Ennek érdekében új technológiákat képviselő berendezéseket, valamint a fogyasztóknál és a hálózat több pontján mérő berendezéseket telepítettek.

A projektek helyszíne a Zsombó nevű alföldi település, egy HMKE-vekkel rendelkező transzformátor körzete. A körzet villamosenergia-ellátására egy 400 kVA teljesítményű KÖF/KIF transzformátor szolgál. A körzetben összesen 153 lakossági fogyasztási hely található. Közülük 69 rendelkezik egyfázisú és 94 háromfázisú csatlakozással, valamint 13 fogyasztónak van PV HMKE rendszere. A HMKE-vek összesített névleges teljesítménye 95 kVA.



1.ábra. A zsombói transzformátor körzet egyvonalas rajza.

Ez egy teljesen mértékben légvezetékes hálózat, amely négyvezetékes (A)ASC és NFA2X típusú, valamint háromvezetékes MLC + egyvezetékes ALD légvezetésekből áll. A vezetékek 50 mm^2 , illetve 95 mm^2 keresztmetszetűek. A 0. pontban van a fogyasztókat ellátó transzformátor, innen olvadóbiztosítókön keresztül négy áramkör indul ki. A 0-4 és a 0-6 hálózat szakaszok közös oszlopsoron haladnak, majd a 4. pontban lévő feszítő oszlopnál az 1-es számú áramkör véget ér és a 6. pontban lévő feszítő oszlopra csatlakozva folytatódik a 4-es számú áramkör. A hálózat többi szakasza külön oszlopsoron halad és mindegyik más-más utcát lát el. A korábban említett mérő berendezéseket a következő pontokban helyezték el: 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14. A mérési pontokon felül a transzformátor KIF gyűjtősinjére egy hálózati analizátort csatlakoztattak. A KIF hálózatok nem rendelkeznek semmilyen mérő berendezéssel, ezért ezek elhelyezésével vizsgálhatóvá váltak a hálózaton folyó áramok és a feszültségek, amelyek nélkül a HMKE-vek és az egyéb új berendezések hatásait nem lehet vizsgálni. A fogyasztók 95%-ánál az elszámolási mérésre okos fogyasztásmérőket telepítettek, melyek képesek külön a fogyasztás és külön a HMKE-vek betáplálásának mérésére.

A mérő berendezéseken túl a projektek keretein belül telepítettek egy darab közcélú elektromos autótöltő állmást — ennek teljesítménye $2 \times 22 \text{ kVA}$ —, valamint egy

nagy kapacitású, Li-ion akkumulátoros energiatárolót is — ennek teljesítménye 30 kVA, kapacitása 140 kWh —. Az energiatároló telepítésével vizsgálhatóvá vált az ilyen és ehhez hasonló energiatárolók üzemeltetése és a hálózat villamos paramétereire gyakorolt hatása. Mivel korábban nem használtak semmilyen hasonló berendezést a KIF hálózatokon, ezért ennek a vizsgálata nagy jelentőséggel bír. Az elektromos autótöltő állomás integrált okos fogyasztásmérővel rendelkezik, amely segítségével adatgyűjtést végeznek az autók töltésének időpontjáról, időtartamáról és a terhelés nagyságáról.

A vizsgálatokat online adatgyűjtés segíti, amelyekhez lakossági okos fogyasztásmérők 15 percenként továbbítják a fogyasztás és a betáplálás aktuális állását, a transzformátornál elhelyezett hálózati analizátor, valamint az áram- és feszültségmérő berendezések pedig 1 percenként továbbítják az eltelt 1 percben mért értékek átlagát. Mind az okos fogyasztásmérők, mind a hálózaton elhelyezett mérő berendezések a mérési adatokat online, egy központi szerverre továbbítják, ahol az adatokat tárolják. Ezen eszközök segítségével több olyan villamos paraméter is mérhetővé és vizsgálhatóvá vált, amelyekre korábban nem volt lehetőség. Ezek után a mérések tapasztalatai alapján tesztelték a fogyasztói igény befolyásolás közvetett és közvetlen lehetőségeit is, amelyeknek célja a hőtárolós- és a klímaberendezések, valamint az elektromos autótöltő állomás vezérelhetőségének vizsgálata volt.

2. AZ OKOS FOGYASZTÁSMÉRŐKTŐL GYŰJTÖTT FOGYASZTÁSI- ÉS BETÁPLÁLÁSI ADATOK ELEMZÉSE

Ebben a fejezetben az MVM Démász Áramhálózati Kft. által biztosított, lakossági okos fogyasztásmérőktől gyűjtött adatok alapján bemutatom a fogyasztás és a betáplálás legfontosabb tulajdonságait. Az adatok 2021. április 30-a és 2021. augusztus 18-a közti időszakból származnak, ezért elősorban a nyári fogyasztás és betáplálás tulajdonságait mutatom be.

Az okos fogyasztásmérők által mért fogyasztás és betáplálás értékek csak nőni tudnak, ezért telepítéskor a már korábban mért értékeket — ha volt ilyen — nem törlik, hanem az aktuális értékeket leolvassák, majd később ezekhez viszonyítják az elfogyasztott és a betáplált energia mértékét. Emiatt a mérési adatokat nem lehet egyszerűen összehasonlítani egymással.

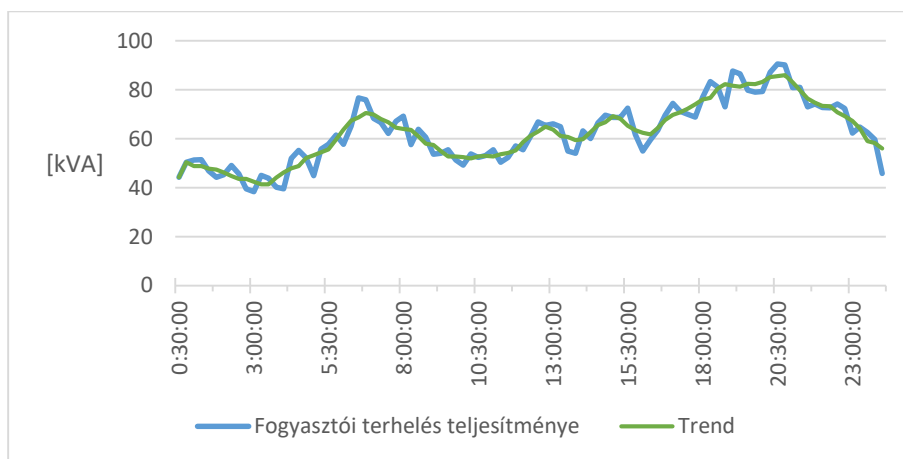
mérési időpont:	0:15	0:30	0:45	1:00	1:30
1.fogyasztó	20762,448	20762,635	20762,825	20762,987	...
2.fogyasztó	4399,194	4399,2	4399,222	4399,268	...
3.fogyasztó	4733,819	4733,857	4733,894	4733,931	...
4.fogyasztó	48402,123	48402,213	48402,302	48402,39	...
...					

1. táblázat. A fogyasztás és a betáplálás során, az okos fogyasztásmérők által továbbított értékek formátuma.

Az elemzések során nem közvetlenül a mért értékeket, hanem az egymás után rögzített értékek különbségét hasonlítom össze. Mivel az okos fogyasztásmérők a mért értékeket 15 percenként továbbítják, ezért ahhoz, hogy megkapjam a teljesítményt, ami két egymást követő fogyasztás vagy betáplálás érték közti energia különbséget létrehozta, a két érték különbségét meg kell szoroznom 4-gyel. Az így megkapott teljesítmény által 15 perc alatt elfogyasztott vagy betáplált villamos energia a mért adatoknak különbségének felel meg.

2.1. A lakossági fogyasztók általános, napi fogyasztási- és a HMKE-vek napi betáplálási görbéjének bemutatása

A fogyasztási görbe tükrözi, hogy hogyan alakul egy bizonyos fogyasztó vagy fogyasztói kör energia fogyasztása egy időszakon belül. A decentralizált villamosenergia-termelés során a fogyasztás mértéke nem változik, azonban a betáplálás miatt, az elfogyasztott villamos energia már nem csak a transzformátortól, hanem akár egy másik, aktuálisan betápláló fogyasztási helytől is áramolhat a fogyasztókhoz. Az 1. diagrammon a lakossági fogyasztók általános, napi fogyasztási görbéjét mutatom be. Ezt a transzformátor körzet összes fogyasztója által elfogyasztott villamos energia mennyisége alapján állapítottam meg.

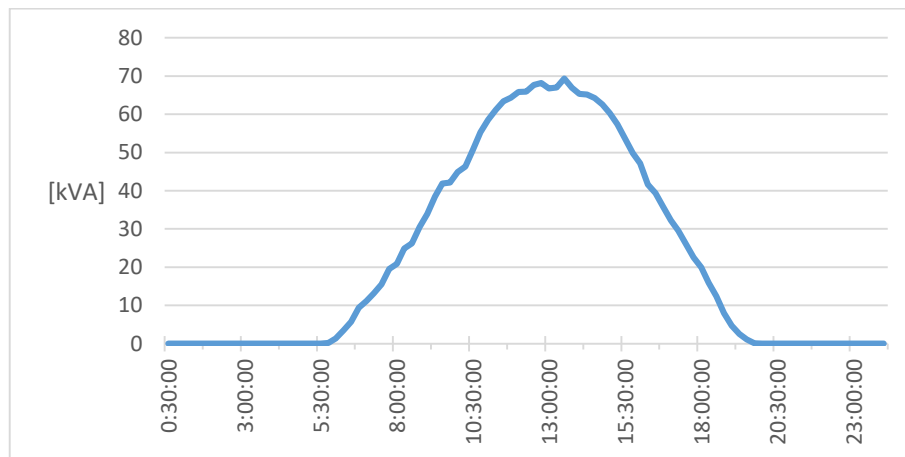


1. diagram. A lakossági fogyasztók általános, napi fogyasztási görbéje.

Az 1. diagramon alapján látható, hogy a fogyasztás sosem szűnik meg, csak időszakosan lecsökken. Egy napon belül két olyan időszak figyelhető meg, amikor a fogyasztás teljesítménye lecsökkent, valamint két olyan időszak, amikor pedig megnőtt. Az egyik csökkent fogyasztású időszak a hajnali órákban van — 3 óra körül —, a másik pedig délben. Továbbá a déli fogyasztás teljesítménye valamivel nagyobb, mint a hajnali fogyasztás teljesítménye. Ez a két időszak között van a két nagyobb fogyasztási teljesítményű időszak. A reggeli fogyasztás teljesítménye kisebb, mint az esti fogyasztásé, mivel reggel általában az emberek munkába készülődnek és kevesebb villamos berendezést használnak. Ez alapján a legnagyobb fogyasztási teljesítmény az

esti órákban várható. A lakossági fogyasztók általános, napi fogyasztási görbáját követően bemutatom a HMKE-vek napi betáplálási görbáját.

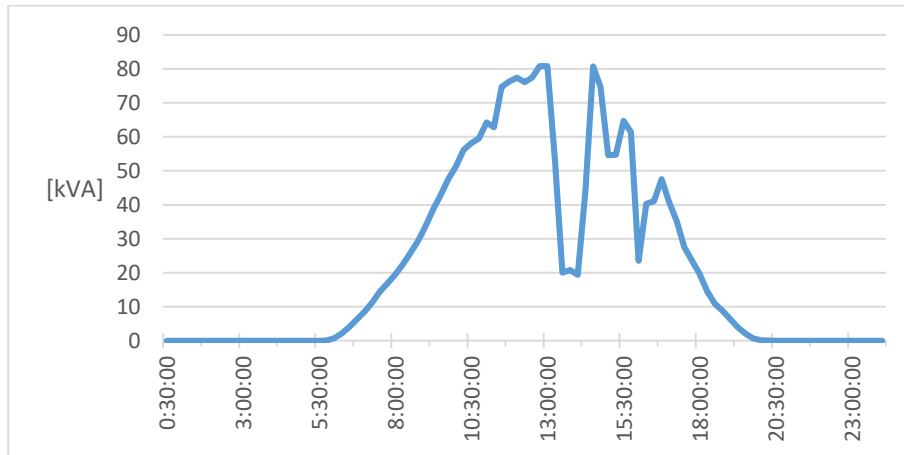
A PV HMKE-vek sajátossága, hogy napkelte előtt és napnyugta után nem termelnek energiát, ezért a betáplálás sem folyamatos, minden nap egyszer elkezdődik, majd aznap véget is ér mind a termelés, mind a betáplálás. Emellett HMKE-vek betáplálásának kezdetét befolyásolja a napelemek fekvése is, hiszen a napkeleti irányban felállított napelemek korábban kezdik meg a termelést, mint amiket napnyugati irányban állítottak fel. Valamint a HMKE-vek először a tulajdonos háztartások fogyasztását látják el, ezért a napkelte utáni első pillanatokban még nem jelenik meg azonnal a betáplálás. Nappal, amikor a HMKE-vek betáplálnak a KIF hálózatba, — a HMKE-vek összesített teljesítményén túl — az időjárás határozza meg a betáplálás teljesítményét. Ezekből adódik, hogy minden, nap napkelte után lesz a termelésnek egy kezdeti, valamint napnyugta előtt egy végződési időpontja, a kettő közt pedig kialakul egy betáplálási csúcs, amikor mind a napelemek fekvése, mind az időjárás alakulása optimális a termelés szempontjából.



2. diagram. HMKE-vek betáplálási görbéje nyáron, felhőzés nélküli időjárásnál.

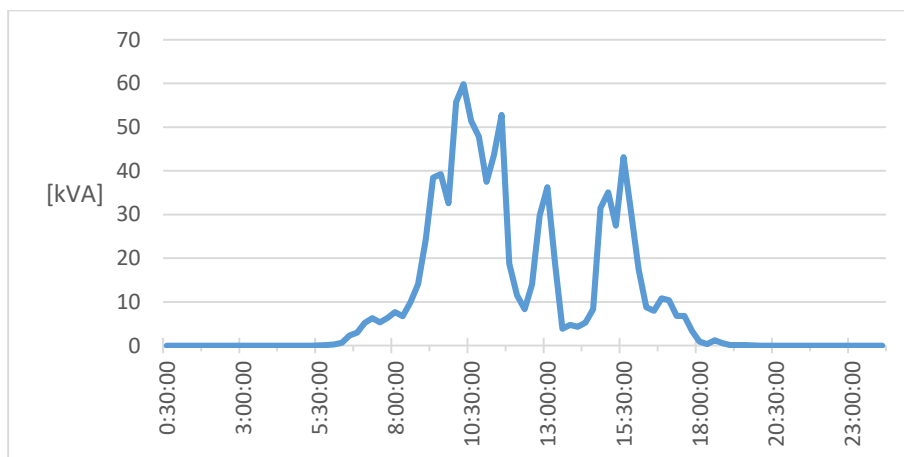
A 2. diagramon ábrázolt betáplálási görbén látható, hogy napkelte után folyamatosan nő a betáplálás teljesítménye, majd délben elér egy maximális értéket. A legnagyobb betáplálási teljesítmény elérése után a teljesítmény folyamatosan csökken, végül napnyugtakor eléri a 0 kVA-t. Azokon a napokon, amikor az időjárás nem csökkenti a napsugárzás mértékét, a 2. diagrammhoz hasonlóan néz ki a betáplálási görbéje —

természetesen, betáplálás teljesítménye a napsugárzás energiatartalmától függ —. Azonban az időjárás hatásai miatt a napi betáplálási görbe a 2. diagramon bemutatott görbétől olykor kis-, olykor nagy mértékben képes eltérni.



3. diagram. HMKE-vek betáplálási görbéje nyáron, kissé felhős időjárásnál.

A 3. diagramon ábrázolt betáplálási görbén a betáplálás teljesítménye délelőtt hasonlóan alakult, mint az 2. diagramon, azonban délután látható három darab hirtelen betáplálási teljesítmény csökkenés. Ezek azért következtek be, mert ekkor egy felhő eltakarta a napelemek egy részét, ezzel korlátozta a betáplálás teljesítményét. Mindhárom teljesítmény csökkenés végét követően a teljesítmény ismét a felhőzés nélküli nap betáplálási görbéjéhez tért vissza. Azonban az időjárás ennél kaotikusabb módon is formálhatja a betáplálási görbét.



4. diagram. HMKE-vek betáplálási görbéje nyáron, felhőzés nélküli időjárásnál.

A 4. diagramon ábrázolt betáplálási görbe már egyáltalán nem hasonlít az 2. diagramon ábrázolt betáplálási görbéhez. Ekkor egész nap felhős volt az időjárás, valamint a felhőzés mértéke sem volt állandó. Továbbá megfigyelhető, hogy napkelte után sokkal lassabban nőtt a betáplálási teljesítmény, mint az 2. diagramon, valamint jóval többször esett vissza, mint a 3. diagramon.

A 2-4 diagramokon bemutatott betáplálási görbék jól mutatják, hogy bár a PV HMKE-veknek mindennap várható, bizonyos mértékű betáplálása — mivel a tulajdonos háztartás nem tudja minden pillanatban, teljes mértékben elfogyasztani a termelt energiát —, amelyet a napi időjárási viszonyok jelentős mértékben képesek befolyásolni.

2.2. A HMKE-vek betáplálásának kezdeti- és végződési időpontjának megállapítása

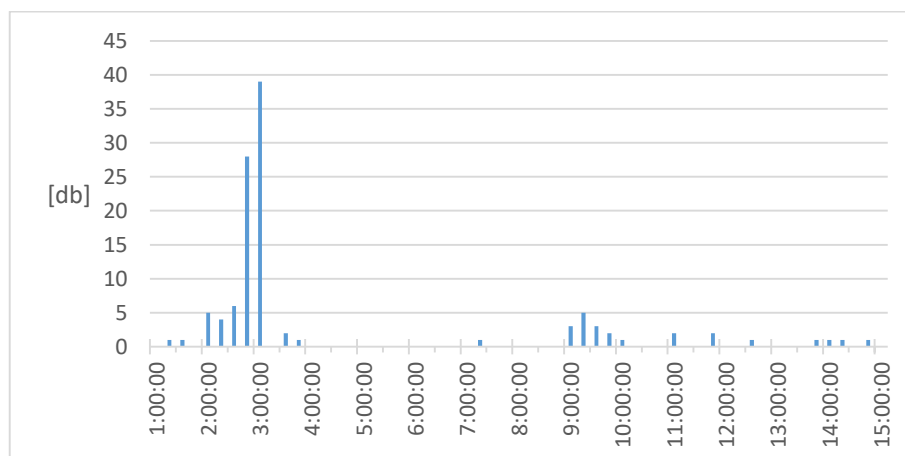
A fogyasztók általános, napi fogyasztási- és a HMKE-vek napi betáplálási görbéjének bemutatása után megvizsgálok, hogy 2021. április 30-a és 2021. augusztus 18-a között, a napok melyik időpontjában kezdődik el, illetve végződik a HMKE-vek betáplálása. A betáplálás kezdete nem egyezik meg a termelés kezdetével, mert a termelés kezdetekor megtermelt energiát a tulajdonos háztartás fogja elfogyasztani. Amikor már nem képes a háztartás elfogyasztani a termelt energiát, akkor kezdődik meg a betáplálás.

A HMKE-vek betáplálás kezdeti- és végződési időpontjában is van eltérés a különböző napokon. Az eltérést elsősorban az adott nap napkeltéjének és napnyugtájának időpontja befolyásolja. Egy éven belül a napkelték időpontja 4:44-7:30 között, míg a napnyugták időpontja 15:54-20:44 között változik (ezt a [4. hivatkozás], az országos meteorológiai szolgálat weboldalán szereplő adatok alapján állapítottam meg). Ez a két időponton, túl bizonyos mértékben az időjárás is képes befolyásolni betáplálás kezdeti- és végződési időpontját. A legkorábban június 10-én kezdődött el a betáplálás, hajnal 5 órakor. A vizsgálati időszakon belül, a többi napon elsősorban 5:15-kor kezdődött el a betáplálás. A legkésőbbi betáplálás végződési időpont június 17-én és 21-én, valamint július 4-én, 11-én és 12-én volt, este 20:45-kor. A vizsgálati időszakon belül, a többi napon elsősorban 20:30-kor ért véget a betáplálás. Ezekből az adatokból látszik, hogy a legkorábbi betáplálás kezdeti időpont hajnal 5 órakor, a legkésőbbi betáplálás végződési időpont pedig 20:45-kor várható. Mivel az adatok elsősorban a nyári hónapokból

származnak — és ekkor vannak a leghosszabb nappalok —, kijelenthető, hogy az év többi részében a hajnal 5 órai betáplálás kezdeti időpontnál csak későbbi- és az este 20:45 betáplálás végződési időpontnál csak korábbi időpont lesz. 5:00-20:45 közötti időintervallum 15 óra 45 perc, tehát legfeljebb ennyi ideig képesek betáplálni a PV HMKE-vek. A betáplálás kezdeti- és végződési időpontok napkeltéhez és napnyugtához viszonyított eltérése általában 15 perc. Ha ezt egész évre általánosnak tekintem, akkor kijelenthető, hogy a legkésőbbi betáplálás kezdeti időpont 7:45-kor, a legkorábbi betáplálás befejeződési időpont pedig 15:39-kor várható. Ez a két időpont közti időintervallum már csak 7 óra 24 perc, tehát a télen várható betáplálás legrövidebb időtartama a nyári betáplálási időtartamának kevesebb, mint fele. Ezek miatt a KIF hálózatokat a jövőben úgy kell megtervezni, hogy a betáplálási időszakon belül — decentralizált villamosenergia-termelés mellett — és azon kívül is — centralizált villamosenergia-termelés mellett — képesek legyenek a megfelelő villamos paraméterek mellett üzemelni. Továbbá figyelembe kell venni azt is, hogy várhatóan a betáplálás időtartama nyáron, több mint duplája a télen várható betáplálás időtartamának. Továbbá szem előtt kell tartani a betáplálás teljesítményét befolyásoló egyéb hatásokat is, például télen alacsonyabb a napsugárzás beesési szöge, azaz kisebb a napsugárzás energiája, mint nyáron, azonban nyáron a napelemek a melegedés miatt kisebb hatásfokon képesek energiát termelni, mint télen.

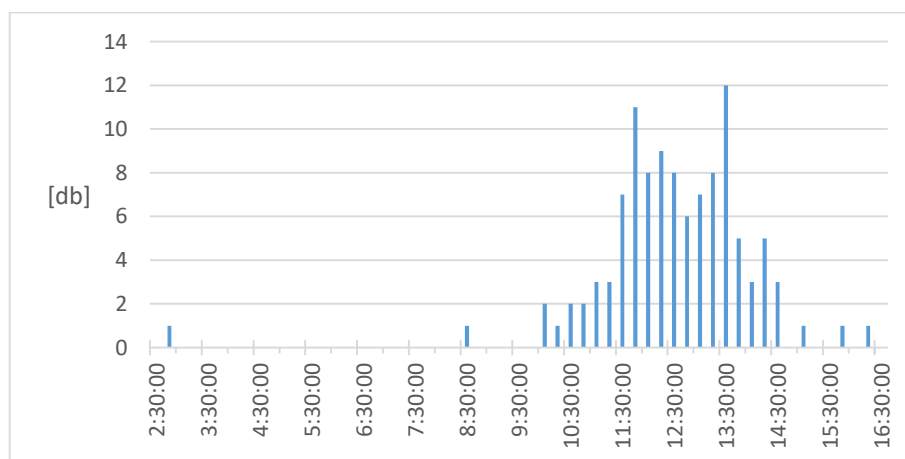
2.3. A napi legkisebb terhelés elemzése

A HMKE-vek betáplálási idejének megállapítása után megvizsgálom, hogy egy napon belül mikor jelentkezik a legkisebb terhelés, valamint mekkora annak teljesítménye. A vizsgálatot először a HMKE-vek betáplálása nélkül végzem el, majd figyelembe veszem a betáplálást is. A legkisebb terhelés időszakának megállapítása azért fontos, mert a fogyasztó oldali terhelés szabályozás során, az elosztói engedélyesek elsősorban a legkisebb terhelésű időszak a terhelését igyekeznek növelni, hogy csökkenteni tudják a legkisebb és a legnagyobb terhelés teljesítmény közti különbséget.



5. diagram. A napi legkisebb terhelés időpontjának eloszlása, a HMKE-vek betáplálása nélkül.

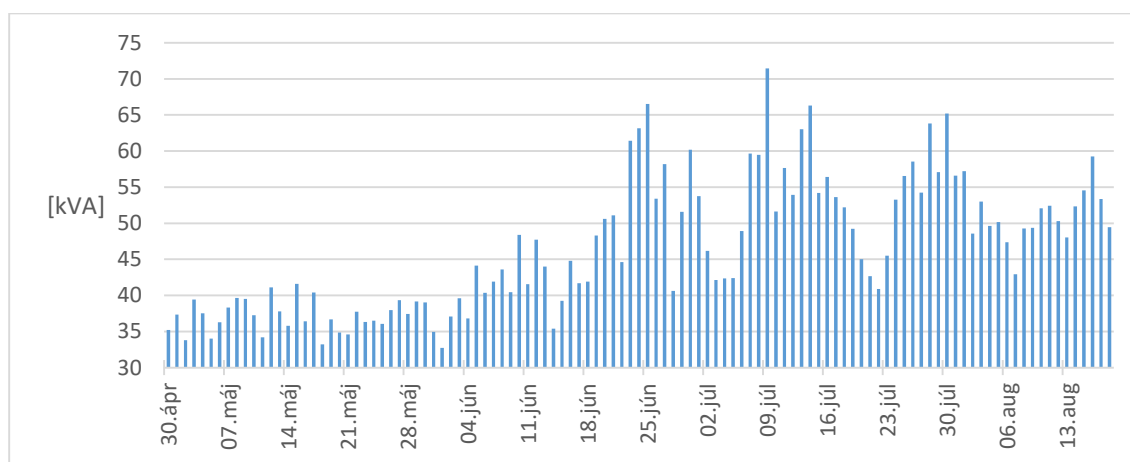
Az 5. diagram a HMKE-vek betáplálása nélküli, legkisebb terhelés időpontjainak eloszlását mutatja, továbbá tükrözi a centralizált villamosenergia-termelés napi legkisebb terhelésű időszakát is. A HMKE-vek betáplálása nélkül, a legkisebb terhelés 2021. április 30-a és 2021. augusztus 18-a között elsősorban hajnal 2-3 óra között jelentkezett. Bár voltak olyan napok, amelyeken napközben volt a legkisebb a terhelés, azonban nem ez volt a jellemző.



6. diagram. A napi legkisebb terhelés időpontjának eloszlása a HMKE-vek betáplálásával.

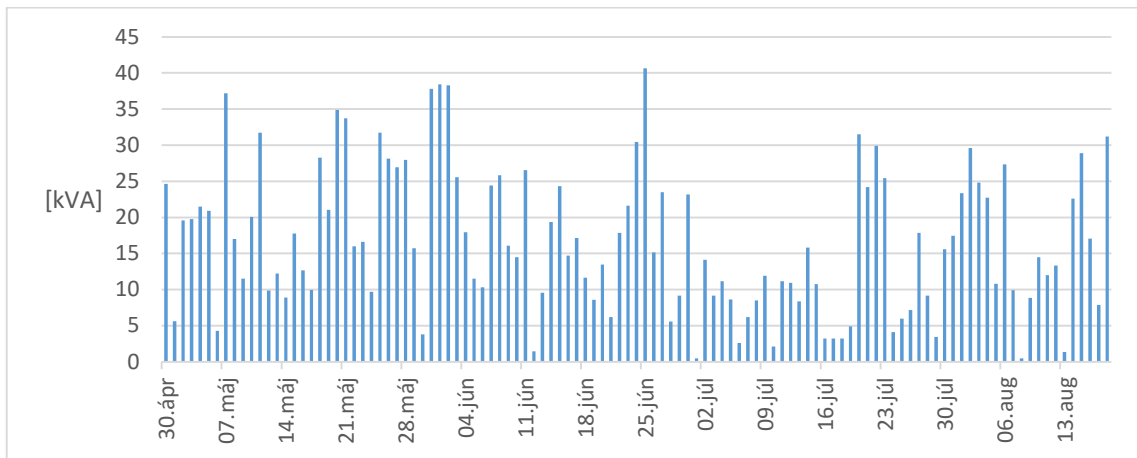
A 6. diagram a HMKE-vek betáplálása mellett jelentkező legkisebb terhelés időpontjának eloszlása látható. Az 5. és 6. diagramot összehasonlítva megállapítható,

hogy a legkisebb terhelés időpontja, a HMKE-vek betáplálásával, hajnal 2-3 óra közötti időszakról eltolódott a dél körüli időszakra. Ezt az időbeli eltolódást az okozza, hogy a zsombói KIF hálózaton lévő 13 darab HMKE által betáplált energia, napközben a több fogyasztó fogyasztási igényt is képes fedezni. Azonban a 6. diagramon megfigyelhető, hogy volt egy olyan nap, amikor a legkisebb terhelés időpontja megmaradt hajnal 2:45-kor. Ez azért volt lehetséges, mert aznap napközben, a HMKE-vek betáplálása nem volt képes a dél körül jelentkező terhelést a hajnali terhelés mértéke alá csökkenteni.



7. diagram. A napi legkisebb terhelés teljesítménye, a HMKE-vek betáplálása nélkül.

A 7. diagramon megfigyelhető, hogy a HMKE-vek betáplálása nélkül, a napi legkisebb terhelés teljesítmény májusban 35-40 kVA között ingadozott. Ezt követően június elejétől kezdve, a napi legkisebb terhelés teljesítménye növekedni kezdett. Nyáron már 40-70 kVA között változott a napi legkisebb terhelés teljesítménye. Ez a növekedés elsősorban a klíma- és egyéb hűtőberendezések használata miatt alakult ki. Mivel ezek a berendezések villamos energia felhasználásával képesek a lakást hűteni, így egyértelmű, hogy a nyári meleg időszakon kívül ritkán üzemelnek — kivétel azok a klímaberendezések, melyek fűtésre is alkalmasak —.



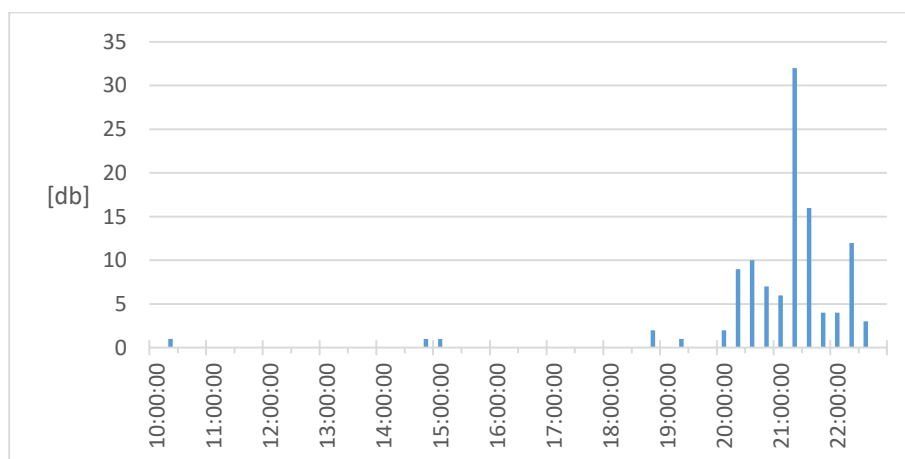
8. diagram. A napi legkisebb terhelés teljesítménye, a HMKE-vek betáplálásával.

A 8. diagramon a HMKE-vek betermelési teljesítményével csökkentett legkisebb terhelés teljesítménye látható. A legkisebb terhelés teljesítménye, a vizsgálati időszakon belül 0-40 kVA között ingadozott. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a nyári, napi legkisebb terhelés teljesítményének növekedésével, a vele egy időben jelentkező betáplálás teljesítményének növekedése, egy bizonyos mértékig képes kompenzálni. Ezáltal nyáron a HMKE-vek képesek a hálózatba azt a villamosenergia-mennyiséget betáplálni, amelyet helyben a klíma- és egyéb hűtő-berendezések elfogyasztanak — ezáltal a megtermelt villamos energiát helyben elfogyasztják a fogyasztók —.

Ezekből az adatokból több tanulság is levonható. Egyrészt a HMKE-vek mennyiségének és összesített névleges teljesítményének növekedésével, egyre jobban növekedni fog annak az esélye, hogy a napi legkisebb terhelés 10-14 óra között jelenik meg. Ez azért fontos, mert a fogyasztói terhelés befolyásolás időpontja elsősorban a napi legkisebb terhelésű időszak terhelését igyekszik növelni, és ez az időpont a HMKE-vek betáplálása miatt jól láthatóan képes eltolódni. Másrészt, vannak olyan fogyasztói berendezések, amelyeket pont abban az időszakban használnak, amikor a HMKE-vek betáplálási teljesítménye a legnagyobb.

2.4. A napi legnagyobb terhelés elemzése

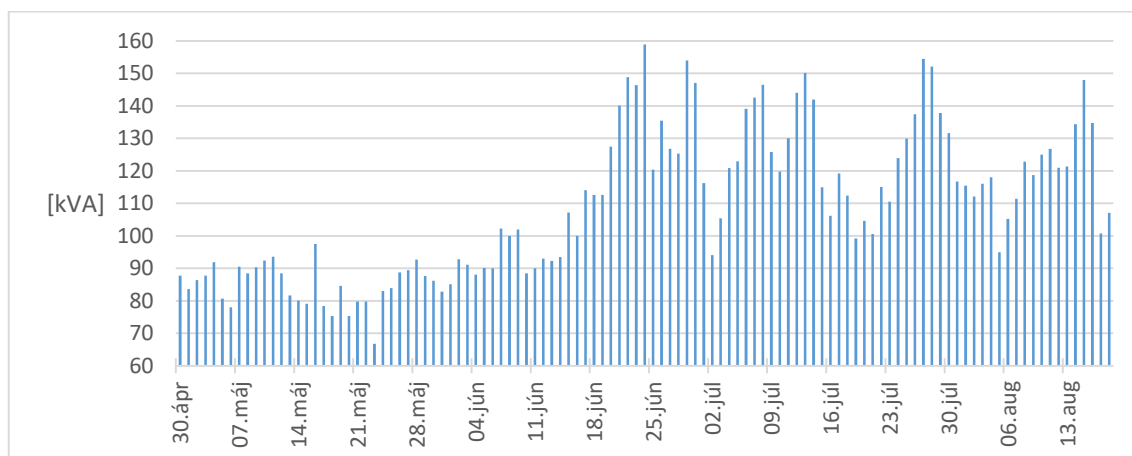
A legkisebb terhelés elemzése után megvizsgálom, hogy egy napon belül mikor jelentkezik a legnagyobb terhelés, valamint mekkora annak teljesítménye. Ezt követően külön megvizsgálom, hogy a betáplálási időn belül mekkora volt legnagyobb terhelés. Az előző fejezethez hasonlóan, ebben a fejezetben is, először a legnagyobb terhelés időbeli eloszlását mutatom be.



9. diagram. A napi legnagyobb terhelés időbeli eloszlása.

A 9. diagramon látható, hogy az napközben jelentkező egy-két alkalmon kivételével, a napi legnagyobb terhelés 20:00-22:30 között jelentkezik. Azaz majdnem az összes napon, a legnagyobb terhelés a betáplálási időszakon kívülre, vagy a betáplálási időszakon végére esik. Ekkor azonban a betáplálás teljesítménye már rendkívül csekély, aminek nincs jelentős terhelés csökkentő hatása. Ebből látszik, hogy a PV HMKE-vek nem akkor termelnek a hálózatba energiát, amikor arra a legnagyobb igény lenne. Jelenleg HMKE-ket az éves villamosenergia-fogyasztás alapján méretezik, ezért azok a betáplálási idő után elfogyasztott energiát is a betáplálási időn belül termelik meg.

A legnagyobb terhelés idejének megállapítása után megvizsgálom annak teljesítményét.



10. diagram. Napi legnagyobb terhelés teljesítménye.

A 10. diagramon látható, hogy májusban, a napi legnagyobb terhelés teljesítménye csak párszor haladja meg a 90 kVA-t, ehhez képest júniusban növekedni kezdett növekedni kezdett terhelés teljesítménye — ahogyan az a legkisebb terhelés teljesítményénél is tapasztalható volt —. A vizsgált időszakon belül, a legnagyobb terhelési teljesítmény 158,87 kVA volt. Ennek megállapítása azért különösen fontos, mert ez az a terhelési teljesítmény, amelyre a KIF hálózatokat és a transzformátorokat méretezni kell. Ez a vizsgált hálózat esetében azt jelenti, hogy a 400 kVA teljesítményű transzformátor helyett, bőven elegendő lenne egy 250 kVA teljesítményű transzformátor is, hiszen a legnagyobb terhelés mellett is, a 400 kVA teljesítményű transzformátor kiterheltsége 40%.

Ha a hálózatra csatlakozó, 153 háztartás legnagyobb terhelési teljesítményét a [3. hivatkozás] -ban meghatározottak alapján veszem figyelembe, akkor a 153 háztartás lehető legnagyobb terhelési teljesítménye:

$$S_{\max} = 94 * (230 * 3 * 20) + 59 * (230 * 1 * 32) = 1731,4 \text{ kVA}$$

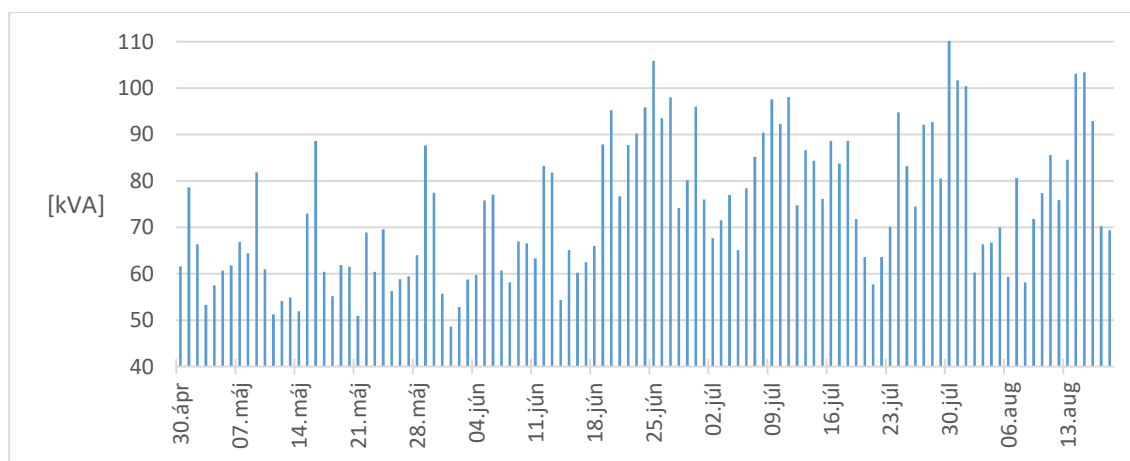
A hálózatra csatlakozó háztartások, egyszerre jelentkező, legnagyobb terhelési teljesítménye a lehetséges legnagyobb terhelési teljesítmény 11%-ával (158 kVA / 1731,4 kVA) egyenlő. Ezzel szemben a [2. hivatkozás]-ban megadott egyidejűségi tényező — a $C=0,2$ miatt — a maximális terhelés teljesítményét legalább annak 20%-ára csökkenti. A jövőben, az egyidejűségi tényezőt pontosabban meghatározásával optimálisabb — és

emellett hosszú távon is elégséges — KIF hálózatok tervezhetők, ami nagy mértékű megtakarítást jelenthet az elosztói engedélyesek számára.

Végül a 9. és a 10. diagramból az a következtetés vonom le, hogy a HMKE-vek betáplálása nem akkor jelentkezik, amikor a legnagyobb villamosenergia-igény van. Ennek következtében a HMKE-vek összesített névleges teljesítményének és növekedésével — a termelt energia tárolásának hiányában — egyre nagyobb mennyiségű lesz az az energia, amelyet már az adott transzformátor körzetben lévő fogyasztók nem tudnak helyben elfogyasztani. Ez az energiát már a közép feszültségű (röviden KÖF) hálózatba táplálják a HMKE-vek, annak ellenére, hogy az később, helyben is felhasználható lenne.

2.5. A HMKE-vek napi legnagyobb betáplálásának időszakán belül, a legnagyobb terhelés elemzése

A 9. diagram alapján látható, hogy a legnagyobb terhelésű időszak a HMKE-vek betáplálási időszakának a végén, vagy a vége után jelentkezik, ezért külön megvizsgálom, hogy a HMKE-vek legnagyobb betáplálási teljesítményű időszakán belül mekkora terhelés várható.



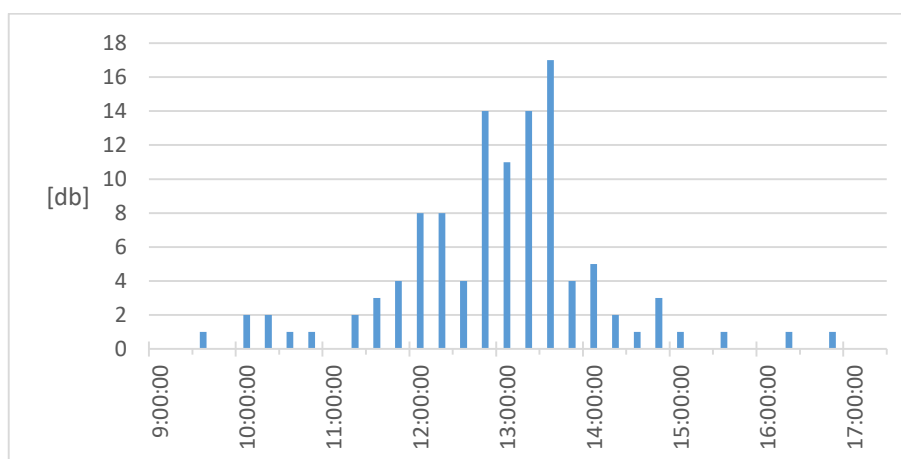
11. diagram. A terhelés teljesítménye, a HMKE-vek legnagyobb betáplálási teljesítményű időszakán belül.

A 11. diagramon látható, hogy a napi legnagyobb betáplálási időszakon belül, a legnagyobb terhelés teljesítménye 40-110 kVA között változott, ami jóval kisebb, mint a napi legnagyobb terhelés teljesítménye. A terhelés teljesítménye ekkor csak pár napon

haladta meg a 100 kVA-t, a napok nagy részében 40-80 kVA között változott. Ezzel szemben a hálózatra csatlakozó HMKE-vek összesített névleges teljesítménye 94,8 kVA, tehát belátható, hogy a betáplálás teljesítményének még a HMKE-vek névleges teljesítményét sem kell elérnie ahhoz, hogy a legtöbb napon ebben az időszakban jelentkező terhelést fedezni tudja. Ez azt jelenti, hogy a napok nagy részében, 12:00-13:30 között a 13 HMKE képes lenne ellátni mind a 153 háztartás fogyasztását. Ha a jövőben több háztartásnak lesz HMKE-je, akkor a napi legnagyobb betáplálási teljesítményű időszakban a HMKE-vek már biztosan képesek lesznek fedezni az ekkor jelentkező fogyasztást.

2.6. A HMKE-vek napi legnagyobb betáplálásának elemzése

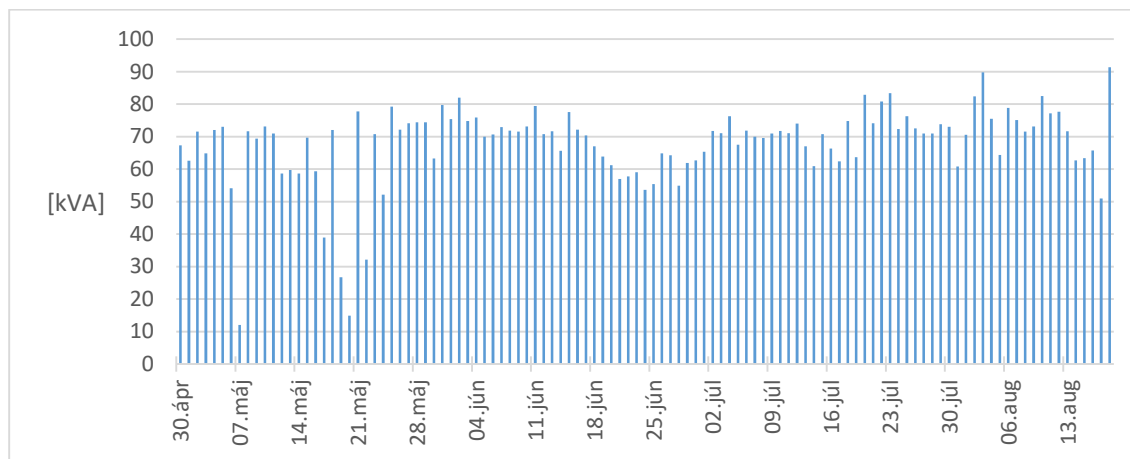
A betáplálási időszakon belüli legnagyobb terhelés elemzése után megvizsgálom, hogy 2021. április 30-a és 2021. augusztus 18-a között mikor jelentkezett a HMKE-vek napi legnagyobb betáplálási teljesítménye, valamint mekkora volt napi legnagyobb betáplálási teljesítmény. Szintén, először a napi legnagyobb betáplálási teljesítmény időbeli eloszlását vizsgálom meg.



12. diagram. A legnagyobb betáplálási teljesítmény időpontjának eloszlása.

A 12. diagram alapján megállapítható, hogy a legnagyobb betáplálási teljesítmény 9:30-tól 16:45-ig bármikor jelentkezhet. Ez azért lehetséges, mert az időjárás változás következtében, a felhős napokon nem feltétlen akkor volt a legnagyobb a napi betáplálási teljesítmény, mint a felhőzés mentes, napsütéses napokon. Azonban ha az csak azokat az időpontokat veszem figyelembe, amelyeknél a legnagyobb betáplálási teljesítmény

kettőnél többször fordult elő — ezzel kizárva azokat az időpontokat, amelyeken az időjárás szélsőségesen befolyásolta a betáplálás teljesítményét —, akkor az időintervallum 11:30-14:45 közé csökken. Ezen az intervallumon belül, a napok több mint $\frac{2}{3}$ —ában, már csak 12:00-13:30 között jelent meg a legnagyobb betáplálási teljesítmény. A 6. és a 12. diagramot összehasonlítva az a következtetés vonom le, hogy a napi legnagyobb betáplálási teljesítmény, legtöbb napra eső időszaka egybeesik a napi legkisebb terhelés, legtöbb napra eső időpontjával. Ez alapján a HMKE-vek betáplálása által kialakuló, napi legkisebb terhelésű időszak 10:00-14:00 között volt, a napi legnagyobb betáplálási teljesítményű időszak pedig 12:00-13:30 között jelent meg legtöbbször.



13. diagram. A HMKE-vek napi legnagyobb betáplálási teljesítményének értékei.

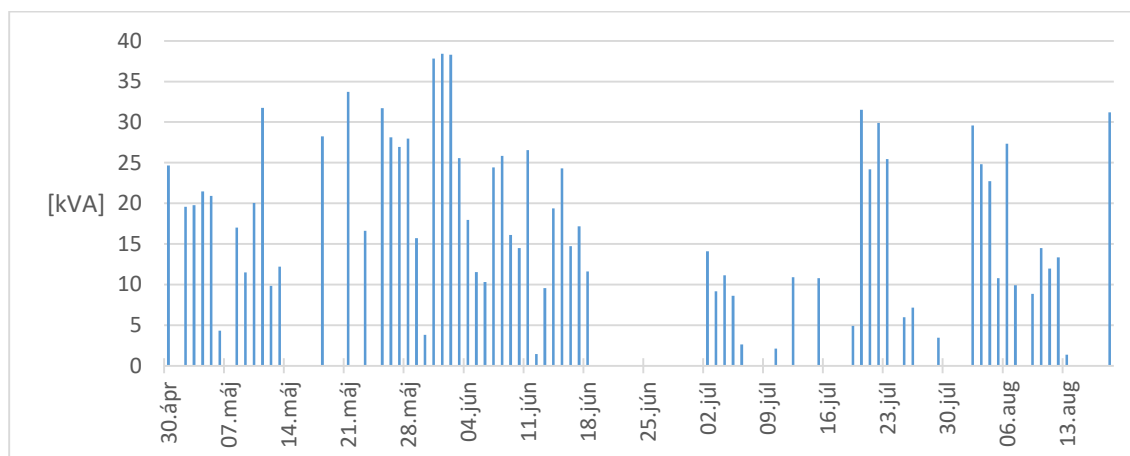
A 13. diagramon megfigyelhető, amit már korábban is megállapítottam, amely szerint a HMKE-vek betáplálása minden nap meg fog jelenni, azonban a betáplálás teljesítménye az egyes napokon jelentős mértékben képesek eltérni egymástól. A teljes vizsgálati időszakon belül, a napi legnagyobb betáplálási teljesítmény legkisebb értéke 11,98 kVA, a legnagyobb pedig 91,38 kVA volt. A két érték közti eltérés 79,4 kVA, ami a hálózaton lévő HMKE-vek összesített névleges teljesítményének több mint 80%-a. Ezen felül nem csak két, egymástól független nap legnagyobb betáplálási teljesítményében lehetnek jelentős eltérések, hanem akár egymást követő napokon is kialakulhat jelentős mértékű különbség. Ezt jól tükrözi a 2021. május 15-25 közti időszak.

Május 15-én a napi legnagyobb betáplálás teljesítménye elérte a 70 kVA-t, majd két nappal később, a napi legnagyobb betáplálás teljesítménye körülbelül a 15-ei érték felére esett vissza. Május 18-án a legnagyobb betáplálás teljesítménye ismét elérte a 70 kVA-t, 19-én pedig ismét drasztikusan lecsökkent, kevesebb, mint 30 kVA-ra. A csökkenés 20-án is folytatódott, ekkor már csak 15 kVA volt napi legnagyobb betáplálás teljesítménye, majd 21-én pedig már megközelítette a 80 kVA-t. Ez után megint egy jelentős mértékű teljesítmény csökkenés volt tapasztalható, amikor a napi legnagyobb betáplálás teljesítménye alig érte el a 30 kVA-t. Ezt követően, 23-án ismét megnőtt a napi legnagyobb betáplálás teljesítménye, 70 kVA-ra, majd másnap ismét lecsökkent. 25-e után már aránylag stabil maradt a napi legnagyobb betáplálás teljesítmény értéke. Ez a betermelési kaotikusság és kiszámíthatatlanság szintén a HMKE-vek egyik nagy problémája.

Ez alapján belátható, az időjárás nem csak egy napon belül képes a betáplálást jelentős mértékben befolyásolni, hanem akár egymást követő napok betáplálására is jelentős hatása lehet, akár hosszabb időszakon keresztül is. Ilyen időszakok főként tavasszal és ősszel fordulhatnak elő. Szerencsére azonban kiugróan alacsony betáplálás — például a május 7-i, 11,98 kVA-es napi legnagyobb betáplálási teljesítmény — csak ritkán fordul elő.

Az időjárás okozta betáplálási ingadozások elkerülése érdekében jelenleg nem lehet mit tenni, azonban a kis mértékű betáplálás kompenzálására egy jó megoldás a helyi energiatárolás megoldása. Ez lehet egy nagy kapacitású közcélú energiatároló vagy akár több, kisebb kapacitású, fogyasztóknál lévő energiatároló is. Ezek segítségével pótolni lehetne a kisesett betáplálást, a korábban betáplált energia el nem használt részével.

Végül megvizsgálom, hogy 2021. április 30-a és 2021. augusztus 18-a között az egyes napokon mekkora volt a betáplálás azon része, amelyet már nem fogyasztottak el helyben a fogyasztók. A 14. diagramon csak azokon a napokon jelöltem a betáplálási teljesítményt, amelyeken a meghaladta a terhelés teljesítményét.



14. diagram. A KÖF hálózatba betáplálás teljesítménye.

A 14. diagramon látható, hogy a HMKE-vek betáplálási teljesítménye akár 38 kVA-rel is meghaladhatja a terhelés teljesítményét. Azért fontos ezt kiemelni, mert erre a KIF hálózatra csatlakozó HMKE-vek összesített névleges teljesítménye 94,8 kVA, tehát ha minden HMKE a névleges teljesítményével termel, akkor — a fogyasztás csekélyisége miatt — a betáplálás 40%-át a KÖF hálózatba táplálják. Ha erre a KIF hálózatra csatlakozó HMKE-vek összesített névleges teljesítménye a jövőben nőni fog, azzal a KÖF hálózatba betáplálás teljesítménye és annak gyakorisága is növekedni fog.

Ennek oka, hogy a HMKE-vek méretezése az egy év alatt elfogyasztott villamos energia mennyiségét veszi alapul és a termeléssel ezt a mennyiséget igyekeznek fedezni. Ehhez a méretezésnél figyelembe veszik, hogy a HMKE-vek nem képesek egész nap termelni, valamint a termelési időszakon belül sem mindig termelnek a névleges teljesítményüknek megfelelően. Ennek következtében egy olyan túlméretezés jön létre, ami ugyan az egy év alatt elfogyasztott villamos energiát valóban képes fedezni, azonban egy napon belül biztosan lesznek olyan időszakok, amikor a HMKE több energiát termel, mint amennyit a tulajdonos háztartás el tudna fogyasztani. Emiatt a megtermelt villamos energia nagy részét a HMKE a KIF hálózatba betáplálja. Azért méretezik így a HMKE-veket, mert a HMKE-vekhez tartozó elszámolás alapját is — az úgynevezett szaldó elszámolás — az egy év alatt betáplált- és a elfogyasztott villamos energia különbsége képezi. Ezzel a HMKE tulajdonos háztartások a hálózatot egy „energiatárlóként” használják, bizonyos időszakokban vételeznek energiát és bizonyos időszakokban pedig betáplálnak. A valóságban azonban a hálózat nem képes az energia tárolására, ezért a

betáplált energia hálózaton keresztül eljut más fogyasztókhoz, akik elfogyasztják azt. Eközben a hálózaton megnő a feszültség, ami egy bizonyos szint felett már károsíthat fogyasztói berendezéseket. Ez nem csak a károsult fogyasztók számára, hanem az elosztói engedélyes számára is — kárpótlás követelése és annak jogosságának vizsgálata — rendkívül nagy problémát jelenthet. Ezért a jövőben érdemes változtatni az elszámolás módját. Mivel a HMKE méretezés célja elsősorban a megrendelő háztartás rezszi költségének csökkentése, ezért az elszámolási mód megváltoztatását követően várhatóan a méretezés mikéntje is meg fog változni.

2.7. Az adatok elemzésének összefoglalása

A lakossági fogyasztók, a HMKE-vek használatával fogyasztáson kívül már képesek betáplálásra is, ezzel kialakult a decentralizált villamosenergia-termelés. A HMKE használata a tulajdonos háztartás számára anyagi előnyt jelent, ezért nekik megéri egy ilyen rendszer telepítése, azonban az elosztói engedélyes számára nem feltétlen jelent előnyt, hogy a lakossági fogyasztók már betáplálásra is képesek.

A PV HMKE-vek termelését több tényező is befolyásolja. A termelés kezdetét és végét alapvetően befolyásolja a napkelte és a napnyugta időpontja, a két időpont között pedig az időjárás befolyásolja a termelést. Az időjárás hirtelen és nagymértékben képes befolyásolni termelés teljesítményét, ezzel a termelt villamos energia mennyiségét is.

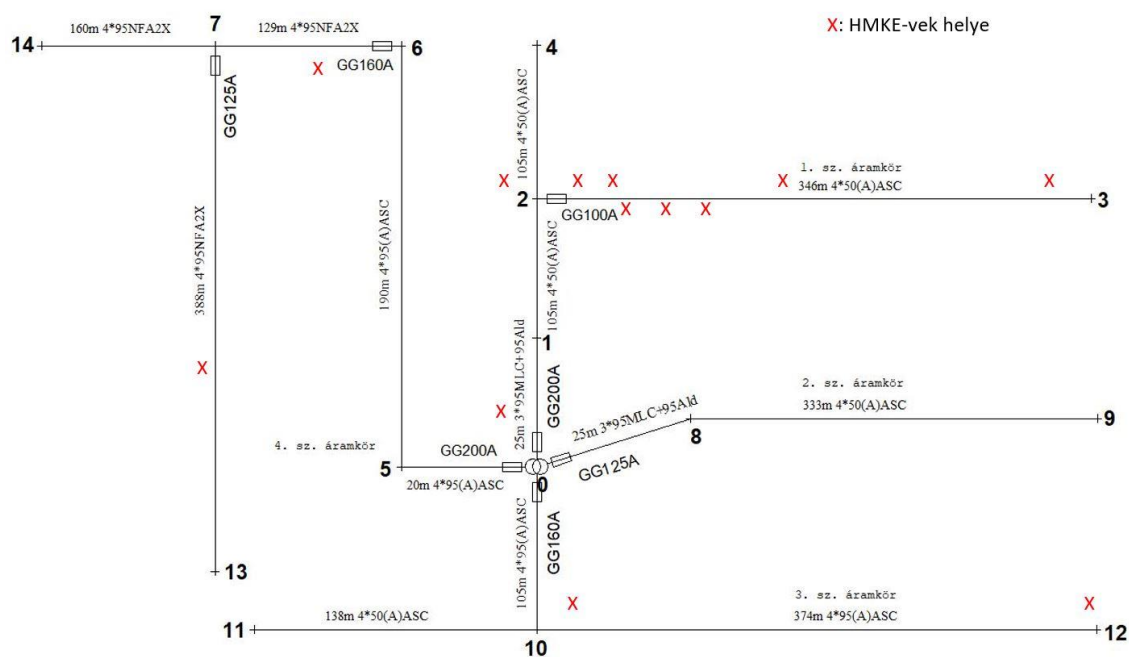
A fogyasztók általános, napi fogyasztási- és a HMKE-vek napi betáplálási görbéje alapján megállapítható, hogy a HMKE-vek nem akkor táplálnak be a legnagyobb teljesítménnyel, amikor az általuk betáplált energiára a legnagyobb igény lenne. A legnagyobb fogyasztási igény várhatóan a HMKE-vek betáplálási idejének végén, vagy a betáplálási időt követően jelentkezik. Ezzel szemben napközben, amikor a HMKE-vek betáplálása a legnagyobb teljesítményű, a napi legnagyobb terhelés töredéke jelentkezik. Ezért a HMKE-vek betáplálásának még azok összesített névleges teljesítményét sem kell elérnie ahhoz, hogy az ekkor jelentkező terhelést ki tudják elégíteni. Ezért több napon is, a KIF hálózatra csatlakozó 13 HMKE, a betermelési idő egy részében képes a 153 fogyasztó fogyasztását ellátni. Ez azért lehetséges, mert a HMKE-veket nem a legnagyobb termelési időszakban jelentkező fogyasztásra méretezik, hanem az egy év alatt elfogyasztott villamos energia fedezésére. A méretezés során figyelembe veszik,

hogy a PV HMKE-vek termelése nem állandó, továbbá, hogy az időjárás képes befolyásolni a termelés mértékét. Ezért amikor HMKE-vek a legnagyobb teljesítménnyel termelnek, biztosan több energiát állítanak elő, mint amennyit a tulajdonos háztartás képes lenne elfogyasztani. A méretezést az elszámolási mód alapján alakult ki így, ugyanis a HMKE-vekhez tartozó elszámolási az egy év alatt elfogyasztott és betáplált energia különbségét veszi alapul.

Végül, az egyidejűségi tényező értékével csökkentett lehetséges legnagyobb fogyasztási teljesítmény, a hálózaton tapasztalt valóságos legnagyobb fogyasztási teljesítmény többszöröse. Ez mind a hálózatok, mind a transzformátorok méretezésénél jelentős túlméretezést jelenthet. Ezért a jövőben az egyidejűségi tényező jelenlegi számítási módjától érdemes eltérni. Az egyidejűségi tényező pontos megállapításához használható az okos fogyasztásmérők nyújtotta online leolvasás lehetősége, ezzel mért adatok kiértékelése is jóval gyorsabban végezhető. Ezáltal a korábbinál jóval pontosabban meg lehet állapítani egy bizonyos fogyasztói csoport vagy fogyasztás terület várható legnagyobb terhelését. Valamint az okos fogyasztásmérők által lehetőség nyílik a különböző fogyasztási területekre, egyedi egyidejűségi tényező megállapítására is. Viszont egyidejűségi tényező pontos meghatározása mellett, figyelembe kell venni, hogy a megtervezett hálózat akár 20-30 év múlva is panasz mentesen tudjon üzemelni, ami mindenképpen túlméretezéssel jár.

3. A HÁLÓZATON MÉRT FESZÜLTSÉGEK ELEMZÉSE

A fogyasztás és betáplálás elemzése után megvizsgálom, hogy a korábban bemutatott hálózat különböző pontjain, hogyan változtak a feszültségek. Az ehhez szükséges adatokat a MVM Démász Áramhálózati Kft. biztosította.



2.ábra. A zsombói transzformátor körzet egyvonalas rajza.

A mérő berendezéseket a hálózaton a következő pontokban helyezték el: 0, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13 és 14. Ezek percenként továbbítják az 1 perc alatt mért értékek átlagát, ezáltal nagy pontossággal lekövethetőek az adott mérési ponton mért feszültségek. Mivel a mért feszültségek nem feltétlen tükrözik, hogy a fogyasztás vagy a betáplálás során alakultak ki, ezért a vizsgált napok betáplálási görbéjére támaszkodva fogom megvizsgálni a hálózaton kialakult feszültségeket.

Először 2021. április 30-a és 2021. augusztus 18-a között, először azon a két napon vizsgálom meg a mért feszültségeket, amelyeken a napi legnagyobb betáplálási teljesítmény minimális volt. Ezt követően azon a két napon, amelyeken a napi legnagyobb betáplálási teljesítmény a legnagyobb volt. Végül a két elemzést összehasonlítom és levonom az elemzés tanulságát.

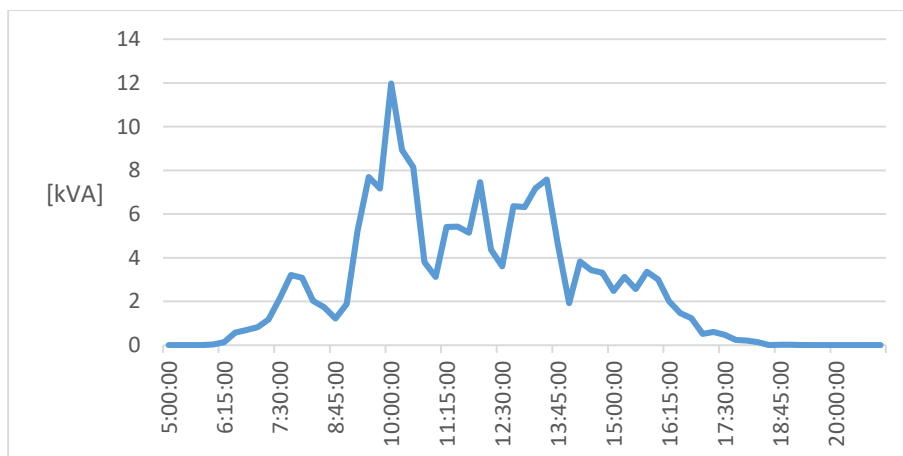
— L1 fázis feszültsége — L2 fázis feszültsége — L3 fázis feszültsége

4.ábra. Jelmagyarázat.

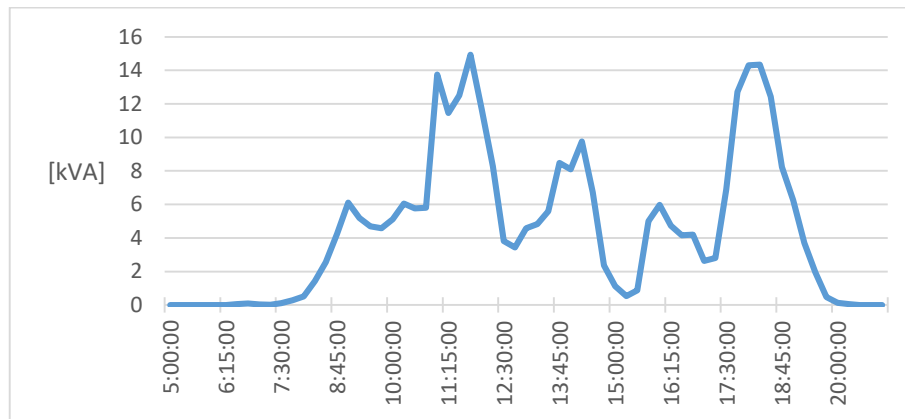
A 4. ábra a következő fejezetekben ábrázolt feszültség diagramok jelmagyarázata, mivel a három fázison mért feszültség értékeket minden diagramon ezzel a három színnek jelöltem. Ezért a diagramok nem tartalmaznak egyedi jelmagyarázatot.

3.1. A két legkisebb HMKE betáplálási teljesítményű napon mért feszültségek értékelése

A 13. diagramon, a napi legnagyobb betáplálási teljesítmények közül a legkisebb 2021. május 7-én — 15. diagram —, valamint hasonlóan kicsi betáplálási teljesítmény május 20-án — 16. diagram — volt. A 13. diagram alapján, ezen a két napon, a napi legnagyobb betáplálási teljesítmény 12 kVA, illetve 15 kVA volt. Május 7-én a betáplálás teljesítménye egy negyed órára érte csak el a 12 kVA-t, a nap többi részében ennél jóval kisebb volt. Május 20-án pedig két betáplálási teljesítmény csúcs jött létre, amelyeknél a betáplálás teljesítménye elérte a 15 kVA-t, azonban a két teljesítmény csúcson kívül, szintén jelentősen kisebb volt a betáplálás teljesítménye.

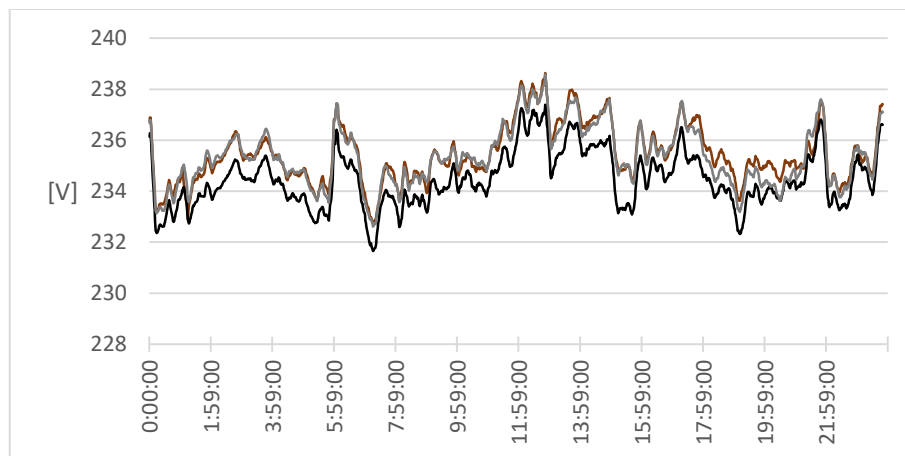


15. diagram. 2021. május 7-én, a HMKE-vek betáplálási görbéje.

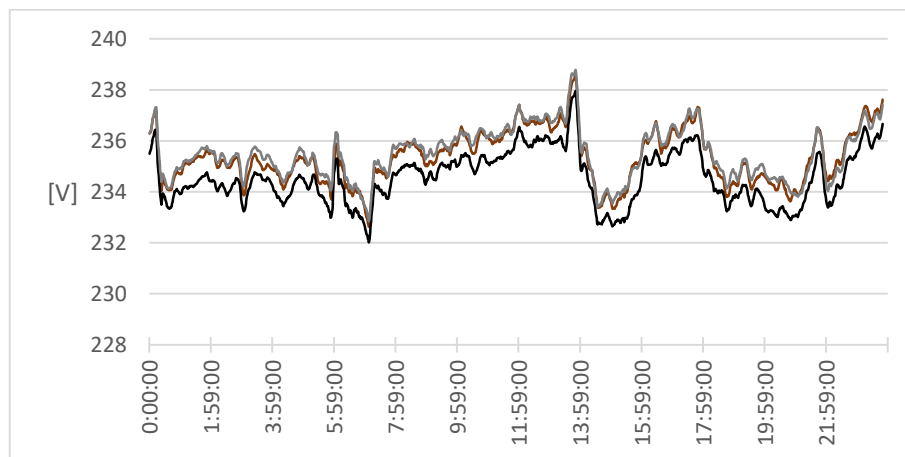


16. diagram. Május 20-án, a HMKE-vek betáplálási görbéje.

3.1.1.2021. május 7-én és 20-án, a transzformátor gyűjtősínen mért feszültségek értékelése



17. diagram. 2021. május 7-én, a transzformátor gyűjtősínen mért feszültségek.

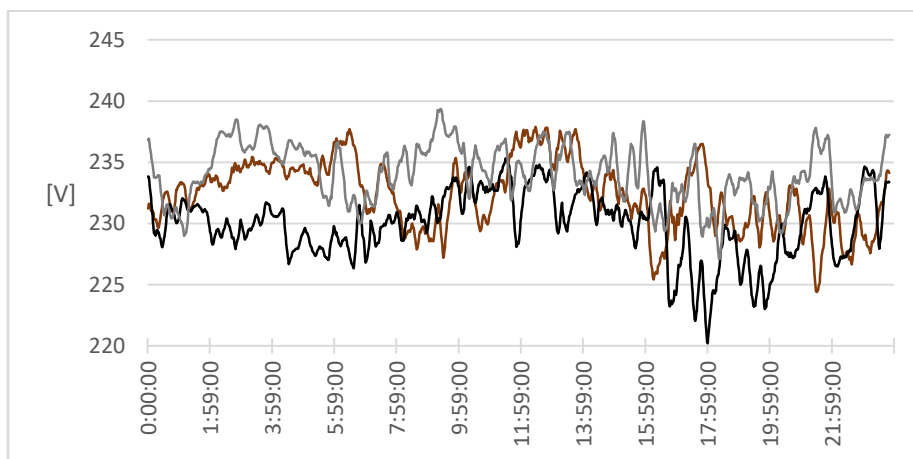


18. diagram. 2021. május 20-án, a transzformátor gyűjtősínen mért feszültségek.

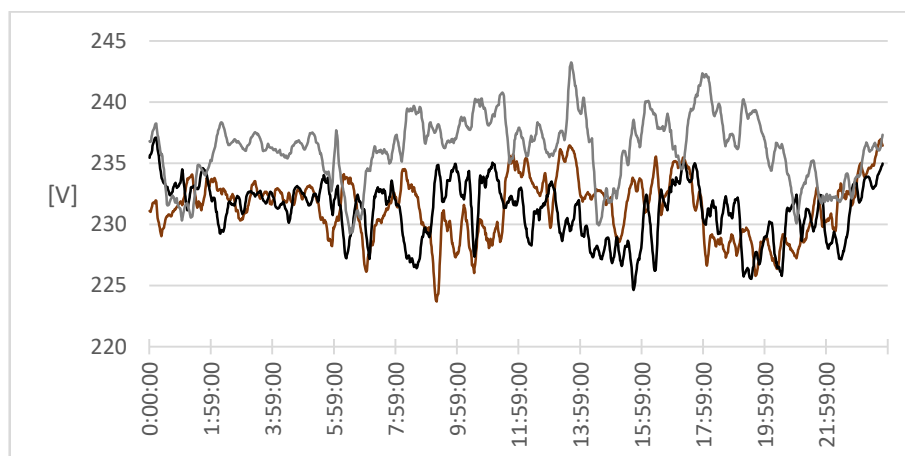
Május 7-én — 17. diagram — és 20-án — 18. diagram — is megfigyelhető, hogy az L2 fázis feszültsége eltér a másik két fázis feszültségéről, azonban az eltérés nem jelentős. A két napon mért feszültség diagramokat, az adott nap betáplálási görbéjével összehasonlítva megállapítható, hogy bár a betáplálás teljesítménye mindkét napon minimális, a betáplálás kezdetétől kezdve, mindkét napon emelkedik a transzformátor gyűjtősinjén mért feszültségek értéke. Ezen felül a 20-i betáplálási görbén — 16. diagram — a 15:00-kor látható betáplálási teljesítmény visszaesés hatása megfigyelhető a mért feszültségeken is. Ekkor mind a három fázis feszültsége 6 V-al csökkent — a betáplálás teljesítményének csökkenése miatt a terhelés nőtt meg—. Ezen a két napon a mért feszültségek 231-239 V között változtak, amelyek teljesen megfelelő értékek, — az [5. hivatkozás] alapján — $230\text{ V} \pm 7,5\%$ -os tartományon belül voltak.

A transzformátor gyűjtősinjén mért feszültségek értékelése után a 3. végpontban mért feszültségeket vizsgálok meg, mivel a 0-3 hálózat szakaszon van a legtöbb HMKE.

3.1.2.2021. május 7-én és 20-án, a 3. végpontban mért feszültségek értékelése



19. diagram. 2021. május 7-én, a 3. végpontban mért feszültségek.

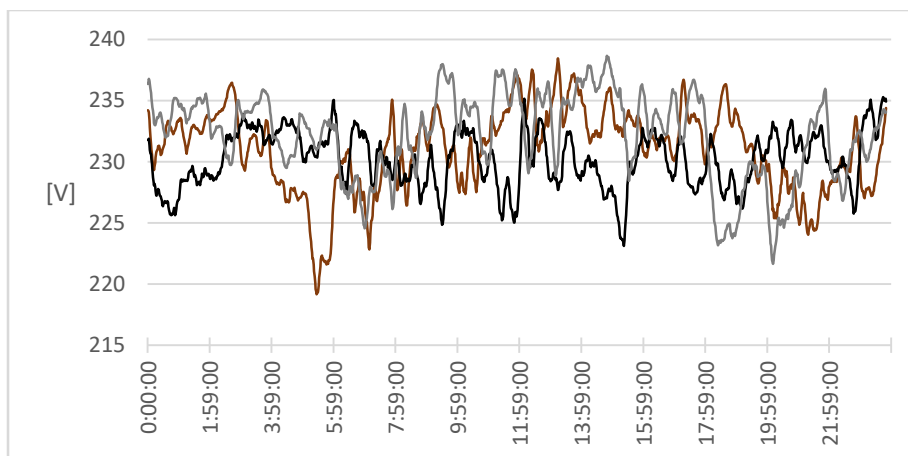


20. diagram. 2021. május 20-án, a 3. végpontban mért feszültségek.

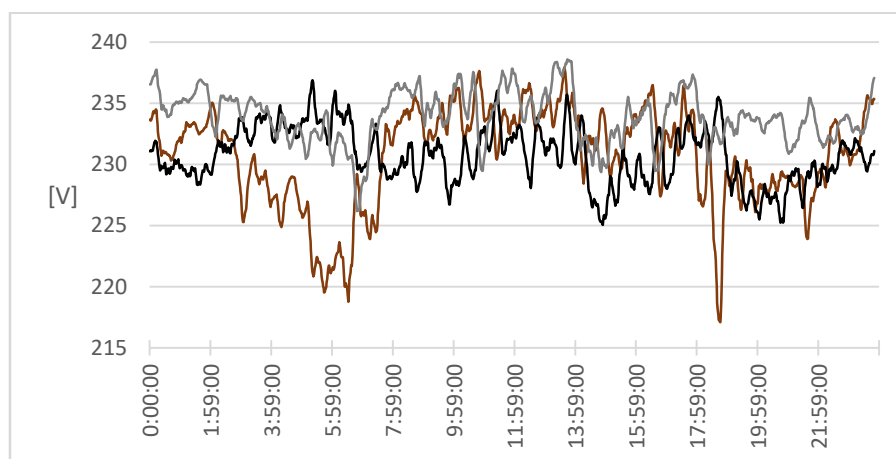
Május 7-én — 19. diagram — a 3. végpontban az L3 fázis feszültsége betáplálási görbe alapján — 15. diagram —, 10 órákor jelentkező betáplálási teljesítmény csúcs hatására 239 V-ra növekedett, miközben a transzformátor gyűjtősinjén, az L3 fázison ekkor 235 V feszültség volt. Ennél jelentősebb feszültség növekedés ezen a napon nem volt. Az L1 fázis feszültségét az L3 fázis feszültségénél kisebb mértékben befolyásolta a betáplálás, az L2 fázison feszültségét pedig szinte egyáltalán nem befolyásolta. Május 20-án — 20. diagram — a 3. végpontban, a betáplálási görbe alapján — 16. diagram —, 13:45-kor jelentkező betáplálási teljesítmény növekedés hatása az L3 fázis feszültsége 243 V-ra, valamint a 18 órákor jelentkező betáplálási teljesítmény csúcs hatására szintén 243 V-ra nőtt a fázis feszültsége. Az L3 fázis feszültsége a transzformátor gyűjtősinjén — 18. diagram — 13:45-kor 239 V, 18 órákor pedig 236 V volt. Ez jól mutatja, hogy nem szükséges jelnetős betáplálási teljesítmény ahhoz, hogy egy hálózat végpontján magasabb feszültség legyen mérhető, mint a hálózat elején. A 3. végpontban mért feszültségek is — az [5. hivatkozás] alapján — a 230 V +8/-7%-os határon belül voltak.

Ezt követően a hálózat 13. végpontjában mért feszültségeket vizsgálom meg, mivel 0-13 szakasz hossza 727 m, így a hálózatnak ez a leghosszabb szakasza. Ezen a hálózat szakaszon csak 2 HMKE van, ezért nem számítok jelentős feszültség növekedésre.

3.1.3.2021. május 7-én és 20-án, a 13. végpontban mért feszültségek értékelése



21. diagram. 2021. május 7-én, a 13. végpontban mért feszültségek.



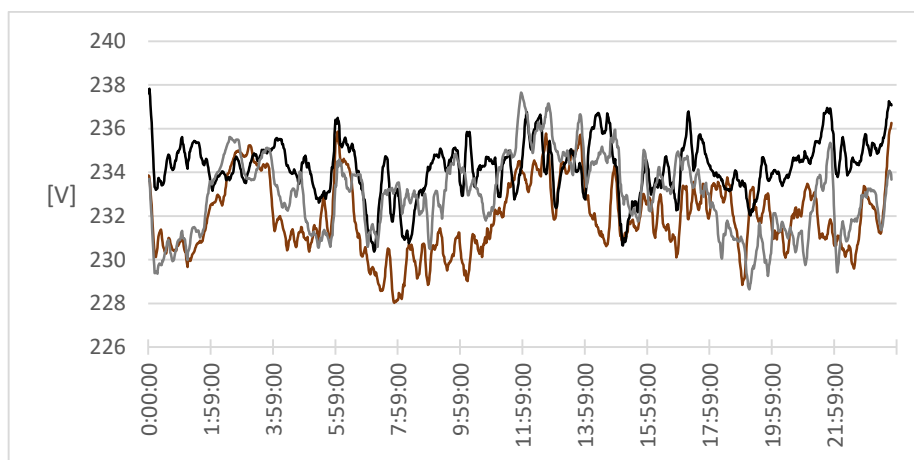
22. diagram. 2021. május 20-án, a 13. végpontban mért feszültségek.

Május 7-én — 21. diagram — és 20-án — 22. diagram — is a 13. végpontban az L1 fázis feszültségén megfigyelhető 6 órákor egy jelentős feszültség csökkenés, ekkor L1 fázis feszültsége mindkét napon 219 V-ra csökkent. A feszültség csökkenés valószínűleg azért csak ebben a fázisban volt, mert a legtöbb fogyasztói berendezés, amit ekkor a használnak, az L1 fázisra van csatlakoztatva. Ezzel szemben az L2 fázisban mindkét napon 6 órákor feszültség növekedés figyelhető meg. Május 7-én 6 óra után mindhárom fázis feszültsége 222-238 V között, 20-án 6-18:45 között pedig 225-238 V ingadozott. Május 20-án 18:45-kor volt egy hirtelen feszültség csökkenés az L1 fázis feszültségén, azonban ennek időtartama 4 perc volt, ezért ennek nem volt köze a HMKE-

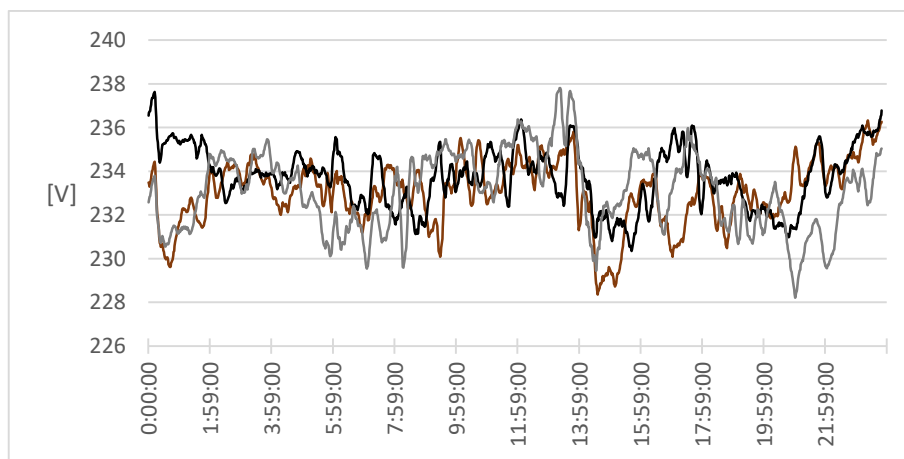
vek betáplálásához. A 13. végponton mért feszültségek is — az [5. hivatkozás] alapján — a 230 V +8/-7%-os határon belül voltak.

Végül a 9. végpont feszültségét vizsgálom meg, mivel a 0-9 szakaszon egyáltalán nincs HMKE. Ezen a hálózat szakaszon nem számítok feszültség növekedésre a transzformátor gyűjtősinjén mért feszültségekhez képest.

3.1.4. 2021. május 7-én és 20-án, a 9. végpontban mért feszültségek értékelése



23. diagram. 2021. május 7-én, a 9. végpontban mért feszültségek.



24. diagram. 2021. május 20-án, a 9. végpontban mért feszültségek.

Május 7-én — 23. diagram — a 9. végpontban az L2 fázis feszültsége a betáplálási idő előtt és után is jelentősen eltért a másik két fázis feszültségétől. Az L1 és L3 fázisok feszültsége a nap nagy részében hasonlóan alakult. Kiemelkedő feszültség növekedés nem figyelhető meg. Május 20-án — 24. diagram — a 9. végpontban a három fázis

feszültsége közt kisebb volt az eltérés, mint 7-én. A betáplálási időszak előtt 20-án is megfigyelhető az L2 fázis feszültségének eltérése a másik két fázis feszültségétől.

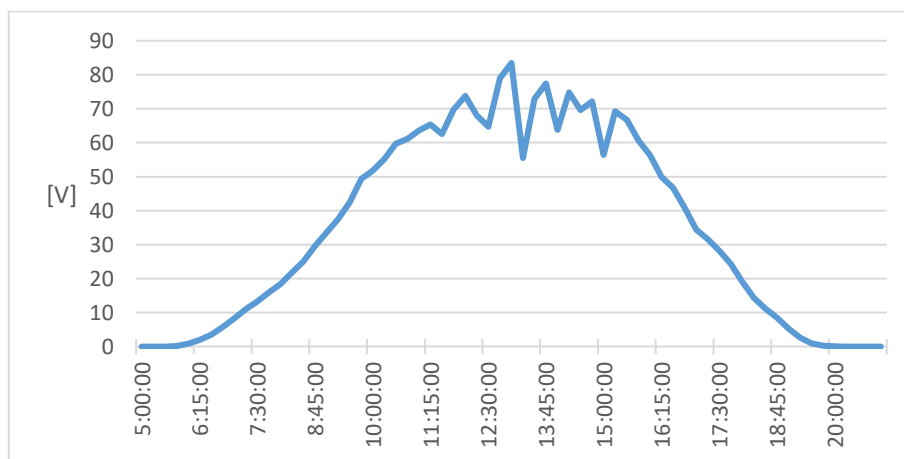
A 9. végpontban mért feszültségek is — az [5. hivatkozás] alapján — a 230 V +8/-7%-os határon belül voltak, így ezek alapján ez a hálózat szakasz is megfelelő.

Ennél a három végpontnál mért feszültségek jellemezni tudják a hálózat valamennyi végpontján mérhető feszültségeket, ezért a többi végpontban mért feszültségek bemutatását nem tartom szükségesnek. A 17-24. diagrammok alapján, mind a transzformátor gyűjtőszínen, mind a végpontokban mért feszültségek a 230 V +8/-7%-os feszültség tartományon belül voltak, ekkora mértékű betáplálási teljesítmény még egyáltalán nem okoz problémát a hálózaton.

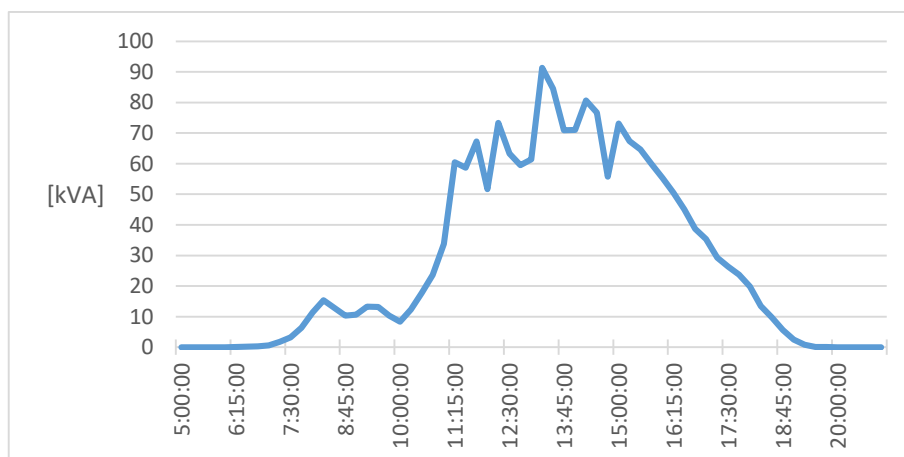
A következő fejezetben 2021. április 30-a és augusztus 18-a között azon a két napokon vizsgálom meg a mért feszültségeket, melyeken a betáplálás teljesítménye a legnagyobb volt.

3.2. A két legnagyobb HMKE betáplálási teljesítményű napokon mért feszültségek értékelése

A legnagyobb betáplálási teljesítmény 2021. augusztus 18-án — 26. diagram — volt, a napi legnagyobb betáplálási teljesítmény meghaladta a 90 kVA-t. A 26. diagram alapján, a 10 óra előtt a betáplálás teljesítménye jelentős kisebb volt, mint a 10 óra utáni, ezért ez a nap mellé egy olyan napot választok, amelyen a betáplálás teljesítményét kevésbé befolyásolta az időjárás, valamint a napi legnagyobb betáplálási teljesítmény megközelítette az augusztus 18-i legnagyobb betáplálási teljesítményt. Ezeknek a követelményeknek 2021. július 23-a — 25. diagram — felel meg. Ezen a napon a legnagyobb betáplálási teljesítmény 83 kVA volt.

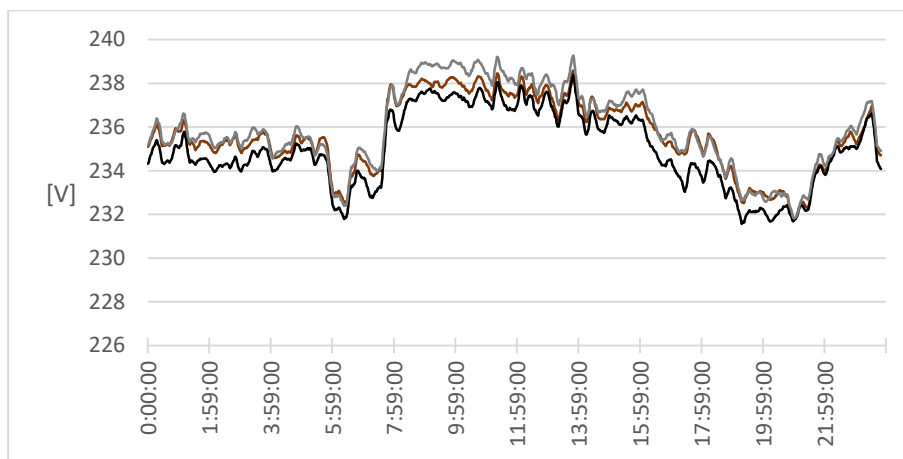


25. diagram. 2021. július 23-án, a HMKE-vek betáplálási görbéje.

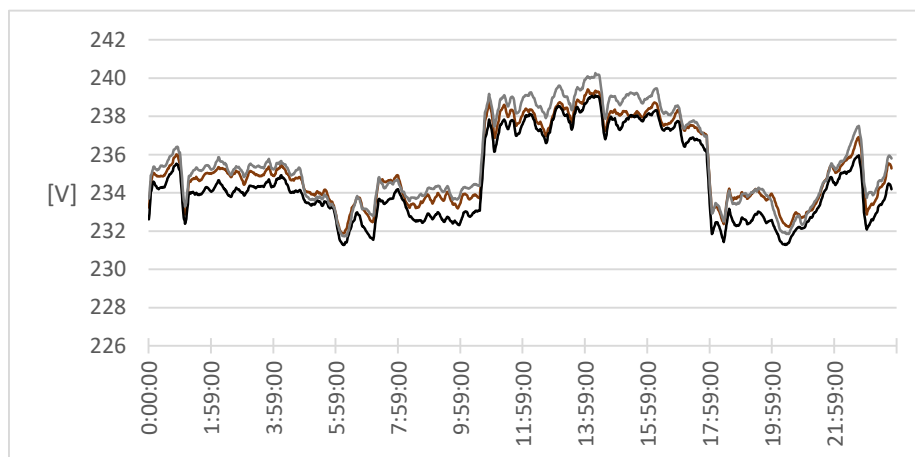


26. diagram. 2021. augusztus 18-án, a HMKE-vek betáplálási görbéje.

3.2.1. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a transzformátor gyűjtősínen mért feszültségek értékelése



27. diagram. 2021. július 23-án, a transzformátor gyűjtősínen mért feszültségek.



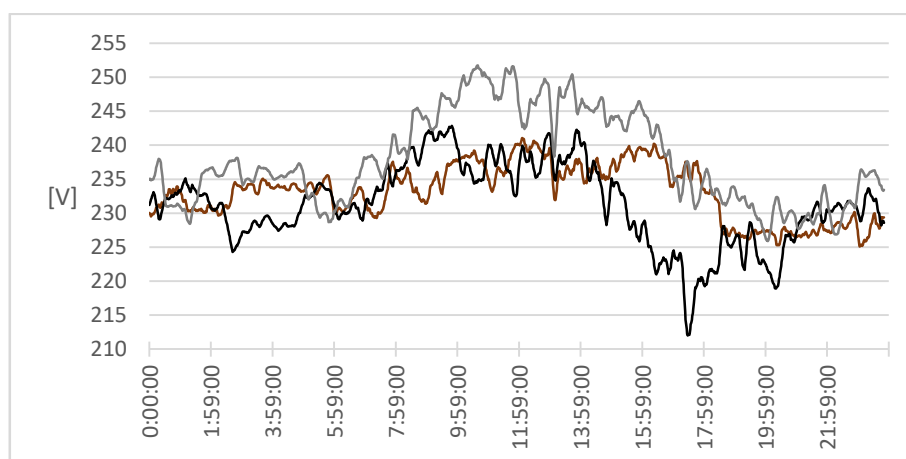
28. diagram. 2021. augusztus 18-án, a transzformátor gyűjtősínen mért feszültségek.

Július 23-én — 27. diagram — és az augusztus 18-án — 28. diagram — a transzformátor gyűjtősínjén mért feszültségek már jóval tovább voltak 238 V körül, mint a májusi napokon mért feszültségek. Mindkét napon, hajnalban 235 V körül ingadozott a három fázis feszültsége, majd 6-8 óra között volt két darab feszültség csökkenés. Július 23-án 8 órakor mind a három fázis feszültsége 233 V-ról 238 V-ra nőtt, majd 12 órától kezdve egészen a betáplálási idő végéig — 19 óráig —, csökkent, 233 V-ig. Ezzel szemben augusztus 18-án a betáplálás teljesítménye 10 óráig nem haladta meg a 15 kVA-t, ezért 10 óráig a fázisok feszültségei nem emelkedett 235 V fölé. Ezt követően — 26. diagram — a betáplálás teljesítményének hirtelen növekedésével, a feszültségek 234 V-

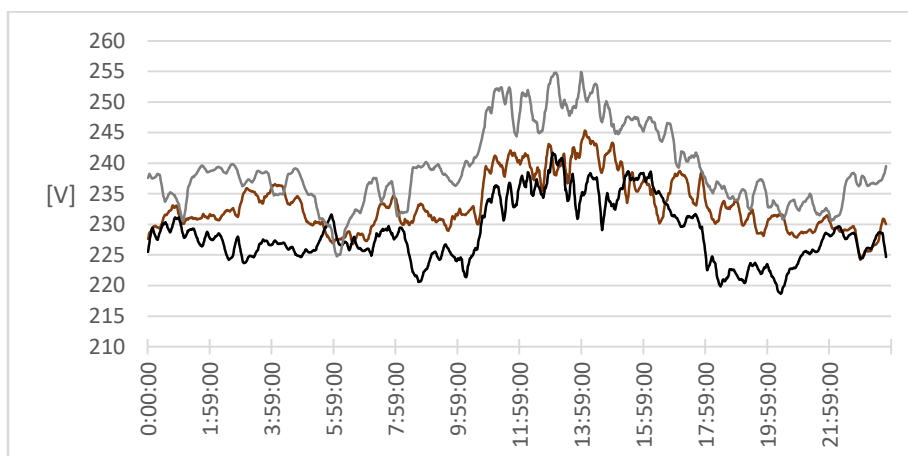
ról 238 V-ra nőttek. Mindkét napon a betáplálás végét követően a feszültségek 233 V-ra csökkentek, majd az esti csúcsfogyasztási időszak után, a fogasztás csökkenésével növekedni kezdett a feszültség is. Mindkét napon a feszültségek 231-240 V között ingadoztak, amelyek teljesen megfelelő értékek, — az [5. hivatkozás] alapján — $230\text{ V} \pm 7,5\%$ -os tartományon belül voltak.

Július 23-án és augusztus 18-án, a transzformátor gyűjtősinen mért feszültségek jóval tovább voltak 238 V körül, mint a májusi napokon, továbbá a két nyári napon a betáplálás teljesítményének gyors- és nagymértékű növekedése miatt jóval gyorsabban változtak a feszültségek, mint a májusi napokon.

3.2.2. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a 3. végpontban mért feszültségek értékelése



29. diagram. 2021. július 23-án, a 3. végpontban mért feszültségek.



30. diagram. 2021. augusztus 18-án, a 3. végpontban mért feszültségek.

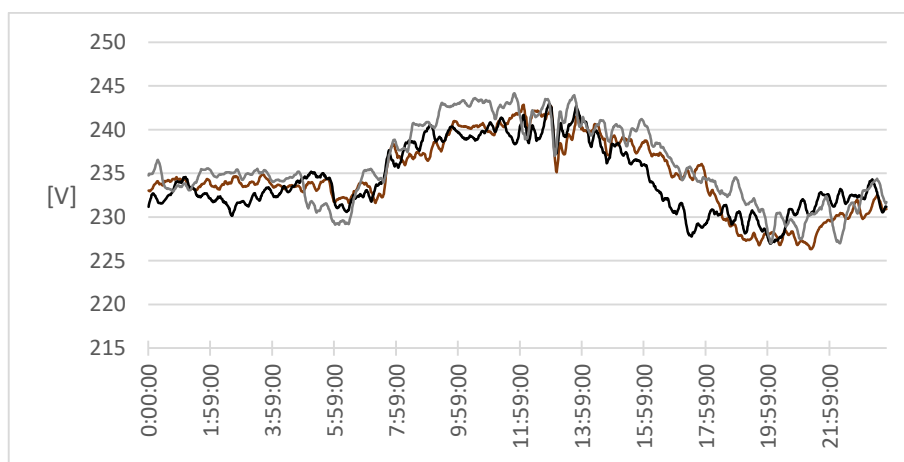
Július 23-án —29. diagram — és augusztus 18-án —30. diagram — is a 3. végpontban mért feszültségek jóval nagyobb mértékben tétek el a névleges feszültségtől, mint a transzformátor gyűjtősinjén mért feszültségek. Július 23-án az L3 fázis feszültsége kétszer, rövid időre meghaladta a 250 V-ot, augusztus 18-án pedig volt, amikor a 255 V-ot is elérte. Július 23-án az L1 fázis feszültsége 230 V-ról csak 240 V-ra nőtt, majd a betáplálási idő után, aránylag gyorsan 227 V-ra csökkent. Az L2 fázis feszültsége pedig a hajnali 228 V-ról 243 V-ra nőtt, majd 14 órától kezdve csökkent, 213 V-ig. Augusztus 18-án az L1 fázis feszültsége napközben már elérte a 245 V-ot, majd a betáplálás teljesítményének csökkenésével a fázis feszültsége is csökkent. Az L2 fázis feszültsége 10 órára 222 V-ra csökkent, a betáplálási teljesítmény — 26. diagram — hirtelen megugrásával 236 V-ra nőtt, majd a betáplálást követően 218 V-ra csökkent. Ezen a két napon mért feszültségek már ugyan meghaladták a 230 V +8%-os határt, azonban az egyhetes mérési adatok alapján, ezek a megengedhető 5%-os tartományon belül voltak.

Július 23-án és augusztus 18-án a betáplálás teljesítménye jóval nagyobb mértékű volt, mint a májusi napok betáplálási teljesítménye. A 3. végpontban mért feszültségek a májusi napokon 220-240 V közt, július 23-án és augusztus 18-án pedig már 212-255 V közt változtak. Ha a 0-3 hálózat szakaszon a jövőben több HMKE-vet telepítenek, akkor a betáplálás okozta 230 V +8% fölé nőtt feszültség időtartama már nem biztos, hogy a megengedhető 5%-os határon belül képes maradni. Ez jelenleg nem igényli a 2-3 hálózat szakasz módosítását, azonban ha a jelenleginél több HMKE lesz ezen a hálózat

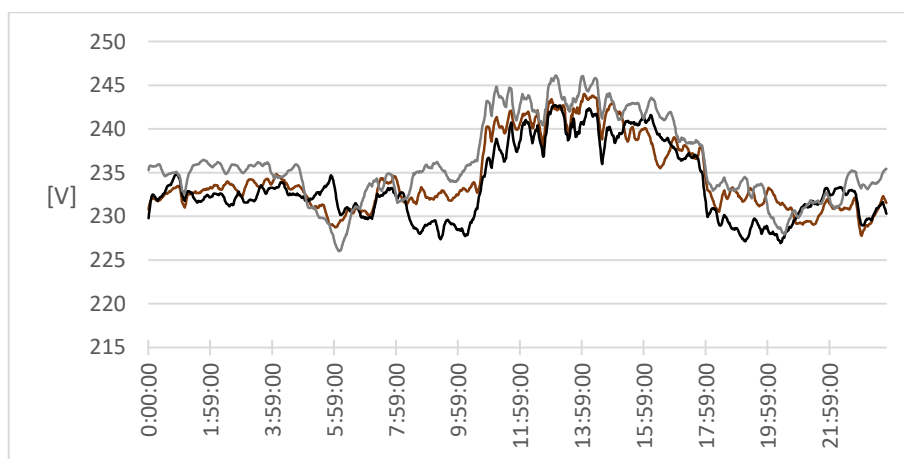
szakaszon, akkor a kialakuló feszültségek már indokolhatják a hálózat szakasz módosítását.

A 3. pont a 2. pontból kiinduló leágazás végpontja, a 2. pont pedig 0-4 hálózat szakasz egyik pontja. Ezért a 13. végpontban mért feszültségek értékelése előtt a 4. végpontban mért feszültségeket értékelem, hogy abban a végpontban tapasztalható-e akkora mértékű feszültség növekedés, mint a 3. végpontban.

3.2.3. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a 4. végpontban mért feszültségek értékelése



31. diagram. 2021. július 23-án, a 4. végpontban mért feszültségek.

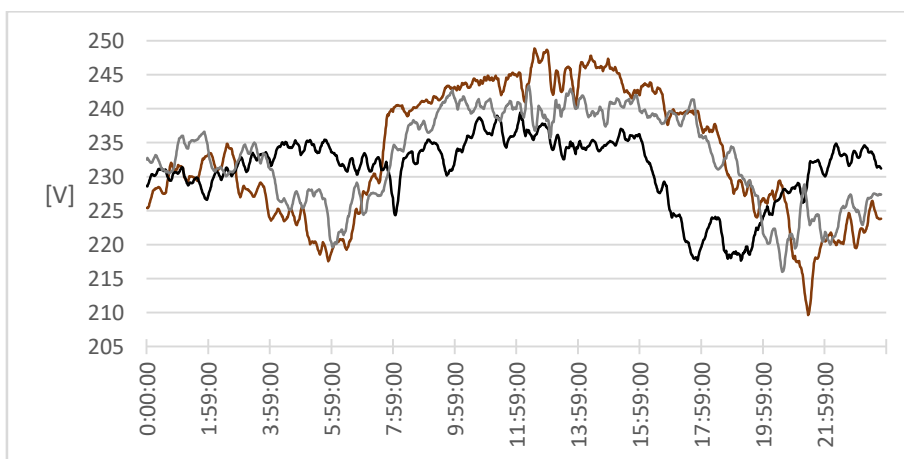


32. diagram. 2021. augusztus 18-án, a 4. végpontban mért feszültségek.

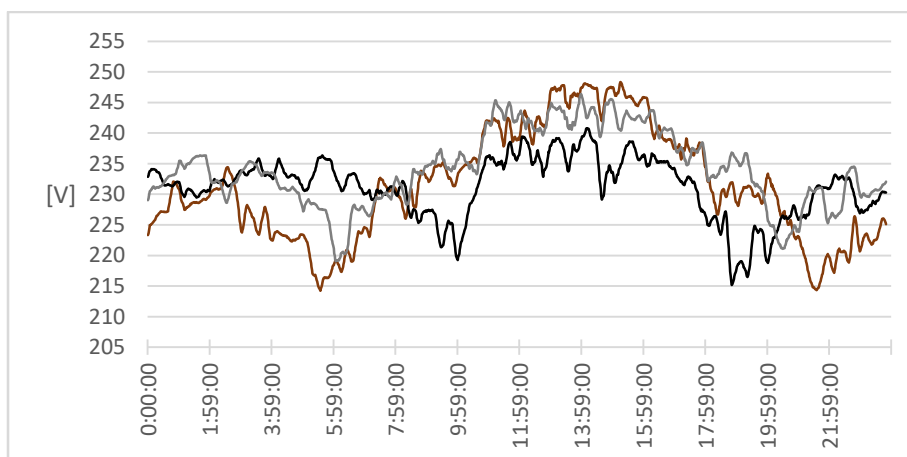
Július 23-án — 31. diagram — a 4. végpontban mért feszültségek, 6 óráig, 233 V körül ingadoztak, majd 6 órától kezdve növekedni kezdetek és napközben elérték a 240 V-ot. A feszültségeik 15 órától kezdve csökkentek, majd az esti csúcsterheléskor elérték

a 230 V-ot. Augusztus 18-án — 32. diagram — a betáplálás — 26. diagram — hirtelen emelkedése a 4. végpontban is észrevehető volt, 10 órákor a mind a három fázis feszültsége 234 V-ról 240 V-ra emelkedtek. Ezen a napon is, szintén 15 óra után csökkentek a feszültségek, szintén 230 V-ig. Mindkét napon 19 óra után a fogyasztás csökkenésével fázisok feszültségei lassan emelkedtek. A 4. végpontban mért feszültségek bőven — az [5. hivatkozás] alapján — a névleges feszültség $+8/-7\%$ -os határán belül változtak, ezért a 0-4 hálózat szakasz módosítása egyáltalán nem indokolt, még a HMKE-vek összesített névleges teljesítményének növekedése esetén sem.

3.2.4. 2021. július 23-án és augusztus 18-án, a 13. végpontban mért feszültségek értékelése



33. diagram. 2021. július 23-án, a 13. végpontban mért feszültségek.

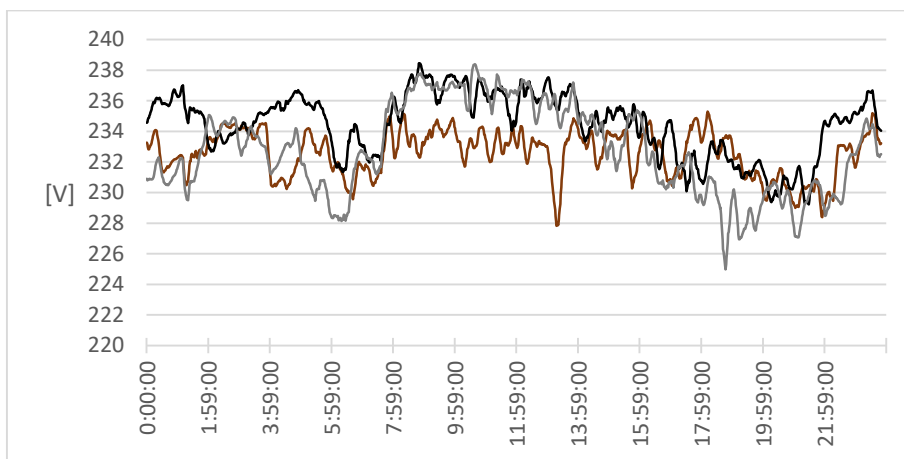


34. diagram. 2021. augusztus 18-án, a 13. végpontban mért feszültségek.

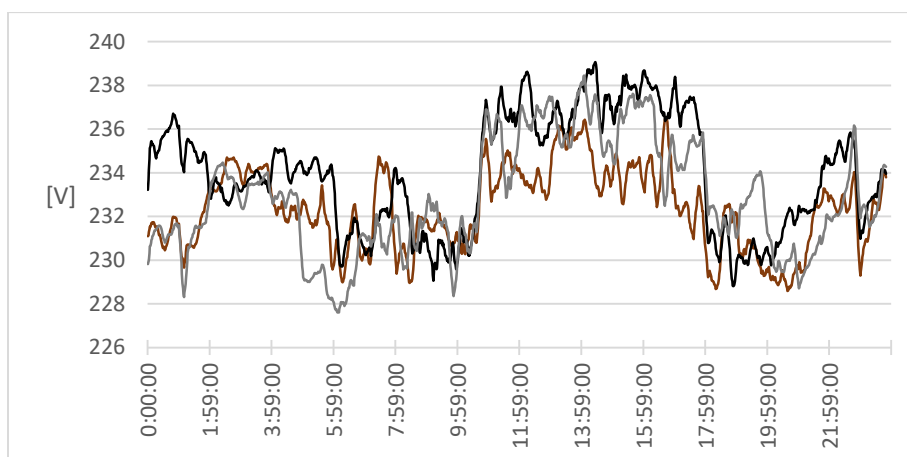
Július 23-án — 33. diagram — és augusztus 18-án — 34. diagram — is a 13. végpontban, a 6 órákor megjelenő terhelés csak az L1 és L3 fázisokban okozott feszültség csökkenést. Ezt követően a két fázis feszültsége egyszerre kezdet el nőni, körülbelül 245 V-ig, majd a betáplálási teljesítmény csökkenésével egyszerre is csökkentek. Mindkét napon, az esti csúcsterhelés idejében az L1 fázis feszültsége jóval tovább csökkent, mint az L3 fázisfeszültsége, valamint az L3 fázison a terhelés is hamarabb kezdett el csökkenni, mint az L1 fázison. Ezzel szemben július 23-án az L2 fázis feszültsége 16 óráig lassan emelkedett 230 V-ról 235 V-ra, majd 16 óra után, a betáplálási teljesítmény csökkenésével, 2 óra alatt, a fázis feszültsége 218 V-ra csökkent. Az esti csúcsterhelés után, ismért elérte a 230 V-ot. Ezzel szemben augusztus 18-án 6 órákor, az L2 fázis feszültsége jóval nagyobb volt, mint a másik két fázis feszültsége, majd 10 órára lecsökkent 218 V-ra, 10 óra után pedig a betáplálási teljesítmény hirtelen növekedésével az L2 fázis feszültsége is hirtelen 235 V-ra nőtt. A betáplálási teljesítmény csökkenésével az L2 fázis feszültsége is csökkenni kezdett, amely 215 V-ig tartott. Érdeemes megfigyelni, hogy mindkét napon, az esti csúcsterheléskor, az L2 fázis feszültsége 19 órákor, míg az L1 fázis feszültsége 22 órákor volt a legkisebb. A 13. végpontban mért feszültségek is — az [5. hivatkozás] alapján — a 230 V +8/-7%-os határon belül voltak.

A májusi két napokon főként 220-240 V között, ezzel szemben a július 23-án és augusztus 18-án 215-247 V között ingadozott a fázisok feszültsége. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy ha erre a hálózat szakaszra újabb HMKE-veket telepítenek, akkor a feszültség 250 V fölé is nőhet. Azonban amíg nem jelennek meg újabb HMKE-vek, addig a 0-13 hálózat szakasz módosítása nem indokolt.

3.2.5.2021. július 23-án és augusztus 18-án, a 9. végpontban mért feszültségek értékelése



35. diagram. 2021. július 23-án, a 9. végpontban mért feszültségek.



36. diagram. 2021. augusztus 18-án, a 9. végpontban mért feszültségek.

Július 23-án — 35. diagram — a 9. végpontban az L1 fázis feszültsége 225-235 V között, az L2 és L3 fázis feszültsége pedig 224-238 V között változott. A betáplálás miatti feszültség növekedés csak az L2 és L3 fázisokban figyelhető meg. Az L2 és L3 fázis feszültsége 9 órára elérte a 238 V-ot, majd lassan csökkentek, az L2 fázis feszültsége 230 V-ig, az L3 fázis feszültsége 225 V-ig. Az L1 fázis feszültségén 13:20-kor megfigyelhető egy feszültség csökkenés, azonban ez nem a betáplálás hatására jött létre. Augusztus 18-án az L1 fázis feszültsége 229-236 V között, az L2 és L3 fázisok feszültségei ezen a 227-239 V között változtak. A betáplálási teljesítmény — 26. diagram

— hirtelen növekedésével, ezen a végponton is megfigyelhető, mind a három fázis hirtelen feszültség növekedése, amely a transzformátor gyűjtősinjén megnőtt feszültségek hatására jött létre. A 9. végponton mért feszültségek is — az [5. hivatkozás] alapján — a 230 V +8/-7%-os határon belül voltak.

A májusi két napon, valamint július 23-án és augusztus 18-án is, a feszültségek 225-239 V között változtak, viszont ez a változás a nyári két napon jóval nagyobb mértékű volt, mint májusi két napokon. Ennek oka egyrészt a betáplálási teljesítmény változása és annak mértéke, másrészt pedig a májusi kisebb terhelés volt. Látható, hogy bár a 0-9 hálózat szakaszon nincsenek HMKE-vek, a betáplálás mégis kihat erre a szakaszra is.

3.3. Összefoglalás és értékelés

A hálózaton mért értékekből alapján látható, hogy a fázisok feszültségei széles határok között képesek változni, amelyet már nem csak a változó fogyasztás okoz, hanem a HMKE-vek betáplálása is.

A hálózat szinte mindegyik végpontjában, a feszültség az [5. hivatkozás] –ban megadott határok közt változott, kivétel a 3. végpont. Itt bár a feszültségek rövid időre meghaladták a megengedett, névleges feszültség +8/-7%-os értéket, ennek időtartama a megengedhető 5%-os határon belül volt. Ez jelenleg nem indokol beavatkozást a hálózaton, azonban ha a 0-3 hálózat szakaszon újabb HMKE-veket telepítenek, akkor már a +8% fölé nőtt feszültség időtartama meghaladhatja a megengedett időhatárt is, ami már indokol beavatkozást a 0-3 hálózat szakaszon. A 4. végpontban nem volt ekkora mértékű a feszültség növelés, ezért a 0-4 hálózat szakasz a közeljövőben sem fog beavatkozást igényelni.

A HMKE-vekkel termelt villamos energia minél kisebb részét használják fel a tulajdonos háztartások, annál nagyobb mértékű lesz a betáplálás. Ez azért fontos, mert a feszültség növelést a betáplálás mértéke, valamint a HMKE-veket nem használó háztartások fogyasztása is befolyásolja. Ezért a napi legnagyobb betáplálási teljesítményű időszakon belül kialakuló, túl magas feszültségek elkerülése érdekében érdemes növelni a HMKE-veket használó háztartások fogyasztását. A fogyasztás növelésével, csökken a betáplálás mértéke, valamint a betáplált energiát a többi fogyasztó hamarabb képesek

elfogyasztani. Ez elsősorban HKV és RKV vezérléssel oldható meg, melyeket úgy kell beállítani, hogy a több HMKE-vel rendelkező transzformátor körzetekben, a napi legnagyobb betáplálási teljesítményű időszakon belül (12:00-13:30), a jelenleginél nagyobb fogyasztás jöjjön létre. Így várhatóan a HMKE-vet használó és nem használó fogyasztók terhelése is emelkedik, elősegítve a betáplált energia helyben elfogyasztását.

Továbbá, a HMKE-vet használó háztartások számára olyan elszámolási módot kell kialakítani, amely a jelenlegi elszámolási módnál kevésbé támogatja a betáplálást. A saját fogyasztás növelése érdekében, érdemes tájékoztatni a HMKE-vet használó háztartásokat a napi betáplálási időszakon belüli fogyasztásuk növelésének lehetőségeiről. Ezzel várhatóan tovább csökkenthető a betáplálás mértéke.

4. FEJLESZTÉSI JAVASLAT

Az okos fogyasztásmérők megjelenés előtt csak becsülni lehetett egy fogyasztó vagy fogyasztói csoport, egy időszakon belül jelentkező fogyasztását. Azonban ezek használatával a hálózati engedélyesek számára lehetőség nyílt a fogyasztásmérők adatainak online, szinte azonnali leolvasására, ezáltal pontosabb képet kapva a fogyasztási szokásokról és a fogyasztás mértékéről. Ezáltal a fogyasztásról való adatgyűjtés jóval egyszerűbb, mint a hagyományos fogyasztásmérők esetében. Ezért javaslom az okos fogyasztásmérők terjedésének elősegítését, amelyekkel gyűjtött fogyasztási és betáplálási adatok, valamint azok értékelés a hálózati engedélyesek hasznára válhatnak.

Az okos fogyasztásmérők mellett javaslom, a KIF hálózatokon különböző mérő berendezéseket elhelyezését, mivel jelenleg ezeken a hálózatokon egyáltalán nincsenek ilyen berendezések. A mérések alapján könnyebben megállapíthatók lesznek a az egyes hálózatok, beavatkozást igénylő részeinek megállapítása. Továbbá a mérések segítségével, a különböző fogyasztó és betápláló berendezések hatásainak vizsgálata is egyszerűbbé válik.

Az okos fogyasztásmérőktől származó adatok elemzésével, akár egyedileg is megállapítható az egyidejűségi tényező értéke, egy fogyasztási területre vonatkozóan. Azonban ehhez a fogyasztók jelentős részének okos fogyasztásmérőkkel kell rendelkeznie. Továbbá az adatok elemzéséhez egy olyan rendszert kell használni, amely az okos fogyasztásmérőktől gyűjtött fogyasztási- és betáplálási adatokat képes gyorsan feldolgozni, és azok alapján meghatározni az egyidejűségi tényező pontos értékét. Azonban amíg az okos fogyasztásmérők nem terjednek el jelentős mértékben, addig javaslom az egyidejűségi tényező egyedi korrigálását. A tapasztalt fogyasztási teljesítmények adatok alapján, az egyidejűségi tényezőt érdemes csökkenteni, ezáltal a hálózatok tervezése során elkerülhető lesz a nem indokolt túlméretezés.

Javaslom egy olyan hálózat modellező szoftver beszerzését, mely képes az okos fogyasztásmérőktől gyűjtött adatok alapján a HMKE-vek betáplálásának modellezésére, valamint a várható legnagyobb feszültség szint is meghatározható. Egy ilyen szoftver használatával, valamint az egyidejűségi tényező pontosabb meghatározásával, a jövőben

csökkenteni lehet a nem indokolt túlméretezésből és a hálózatokon való gyakori beavatkozásból eredő költségeket.

Továbbá javaslom, a HMKE-vek tulajdonosai számára egy olyan elszámolási mód kialakítását, mely a jelenleginél kevésbé támogatja a hálózatba betáplálást. Egy ilyen elszámolási mód bevezetése esetén, a betáplálás csökkentése érdekében érdemes a tulajdonosokat tájékoztatni a termelési időn belüli fogyasztás növelésének lehetőségéről. Ez lehet új fogyasztó berendezések használata vagy már meglévő fogyasztói berendezések, elsősorban termelési időn belüli használata. Ezek mellett egy saját energiatároló használatával, a megtermelt energia el nem fogyasztott része később felhasználható lesz.

Végül kifejezetten a zsombói transzformátor körzetre vonatkozóan javaslom, hogy a közeljövőben a 2-3 szakasz keresztmetszetének növelését. A keresztmetszet növelésével a jövőben is tartható lesz a garantált szolgáltatások XI. pontja — [5. hivatkozás] —. A beavatkozással várhatóan csökkenteni fogja a HMKE-vek miatt kialakuló feszültség növekedés. Ezen a hálózat szakaszon a vezetékek keresztmetszete 50 mm², várhatóan elegendő a vezetékek keresztmetszetét 95 mm²-re növelni. A hálózat többi szakasza nem igényel beavatkozást. A keresztmetszet növelés mellett, még használható a hálózaton soros feszültség szabályzó, azonban ennek alkalmazhatóságával jelenleg nincs tapasztalat, ezért ezek használhatóságát még vizsgálni kell.

ÖSSZEFOGLALÁS

Korábban a villamosenergia-termelése centralizált volt, amelyben elsősorban a nagy teljesítményű erőműveknek volt döntő szerepük, azonban manapság a villamosenergia-termelés decentralizálttá kezd átalakulni. Az átalakulásban jelentős szerepe van a háztartási méretű kiserőműveknek (röviden HMKE). Ezek olyan villamosenergia-termelő rendszerek, amelyek már a lakossági fogyasztók is képesek a hálózatba energiát betáplálni. Ezek célja, hogy az általuk termelt energiával a tulajdonos háztartás villamosenergia-vételezését csökkentésék, ezzel a tulajdonosnak anyagi hasznot képesek jelenteni. Ez önmagában egy rendkívül jó dolog, hiszen az így termelt villamos energiát nem a fogyasztóktól távoli erőművekben kell megtermelni és távvezeték rendszereken keresztül a fogyasztóhoz szállítani.

Azonban a HMKE-vek előnyei mellett, a rendkívül sok hátrányuk van. A legjelentősebb hátrányuk, hogy a HMKE-vek döntő többsége napelemek segítségével termel villamos energiát, így csak a nappali időszakra várható termelés. Ennek időtartamát a napkelte és napnyugta időpontja befolyásolja, mivel ezek az időpontok folyton változnak, ezért a termelési időtartam is napról napra változik. Ezen belül a napi időjárás alakulásától függ a termelt energia mennyisége. Minél nagyobb a napsugárzás energiája, annál nagyobb mértékű lesz a termelés is. Ezekből adódik, hogy a leghosszabb napi termelési időtartam nyáron van, a legrövidebb pedig télen, emellett a nyári termelés teljesítménye jóval nagyobb, mint a téli termelés teljesítménye. Ezek alapján megállapítható, hogy a PV HMKE-vek nem képesek minden pillanatban fedezni a tulajdonos háztartás fogyasztását.

Továbbá HMKE-vek villamosenergia-termelésével az a probléma, hogy amikor több a termelés, mint amennyi a tulajdonos háztartás fogyasztása, akkor a termelt energiának azon része, amelyet a tulajdonos háztartás nem fogyaszt el, a HMKE a kisfeszültségű hálózatba táplálja. A hálózaton keresztül ez az energia eljut más fogyasztókhoz, akik már képesek lesznek egy részét vagy egészét elfogyasztani, ezzel megvalósul a termelés-fogyasztás egyensúlya. Ahhoz, hogy a HMKE képes legyen a hálózatba való betáplálásra, először meg kell fordítania az energiaáramlás irányát, amihez meg kell emelnie a tulajdonos háztartás csatlakozási pontján a feszültséget, ezzel a

hálózaton a korábbinál egy magasabb feszültségű pont alakul ki. A HMKE-nek addig kell növelnie a csatlakozási pont feszültség, míg a betáplált energia — a tulajdonos és más fogyasztók által — teljes mértékben fel nem használdik. A feszültség növelés mértékét az határozza meg, hogy betermelt áramot milyen messzire kell eljuttatnia, mivel ez a hálózaton feszültség veszteséget hoz létre, amit kompenzálnia kell a HMKE-nek. Ha távoli fogyasztóhoz kell eljuttatnia, az nagy feszültség növeléssel jár. A feszültség növelése szintén képes problémát jelenteni, mivel a túl magas feszültség képes fogyasztói berendezésekben kárt tenni, ami már manapság is számos fogyasztói panaszt eredményez. Ennek elkerülése érdekében egy bizonyos feszültség szint feletti betáplálás korlátozás van a HMKE-vekben, azonban sok betáplálás korlátozás után a tulajdonosoktól származik panasz, mivel a korlátozás miatt nem termel a HMKE.

A panaszok elkerülésére az első megoldás csúcstermelési időszakon belüli fogyasztás növelése, ami fogyasztó oldali terhelés szabályozással oldható meg. Emellett egy olyan elszámolási módot kell kialakítani, ami a HMKE-vet használó háztartásoknál szorgalmazza a termelt villamos energia minél nagyobb mértékű elfogyasztását. Ezen túl a feszültség növelés csökkentése érdekében növelhető a hálózat vezetőinek keresztmetszete. Ekkor csökken a hálózat impedanciája, ezáltal az a feszültség veszteség is csökken, amit a HMKE-nek kompenzálnia kell a betápláláshoz. Ezekkel a megoldásokkal már most is lehet csökkenteni a hálózaton a feszültség növelést. Emellett több olyan berendezés is elérhető, amelyekkel a hálózaton kialakuló feszültség befolyásolható, azonban ezekkel a berendezésekkel hazánkban még nincs áram szolgáltatói tapasztalat. Ezek közül az egyik a terhelés alatt szabályozható KÖF/KIF transzformátor, a másik pedig a hálózatra kihelyezett soros feszültség szabályozó. Mivel ezekkel a berendezésekkel nincs áram szolgáltatói tapasztalat, ezért alkalmazásuk előtt még számos vizsgálatot meg kell ejteni.

SUMMARY

In the past, electricity generation was centralized, with high-capacity power plants playing a key role, but today's production has begun to decentralize. Small-scale household-sized power plants (HSPP for short) play a significant role in the transformation. These are facilities that are capable of generating electricity for residential customers. The purpose of these facilities is to reduce the electricity consumption of the user household with the electricity they generate - thus reducing the household expenditure, which is a financial advantage for the users. This in itself is an extremely good thing, as the electricity generated on this way does not have to be produced by power plants far from consumers and delivered to the consumer via transmission lines.

However, in addition to the advantages of these facilities, this unfortunately have many disadvantages. Their most significant disadvantage is that the vast majority of HSPPs generate electricity using solar panels, thus limiting the duration of electricity production to the daytime period only. The duration of production is affected by the time of sunrise and sunset, but these times are constantly changing, so the duration of production also varies from day to day. Within the period of production, the amount of electricity produced depends on the development of the daily weather. The higher energy of the solar radiation, the greater the amount of electricity produced. It follows that the longest daily production period is in summer and the shortest in winter, and the amount of electricity produced in summer is much higher than in winter. Based on these, it can be concluded that solar-powered HSPPs are not able to cover the consumption of the user's household at all times.

The other side of the problems with electricity generation with HSPP is when there is more electricity to produce than the user's household able to consume. In this case, the part of the produced electricity that is not consumed by the user household is fed by HSPP into the low-voltage public distribution network. Through the network, this energy reaches other consumers who are already able to consume some or all of this energy, thus achieving a balance between production and consumption. In order for the HSPP to be able to feed into the grid, it must first reverse the direction of energy flow by raising the voltage at the user's consumer connection point, resulting in a higher voltage point on the

grid than before. The HSPP increases the connection point voltage until the electricity generated is fully utilized by the user and other consumers. The extent of the voltage increase is determined by how far the generated current must be transported, as this creates a voltage loss in the network and must be compensated by the HSPP. If you have to deliver it to a remote consumer, it will increase the voltage. Increasing the voltage can also be a problem, as too high a voltage can damage consumer equipment, leading to many consumer complaints today. To avoid this, there is a supply restriction in the HSPP above a certain voltage level, however, after many supply restrictions, there is a complaint from the user consumer that the HSPP does not produce due to the restriction.

To avoid complaints, the first solution to increase consumption within the peak production period for consumers, which can be solved by consumer-side load control. In addition, it is worthwhile to develop a billing method that encourages consumers with HSPP to consume as much electricity as possible. In addition, the cross section of the network conductors can be increased to reduce the voltage increase. The resistance of the network then decreases, so that the resulting voltage loss also decreases and which HSPP has to compensate for production. With these solutions, it is already possible to reduce the increase in voltage on the network. In addition, several new devices are available with which the voltage generated in the network can be influenced, however, yet we do not have experience with electricity supply in Hungary with these devices. One of these is the on-load MV/LV transformer and the other is a mains voltage regulator. As there is no experience with these devices, a number of tests need to be performed before they can be used.

HIVATKOZÁSOK

[1. hivatkozás]: 2007. évi LXXXVI. törvény 3. § 24. pontja:

„*Háztartási méretű kiserőmű*: olyan, a kisfeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőmű, melynek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t;”

[2. hivatkozás]: MSZ 447:2019

„Az egyidejűségi tényező egy valószínűségi szám, mely megmutatja, hogy egy fogyasztási hely terhelése hányszor kisebb a névleges terhelésnél.”

$$e = c + \frac{1 - c}{\sqrt{n}}$$

c = 0,2

n: fogyasztók száma

[3. hivatkozás]: MSZ 447:2019

„Egy lakás/nyaraló méretezési teljesítménye háromfázisú ellátás esetén 3x20 A; egyfázisú ellátás esetén 1x32 A. Lakóépületek esetében a feszültségesés számításához szükséges terhelőáramot $\cos\varphi=1$ értékkel kell figyelembe venni.”

[4. hivatkozás]:

<https://www.met.hu/ismeret-tar/naphold/>

[5. hivatkozás]: GSZ IX. : Feszültség a kisfeszültségű felhasználási hely csatlakozási pontján

<https://www.mvmhalozat.hu/aram/oldalak/2591>

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