



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Villamos Energetika Tanszék

Szalai Merse

HIBAHELYEK KIMUTATÁSA
KISFESZÜLTSGŰ KÁBELEKEN
TERHELÉS MELLETT

KONZULENS

Dr. Cselkó Richárd

BUDAPEST, 2022

Tartalomjegyzék

Összefoglaló	3
Abstract.....	4
1 Bevezetés	5
2 Földkábelek felépítése[1]	7
3 Hibahelyek.....	9
4 Mérési elrendezés	12
5 Referenciamérések.....	15
5.1 Hagyományos izzólámpa	15
5.2 Dimmelhető LED-ek.....	18
6 Sérült kábel mérése.....	22
6.1 Mérési eredmények hagyományos izzóval	23
6.2 Mérési eredmények LED lámpák esetén	26
7 Összegzés.....	31
Irodalomjegyzék.....	33
Ábrajegyzék.....	35

Összefoglaló

A TDK dolgozatom témája az előző évi témám a kisfeszültségű földkábeleken kialakult hibahelyek kimutathatóságának vizsgálatának a folytatása. Az eddigiek során azt használtam ki, hogy a kisfeszültségű kábelek esetén csak akkor alakulnak ki átívelések a kábelen, ha az a kábel sérült. Az előző vizsgálataim során arra jutottunk, hogy laboratóriumi körülmények mellett, valamint terhelésmentes esetben észlelni tudják a műszerek a kialakult áramimpulzusokat a kábelen, melyeket az átívelések hoztak létre.

Ezen átívelések a hálózaton különböző frekvenciájú áramkomponenseket hoznak létre, leginkább nagyfrekvenciás összetevőket ráadva a hálózaton megjelenő áramképre. Így a frekvenciatartománybeli analízis is igazán fontos főleg akkor, ha nem csak üresen jár a kábel. Vizsgálataim során a terhelésmentes kábelen elvégzett frekvenciatartománybeli analízist is végeztem.

A BME Nagyfeszültségű Laboratóriumában kialakítottam egy mérési összeállítást, ahol hibamentes kábelmintákat és szándékosan megsértett kábelmintákat vizsgáltam terhelés mellett. A kábeldarabokat esőztetett földbe helyeztem el, mivel előző kutatásom során kiderült, hogy a vizsgált feszültségszinteken csak nedves környezetben alakul ki az átívelés a sértett vezető körül. A méréseim során egy oszcilloszkóppal mértük a kábelen eső feszültséget és a rajta átfolyó áramot.

Az áram és feszültség görbéket, amiket oszcilloszkóppal mértem, úgy alakítottam MATLAB-bal mintha azokat egy okosmérő mérte volna. Ezek után összevettem a hibával sújtott és az ép kábeleken kialakuló áram és feszültséggörbéket. Ezek alapján következtetéseket vontam le, hogy mennyire detektálható a hiba akkor, ha kisebb fogyasztó van a kábelen elhelyezve.

Abstract

The topic of my TDK work is a continuation of my previous year's topic on the investigation of the detectability of fault locations in low voltage distribution cables. In the previous work, I used the fact that intermittent arcing only occurs when the cable is damaged in the case of low voltage cables. In my previous investigations, I found that under laboratory conditions and in no-load case, the various meters can detect the impulses of the current generated by the intermittent arcing.

These arcing create current components of different frequencies on the system, mostly high frequency components added to the current of the network. Because of this, the frequency domain analysis is really important especially, when the cable is on load. Before I can analyse the cable on load, analyses shall be done on no-load setup too.

In the BME High Voltage Laboratory I made a measuring setup. In my measurements I measured intact and harmed cables with load on (light bulb). The pieces placed in wet soil, because we initially realized, that intermittent arcing only occurs when the defect is wet. The measuring device was a 4-channel oscilloscope, with the oscilloscope current and voltage measured on the test pieces.

The voltage and current waveforms were transformed to the sampling rate of a smart meter via MATLAB. I compared the voltage and current waveforms of intact cable and the damaged cable. After all I made some conclusion whether we can detect the failure on the cable or not.

1 Bevezetés

Jelen dolgozatom az előző témám folytatása gyanánt jött létre, amit a továbbfejlesztési lehetőségek megvitatásával fejeztem be. Ebben a munkában igyekeztem az ott leírt távlati célokat teljesíteni. Ezek többek között a frekvenciatartománybeli jelanalízis és a terhelés melletti vizsgálatok voltak. Ebben a fejezetben szeretném az eddigi munkámat összefoglalni, hogy a későbbiekben a következtetésem ne legyenek légből kapottak.

A tavalyi évben leginkább arra tértem ki, hogy milyen körülmények között alakulnak ki átívelések a kisméretű elosztóhálózati kábeleken. Kísérleteim során ép kábelekkel végeztem referencia méréseket, majd a kábelmintákon direkt kialakítottunk egy hibahelyet. A hibával sújtott kábeleket száraz és esőztetett földbe helyeztük. Ezzel azt vizsgáltuk, milyen szennyező anyagok hatására alakulhat ki átívelés a kábeleken. Ugyanezeket a méréseket elvégeztem két feszültség szinten 230 V-on és 400 V-on is. A mérések után megállapítható az, hogy ép kábeleken ezen a feszültség szinten nem alakul ki akkora térerősség, hogy átívelések vagy koronakisülések alakulhassanak ki. Ugyanez az eredmény jött ki akkor is, amikor a sebzett mintát száraz földbe fektettük. Komolyabb átívelések 400 V esetén alakultak ki úgy, hogy nedves földbe volt elhelyezve a kábelmintánk. Így idej méréseink során leginkább ennek az elrendezésnek a további vizsgálatait végeztem el.[1][2]

A mérési eredmények rögzítésében két eszközt használtam; egy 4 csatornás oszcilloszkópot, valamint egy okosmérőt. A távlati cél az lenne, hogy egy olyan kábeldiagnosztikai módszer tudjak biztosítani a hálózat üzemeltetőinek, amivel komolyabb infrastrukturális fejlesztések nélkül is képesek legyenek megállapítani, hol alakulhat ki a közeljövőben zárlat. Viszont a hálózat területén nem igazán találhatóak oszcilloszkópok, melyeknek a mintavételezési tulajdonságai sokkal jobbak, mint egy átlagos okosmérőé. Az oszcilloszkóppal mért eredményeket olyan módon transzformáltam, hogy megkapjam a megfelelő mintavételezési frekvenciát, és ezek mellé egy anti-aliasing szűrőt is írtam, hogy nem legyenek hamisak az adatok. Így megállapítottam, hogy üresjárásban, azaz terhelésmentes állapotban vannak, olyan körülmények, amikor egy okosmérő is képes lenne észlelni az átívelések által kialakított

áramimpulzusokat. Ezen áramimpulzusok rövid ideig tartanak, és viszonylag nagyfrekvenciások.

Az idei munkámban az eddigi mérések tapasztalatai alapján igyekeztem céltudatosabban vizsgálni az átívelések jelenségét. A hibákkal sújtott kábeleken különböző típusú fogyasztókat helyeztem el, és ezek áramfelvétele mellett vizsgáltam, hogy a hibahelyek megléte a kábeleken a továbbiakban is lehetséges-e vagy sem.

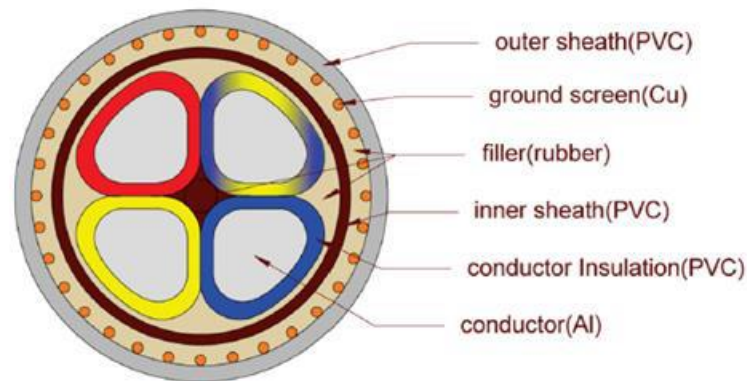
2 Földkábelek felépítése[1]

Méréseim középpontjában a kisfeszültségű erőátviteli kábelek állnak. Ahhoz, hogy a rajtuk kialakuló hibákat jól kezeljük, fontos ismerni a felépítésüket. Ezen a feszültség szinten ép kábel esetén nem jelenik meg a treeing vagy részkiülés jelensége, mert nincs meg a szükséges térerősség nagysága [3]. Ezáltal a kábelek degradációja nem számottevő, így élettartamuk igen nagyra tekinthető [3]. Egyes helyeken akár 60-70 éves földkábelek is üzemelhetnek a kisfeszültségű elosztóhálózaton. Statisztikailag bizonyított, hogy a földkábeleken megjelenő hibákat döntő többségben külső hatások okozzák [3][4]. Sok esetben ezen kábelek azok, amiket a legközelebb lehet elhelyezni a földfelszínhez, hiszen nem érzékenyek annyira a fagyra, mint például a víz- és gázvezetékek. A fagy állandósága miatt az elektromos vezetékeket helyezik el a víz- és gázvezeték hálózat fölé. Amikor ezeket a vezetékeket javítják, gyakran megsebzik ásóval, csakánnyal a villamos hálózat kábeleit a munkások.

Azaz ezen a feszültség szinten inkább a külső behatások okozta hibákkal kell foglalkozni a kábelek esetén. A kábel belsejében kialakulhatnak üregek, zárványok, ahol felléphet az üregkiülés jelensége. Ezeket a hibákat a kábelekben üzembe helyezés előtti vizsgálatok segítségével veszik észre, kábeldiagnosztikai szempontból nem kell velük foglalkozni [5]. Az üzemi állapot alatt fellépő külső sérülések általában nem egyből fejtik ki a hatásukat a kábelen, először csak kisebb részkiülések indulhatnak meg, amelyek a kábel szigetelését roncsolják. Abban az esetben, ha a kábel a kisebb kiülések miatt sokat veszített szigetelőképességéből először csak kisebb áramkimaradásokat okozhatnak a kiülések, később teljes rövidzár alakulhat ki [6]. Előfordulhat, hogy a sérülés létrejötté utáni napokban, hetekben, de lehetséges, hogy csak több hónappal később alakul ki valamilyen, a hálózat működésére is hatással lévő következmény. Ez azért lehetséges, mert a hiba nem biztos, hogy elérte a kábelekben lévő vezetőket.

Egy kisfeszültségű földkábel nagy általánosságban a következőképpen épül fel. Legkülső rétege egy szigetelő burkolat, leggyakrabban PVC, ez védi a kábelt a víz és egyéb szennyező anyagok behatolásától. Gyakran páncélozása is van, mely adja az alakját a kábelnek, valamint a mechanikai védelmet nyújt. Ez a páncélozás a legtöbb esetben acélhuzal. A kábelek belsejében futnak a vezetők ezek között kitöltő szigetelő anyag található, mely lehet olajimpregnált papír vagy extrudált szigetelés, kisfeszültségen az

extrudált esetben a kitöltő anyag PVC [5][7]. Maguk az áramvezetők a legbelsejében foglalnak helyet. Ezek anyaga lehet réz vagy alumínium. Itt fut egymás mellett szigeteléssel elválasztva egymástól a 3 fázis és a nullavezető is. Az áramvezetők sem egy nagy rézhuzalból állnak, hanem több vékonyabb keresztmetszetű rézhuzalból alakítanak ki egy köteget. Főleg nagy feszültségű esetén a középső kitöltő réteget felválthatja egy optikai kábel is, ezzel egyszerre két különböző feladatkört tud ellátni a földkábel.



1. ábra - Kisfeszültségű földkábel felépítése [7]

Az extrudált szigetelésű kábelekről régebben az a felfogás terjedt el, hogy nem érzékenyek a nedvesség behatolására, ezért a kábelvégeket nem megfelelően zárták le, valamint nem helyeztek el bennük nedvesség terjedését gátló hosszanti elzárókat sem [5]. Ezt a felfogást a gyakorlat megcáfolta és kiderült, hogy nagyon érzékenyek a nedvesség behatolására.

3 Hibahelyek

A hálózaton bekövetkező bármely abnormális jelenséget nevezhetjük elektromos hibáknak. Ezen elektromos hibák kiváltó okai egészen sokrétűek lehetnek. Kialakulhatnak zárlatok a kábelek szigeteléseinek gyengülése okán, ezek kialakulhatnak két fázisvezető, egy fázisvezető és a föld között. Viszont elsősorban nem zárlatok alakulnak ki, hanem a térerősség hatására másmilyen jelenségek jelennek meg. Ilyen lehet a korona kisülés, az átívelés vagy a részleges kisülés.[1][8]

Ahhoz, hogy a fentebb leírt jelenségek bekövetkezéséhez megfelelő környezeti hatásoknak kell bekövetkeznie. Először is a kábel külső szigetelésének meg kell sérülnie, olyan mértékben, hogy valamelyik fázisvezető is sérüljön. Ezek a sérülések leginkább külső talajmozgató munkák hatására következnek be. Ezáltal külső szennyező anyagok kerülhetnek a vezetőrésszel érintkezésbe, ezen anyagok közül a víz az, ami a leginkább képes beindítani valamilyen elektromos rendellenességet. A koronakisülések és az átívelések hatására tovább sérülhet a kialakult hibahely. A teljes zárlat kialakulása nem egyből a hiba létrejötte után fog bekövetkezni. Ez azt eredményezi, hogy a hibahely észrevétlen marad akár még a túláramvédelmi berendezések előtt is. A későbbiekben a kialakult átívelések vagy részleges kisülések komolyabb hibához vezethetnek.[8]

Ezért a kábeleken megjelenő nem szokványos áramjeleket figyelni kell, erre próbáltak meg egyre többféle módszert kitalálni, viszont leginkább nagyobb feszültség szinteken. A kifestültségre történő kidolgozása ezen technikáknak el lett felejtve, mivel a hibák megjelenése viszonylag ritka volt, és sokkal kisebb területet érintettek a hibák.

Különböző módszereket próbáltak kitalálni, mind offline, illetve online módon. Az offline megoldások hátránya, hogy ahhoz, hogy ellenőrizni lehessen a kábel hibamentességét, muszáj egy időre kikapcsolni a hálózat azon részét melyen a vizsgálat történik. Az online vizsgálatok esetén nem szükséges leválasztani a hálózatról a kábelt, így ezen módszereket részesítenek előnyben az üzemeltetők. Viszont számukra nem mindegy, hogy az egyes mérőberendezés milyen költségeket von maga után, ide beleértve az eszközök telepítését, a hálózat átalakítását is.

Az egyik online módszer kihasználja, hogy azon kábelek esetén melyeken kialakulnak az átívelések megváltozik az elektromágneses tér. A módszer előnye, hogy

nem szükséges módosítani a hálózatot, hiszen az elektromágneses mérőberendezés a kábel környezetét vizsgálja. Ezen kutatás bebizonyította, hogy mind mágneses mező mind pedig az elektromos mező jelentősen változik a kisülések hatására.[11]

Nagyobb feszültségszinteken bevett szokás a kábelek reflexiós alapuló vizsgálata is. Ezt a módszert hívjuk TDR-nek, azaz time domain reflectometry, magyarul időtartománybeli reflexiómérés. Az elv lényeg, hogy a kábel egyik végére egy olyan lezárást helyeznek melynek ismert a reflektált képe, ez lehet szakadás, rövidzár vagy épp hullámimpedancia is. Az ismert lezárások használatával megkapható a reflexiós tényező.

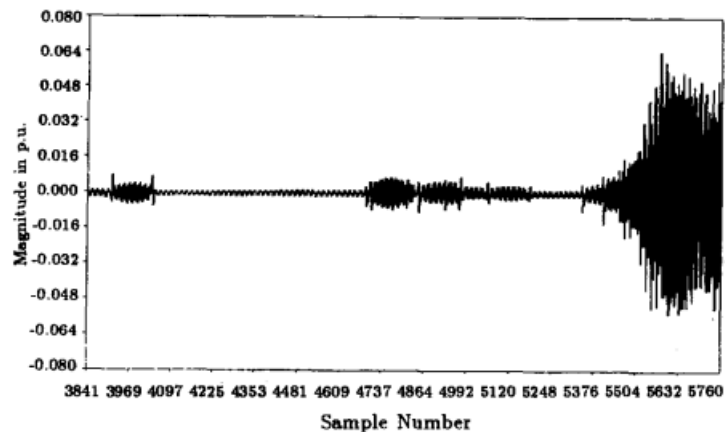
$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (1)$$

Ahol r a reflexiós tényező, Z_2 a lezárás impedanciája, Z_1 a hullámimpedancia. Amennyiben a kábel ép egy adott vizsgálójel alapján az (1)-es egyenlet által számított hullámforma a kábel hosszától függően egy bizonyos eltolással fog megérkezni a kábel elején elhelyezett detektáló eszközökhöz. Abban az esetben, ha a kábel ere hibás, akkor a hibahely más ellenállása miatt, magáról a hibahelyről is meg fog indulni egy reflexió a kábel két vége felé, ezen reflexiónak a formája nem meghatározott, viszont bizonyosan hamarabb fog megérkezni a kábel elején elhelyezkedő detektálóhoz, mint az a reflexió mely a kábel másik végéről érkezik. A hibahelyről érkező reflexió segítségével behatárolható a hiba helye.

A további módszerek jóval közelebb vannak azon módszerhez, melyet én is próbáltam megvalósítani. Ezek legtöbb esetben a kábelen folyó áramot vizsgálják egyes frekvenciatartományokban. Így kialakultak kisfrekvencián használandó technikák, ahol legtöbb esetben a hálózati frekvencia első pár felharmonikusát vizsgálják[12]. Valamint kialakultak olyan módszerek melyek a magasabb frekvenciatartományban vizsgálták az átvételek spektrumát[13][14][15]. Ezekkel a módszerek egyedül egy probléma van, hogy ezek egy része túl determinisztikus és a hálózaton fellépő fogyasztók által generált felharmonikus tartományt nem biztos, hogy jól kiszűrjük. Ezen módszerek egy része nem kisfeszültségre lett kidolgozva, márpedig a fogyasztók legnagyobb hányada ezen a feszültségszinten helyezkedik el, így jókora frekvenciatartománybeli változásokat generálva a villamos hálózatra[8].

Egy példa a kisfrekvenciás detektáló berendezésekre a texasi egyetem egy algoritmusára épül. Ezen módszer arra épít, hogy a kialakuló átvételek az egész

frekvenciatartományon alakítanak ki különböző amplitúdójú áramimpulzusokat. A kutatásaik szerint ahhoz, hogy meginduljon a részleges kisülés először az alacsony frekvenciáknál alakul ki eltérés az alap hálózati képtől. Így 30-360 Hz között vizsgálták a kisüléseket.[12] Viszont ezen algoritmus figyelmen kívül hagyja a hálózaton esetlegesen rajt lévő fogyasztókat és terhelésmentes állapotban vizsgálták a kialakuló kisüléseket.



2. ábra - 180 Hz-es komponens megjelenése az időtartományban[12]

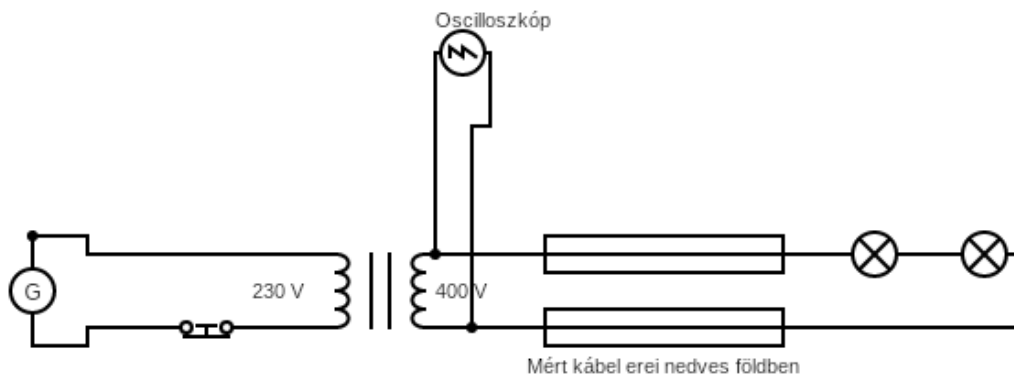
Egyes kutatások arra jutottak, hogy a részleges kisülések különböző terhelések mellett, leginkább a negyedik, illetve a hetedik harmonikusát változtatják meg a rendszerben mérhető áramnak. Viszont ez nagyban függ a hálózat nagyságától. Fontos megjegyezni, hogy ezen áramimpulzusok nagyon hasonlatosak a kapcsolási jelenségek esetén megjelenő impulzusokhoz. Illetve mindkét jelenség nagymértékben hoz létre nagyfrekvencián is megjelenő impulzusokat. [8]

Ugyanezen kutatás világít rá arra, hogy találni kell egy olyan paramétert, amely segítségével könnyen beazonosítható a hibás működés. Azonban ez nem olyan egyszerű, mert a detektálható amplitúdót, amit a hibahely létrehoz, a hálózaton megjelenő fogyasztók által létrehozott nagyobb frekvenciás amplitúdók elnyomhatják. Ezek miatt egészen pontos mérésekre van szükség ahhoz, hogy megállapíthassuk a hibás működést és detektálni tudjuk a hibát. [8]

4 Mérési elrendezés

A méréseimhez a BME Nagyfeszültségű Laboratóriumában alakítottam ki egy mérési elrendezést. A kábelminták, amik helyt kaptak a mérésben extrudált szigetelésű kisfeszültségű négyerű kábelek, hosszuk 2 méterre volt levágva. Ezen mintákat helyeztük el úgy egy földdel teli dobozba, hogy a két vége kilógott a földből. Méréseim során ez a kábel volt az energiahordozója a különböző típusú egyszerű fogyasztókhoz. Ezen fogyasztók voltak egyaránt lineáris, illetve nemlineáris jellegűek.

A kábeleken egy 4 csatornás Agilent oszcilloszkóppal, amely képes az 500 MHz-es tartomány alatti jelek rögzítésére és maximálisan 4GSa/s-os adatfelvételre képes. Ezt az adatfelvételi sebességet, akkor tudja elérni, ha egy csatornáját használja az ember. A mérések folyamán én 3 csatornát használtam, ezért a maximális mintavételezési ráta 2GSa/s lett. A méréseim teljesítéséhez, ezen technikai paraméterek teljes mértékben kielégítik a mérhető jelek frekvenciatartományát. Mértem a földre helyezett kábelben folyó áramot, valamint a rajta eső feszültséget. Az áram méréséhez két áramváltót is használatba vettem. Az egyik áramváltó kifejezetten a nagyfrekvencián fellépő jeleket képes érzékelni, nagyjából 100 kHz és 20 MHz között mondható alakhűnek az átvitele [9]. A másik áramváltó a hálózati alacsonyfrekvencia környékén mintavételez, 5 Hz – 20 kHz-ig [10]. Ennek segítségével képes lettem következetesen vizsgálni azon frekvenciatartományt melyben az egyszerűbb jelfeldolgozási képeségű eszközök szerepelnek. Így a kisfrekvenciás áramváltóval mért jelalak segítségével lehet legjobban reprezentálni egy hálózati okosmérő mérési tartományát. Azért, hogy a feszültségmérés is megvalósítható legyen, ezért a feszültséget 1/100-as osztás arányú mérőfejjel mértük az oszcilloszkópon.



3. ábra - Mérési elrendezés sematikus ábrája

A vizsgálataimat nem a hálózaton végeztem el. A mérésben egy 230/400 V-os leválasztó transzformátor biztosítja a hálózattól való galvanikus elválasztást. Ezáltal a mérést érintésvédelmileg kicsit biztonságosabbá téve. Amennyiben a kábeleken kialakított hibahelyen zárlat alakulna ki egy kismegszakító került elhelyezésre, hogy ezt a zárlatot megszakítsa amennyiben létrejönne. A mérőeszközeink nem tudnak 3 fázison mérni ezért kényszermegoldásként a transzformátorunk egyfázisú feszültség kimenete egyezik meg a háromfázisú vonali feszültséggel. Az előző évből tanulva a méréseket már nem végeztem el fázisfeszültségen, hiszen azon a feszültség szinten még nagyon komolyan esőztetett esetben sem alakultak ki említésre méltó áramimpulzusok az átívelések hatására.

Ugyancsak eddigi tapasztalataimra hivatkozva, a földbe helyezett hibás kábel esetén a földet esőztetett állapotba hoztuk, hiszen ezen szélsőséges helyzetben alakultak ki a legnagyobb amplitúdójú átívelések terhelésmentes esetben.



4. ábra - Mérési összeállítás a Nagyfeszültségű Laboratóriumban

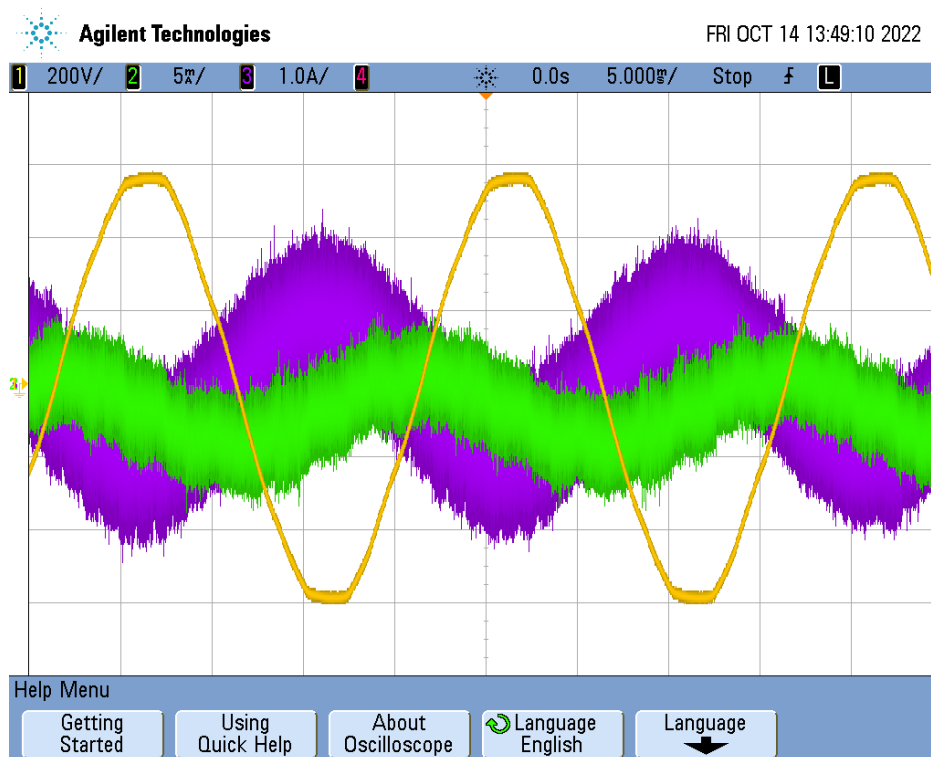
A 4. ábra megtekinthető a mérési összeállítás, a kábel egy viszonylag kis része került bele a földbe. Azonban ez is elegendő méréseim helyes teljesítéséhez, hiszen a kialakított hibahelyek eseté mindig ügyeltünk arra, hogy azok a földben legyenek.

5 Referenciamérések

A mérések validációjához szükséges volt referenciaméréseket csinálni. A kábelmintákon különböző típusú fogyasztókat helyeztem el köztük hagyományos izzó és különböző dimmelhető LED-eket.

5.1 Hagyományos izzólámpa

A hagyományos izzólámpa jellegzetessége, hogy tekinthető tisztán ohm-os ellenállásúnak. A hagyományos izzó áramfelvétele tehát követi a rajta eső feszültséget. Spektrumképében a legerősebb komponens a hálózati frekvencián jelenik meg. A méréshez használt 2 izzólámpát egymással sorba kötöttem, hiszen a kábelben lévő 400 V effektív értékű feszültséget egy égőtest nem bírta volna ki. Így egy izzólámpán 200 V esett. Az izzólámpák teljesítménye 150 W volt egyesével. Ebből Ohm-törvény segítségével egyszerűen számítható a felvett árama.

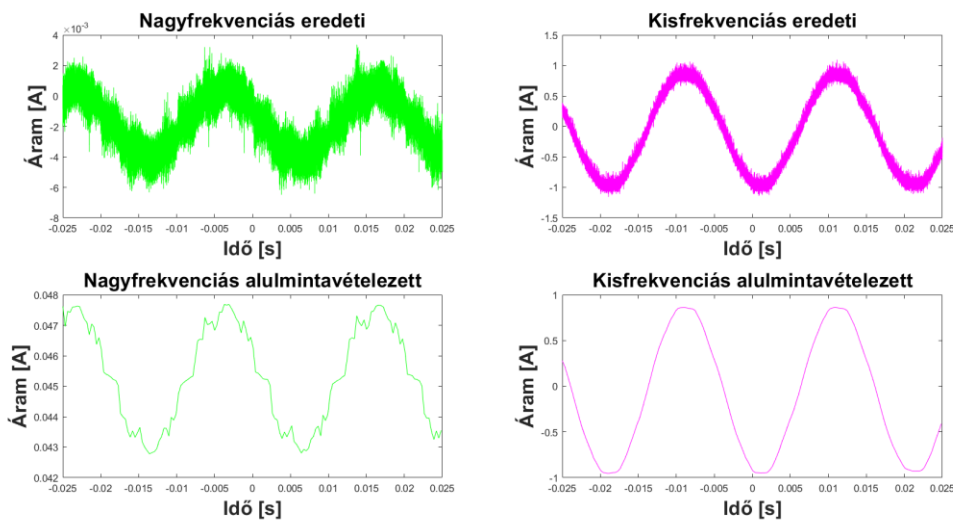


5. ábra - Hibamentes kábelben hagyományos izzólámpa

Az oszcilloszkópos képen a sárga szín jelöli a kábelben eső feszültséget, a zöld szín a nagyfrekvenciás áramkomponenst, míg a lila szín jelöli a kisfrekvenciás áramkomponenst. Az áramgörbék viszonylag nagy zajjal terheltek, az alapjelre az

áramváltó lakatfogók általános zaja ül rá, mivel ezeket a lakatfogókat nem tudtuk elzárni egy Faraday-kalitkába, hogy csökkenteni tudjuk a külső zavaró hatásokat.

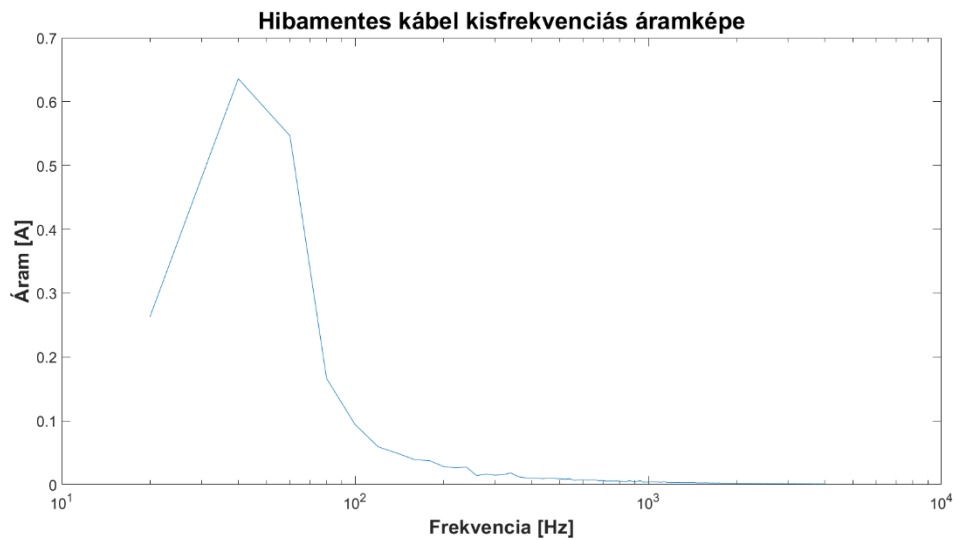
Továbbiakban az is fontos volt számomra, hogy miként látja ezeket a jeleket egy kisebb jelfeldolgozási képességekkel rendelkező eszköz. Egy MATLAB script segítségével az oszcilloszkóp mintavételezési frekvenciáját leosztotta olyan arányban, hogy a mintavételezési frekvencia 3200 Hz-nek feleljen meg. Ez a frekvencia nagyjából egy okosmérő maximális mintavételezési képessége.



6. ábra - Az eredeti jelalakok és az alumintavételezés utáni jelalakok

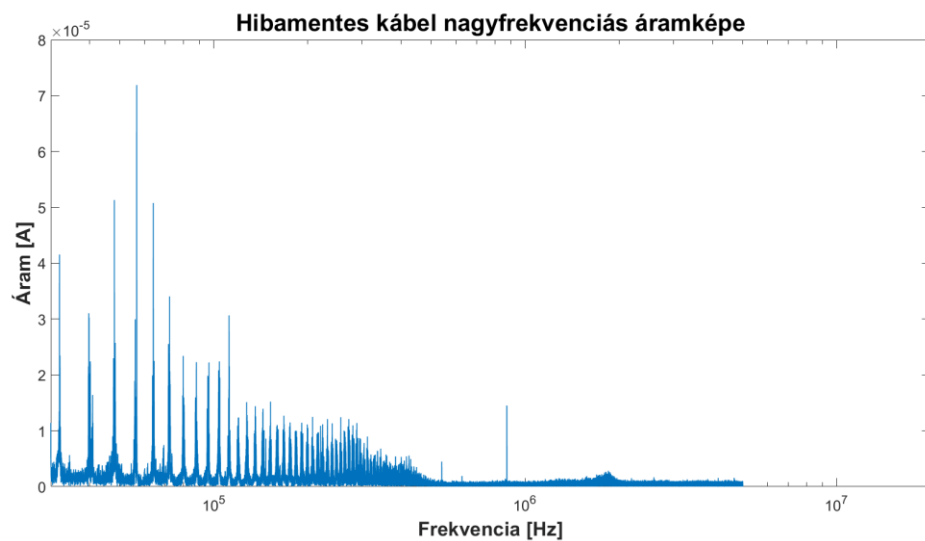
A 6. ábra a nagyfrekvenciás, illetve a kisfrekvenciás áramváltó által mért jelalakok mutatja meg. A nagyfrekvencia zölddel a kisfrekvencia lilával látható. Észrevehető, hogy az eredeti mérés során több zaj tevődött a nagyfrekvenciás áramképre. Ezen zaj az alumintavételezett jelalakon is jól látható. A lila jel ezzel szemben nem olyan zajos, mindkét esetben viszonylag sima szinuszgörbe látható. A hagyományos izzó áramfelvételétől ezt vártuk.

A későbbiekben a sérülés detektálásához nem csak idő, hanem frekvenciatartományban is vizsgálni kell ezt a jelet. A frekvencia analízist is MATLAB segítségével tettem meg.



7. ábra - Hagyományos izzó kisfrekvenciás árama

Az izzólámpa legnagyobb áramfelvétele 50 Hz környékén történik, ahogy vártuk, ez az érték nagyjából 60 mA. A további felharmonikusok esetén az áramfelvétele drasztikusan csökken.



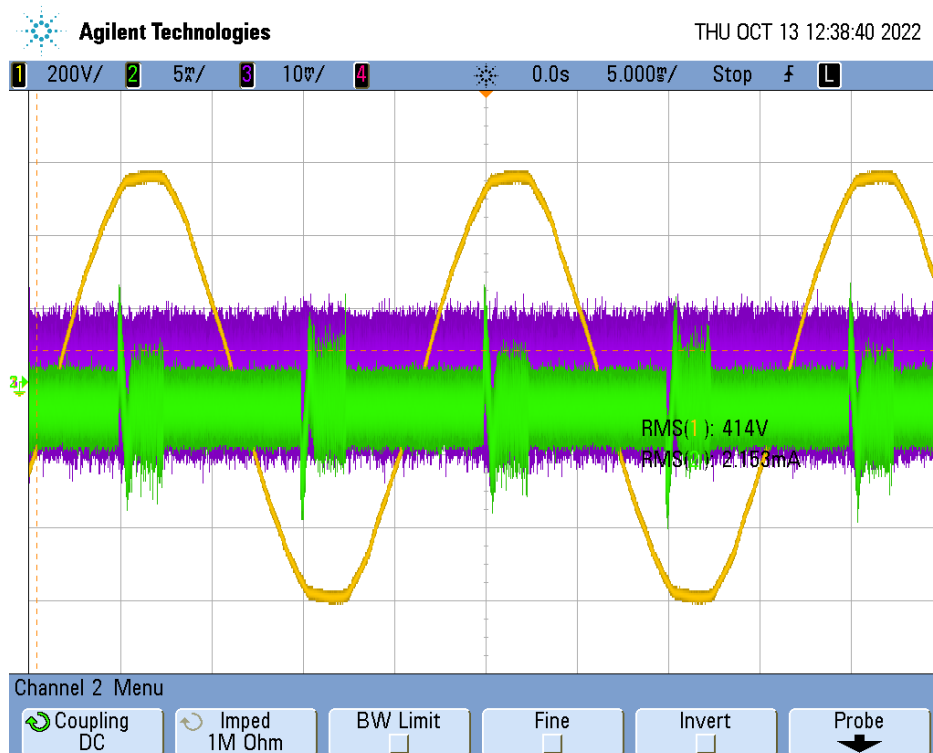
8. ábra - Hagyományos izzó nagyfrekvenciás árama

A nagyfrekvencián is megjelenik az 50 Hz-es áram felharmonikusain kisebb amplitúdóval áramok, viszont ezek nagysága egyszerűen elenyésző az 50 Hz-es alapharmonikuson mérhető áramhoz képest.

5.2 Dimmelhető LED-ek

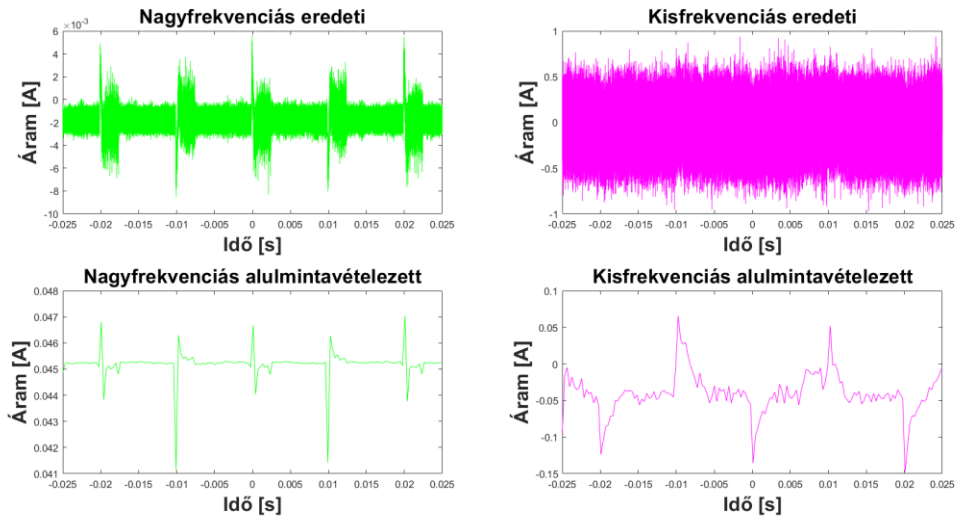
Több különböző típusú LED-et, ezáltal különböző teljesítményű LED-et is kipróbáltam a kábelen, mint fogyasztó. A LED tulajdonképpen világító dióda, maga a rövidítés a Light-emitting diode összetételből ered. Tulajdonképpen teljesen másképp működik, mint egy hagyományos izzó, csak felhasználási területük azonos, ami pedig a világítástechnika. Egy hagyományos izzó energiakibocsátásának csupán 2 százaléka hoz létre fényt, a maradék energia elveszik a hőközlésben. Egy LED ezzel szemben hatékonyabban használja világításra a rájutó energiát[16]. Ezért van az, hogy míg egy izzólámpa rendszerint 100-150 wattos is lehet ezzel szemben ugyanazon a feszültség szinten ugyanakkora fényerőhöz egy LED teljesítménye 4-15 wattos csak. Alacsony energiafelvételük és magas fénykibocsátásuk miatt utcai közvilágításokban is egyre gyakrabban használnak LED-eket[17], így számomra tökéletes próba fogyasztónak bizonyulnak.

Elsőként két egyforma teljesítményű 4 W teljesítményű LED-et helyeztem el a kábelen.



9. ábra - 4 W teljesítményű LED hibamentes kábelen

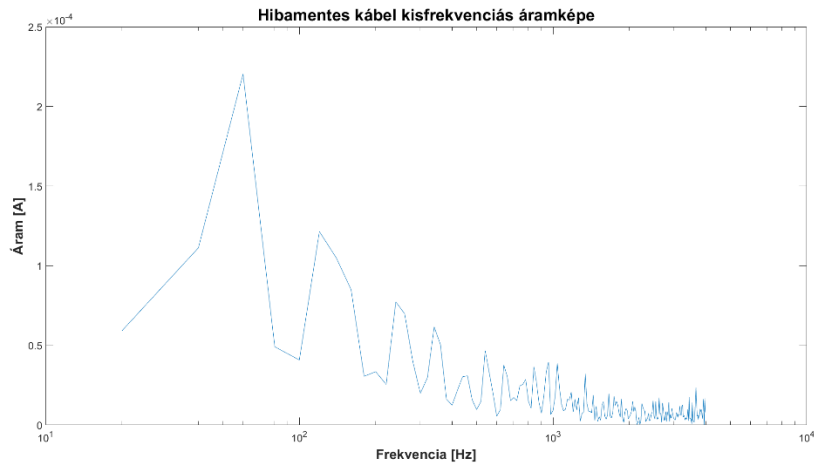
A 8. ábrán látható a dióda egyenirányító jellege a nagyfrekvenciás áramképen. Amint a feszültség eléri a dióda nyitóirányú feszültségét a dióda világitani kezd. Ezen áramképből a kisfrekvenciás esetben nem látunk semmit.



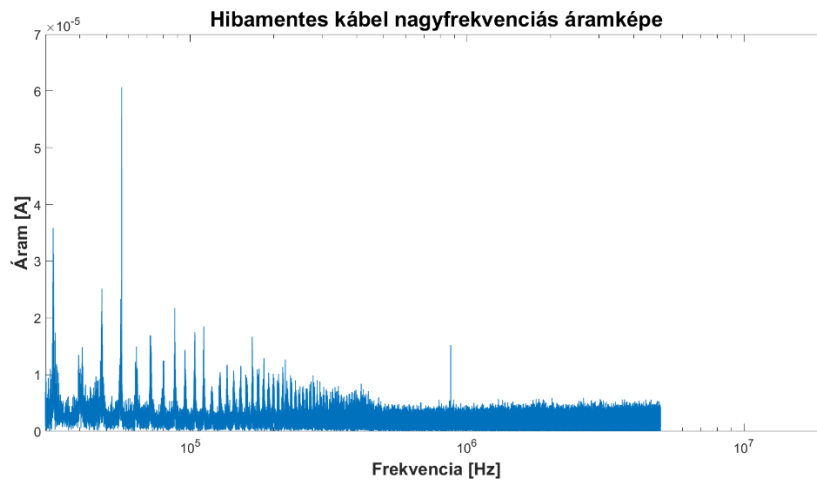
10. ábra - 4 W teljesítményű LED áramának időképe alulmintavételezés előtt és után

A 10. ábra látható a mért oszcilloszkópos jelalaknak az alulmintavételezés előtti és utáni állapota. Ahogy korábban már említettem, a LED-ek áramfelvétele nem lineáris. Tulajdonképpen egy dióda, amely fényt bocsát ki. A háztartásokban használt LED égők különböző teljesítményvezérlő automatikával vannak ellátva ezek befolyásolják az általuk felvett áramot. A 10. ábra az olvasható le, hogy az eredeti áramok nagyon sok zajjal terheltek nagyfrekvenciás esetben ez a zaj még nem nyomja el a milliamper nagyságrendű LED áramát, ezzel szemben kisfrekvenciákon a zaj elnyomja a számomra hasznos jelet. Az előszűrés és alulmintavételezés után mind a nagyfrekvencián mind pedig kisfrekvencián megjelenik a LED-re jellemző áramkép.

A 11. ábra a hibamentes kábelen elhelyezett kisfrekvenciás spektrumát szemlélteti a LED-nek. A LED 50 Hz-en és annak felharmonikusai esetén produkált legalább milliamperes nagyságrendű áramimpulzusokat. Érdeemes megjegyezni, hogy a páratlan felharmonikusok kisebbek, míg a páros felharmonikusok rendre nagyobbak. A 12. ábra mutatja, hogy nagyfrekvencián is jellegzetes, hogy mely amplitúdókon hoz létre nullától különböző értékű jeleket. Azonban ezen jelek már mikroamperes nagyságrendben vannak csak, amelyet az okosmérő már biztosan nem tudna érzékelni.

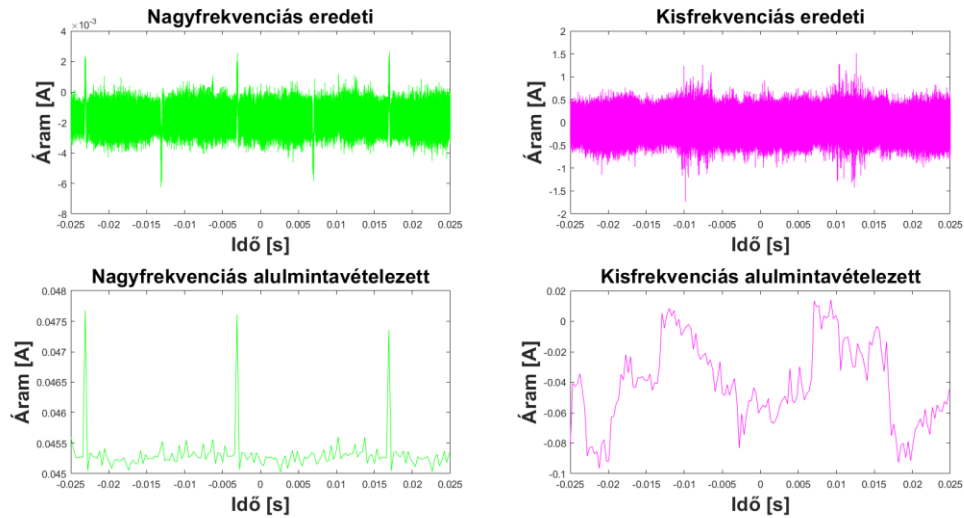


11. ábra – A LED-ek áramának kisfrekvenciás spektruma



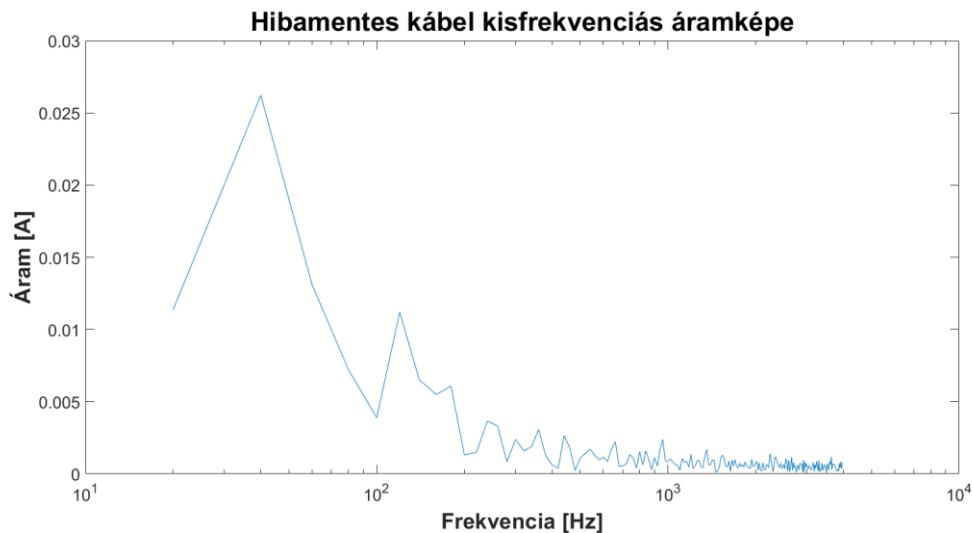
12. ábra – A LED-ek áramának nagyfrekvenciás spektruma

A méréseim folyamán az egyik összeállításban egy 4.5 W-os és egy 7 W-os LED lámpát kötöttem egymással sorban. Ezen esetben az időtartománybeli jelalak kissé eltért attól, amit két ugyanolyan LED produkált volna. Itt látható, hogy a LED-ek egy nagyon kis időablakban veszik fel az áramot, a többi időben zaj figyelhető meg, főleg az eredeti jelen. A kisfrekvenciás áram esetén egy-egy periódusnál kivehetőek a LED-ek áramai, viszont ezek milliamper nagyságrendűek.



13. ábra - Különböző teljesítményű LED-ek áramának időképe alulmintavételezés előtt és után

A frekvencia tartománybeli vizsgálat során ezen esetben nem vehető ki olyan jól, hogy csak páros felharmonikusok jönnek létre, viszont itt is a páros felharmonikusok dominálnak. A nagyfrekvenciás képe a hibamentes kábelnek ebben az esetben nagyon hasonlít az előző LED-es méréshez, mivel ugyanazokon a frekvenciákon vesz fel a háttérzajtól különböző értékeket.



14. ábra - Különböző teljesítményű LED-ek kisfrekvenciás spektruma

6 Sérült kábel mérése

A kábeleken a sérülések kialakítása során igyekeztem minél inkább olyan mesterséges sérülést létrehozni, ami kialakulhat egy ilyen kábelen talajmozgató munkálatok során. Ameddig a hibahely nem éri el a kábel valamelyik vezetőjét addig a szigetelés legvékonyabb rétege is képes megvédeni a vizsgált mintát az átívelések kialakulásától. Így minden esetben két vezető eret vágtam meg úgy, hogy biztosan megsérüljön a fém vezetőréteg is.



15. ábra - Mesterségesen létrehozott hibahely

A hibahely létrehozás után, a kábelt ugyanúgy nedves földbe helyeztem. A mérés során nem volt szabadszemmel tapasztalható teljesítmény veszteség sem az izzólámpák, sem pedig a LED égők esetén sem. Ezen eredmények a vártak megfelelnek. Az oszcilloszkópon a mérés kezdete utáni egy két percen jelentek meg a nagyfrekvenciás áramváltón olyan áramjelek, amik utaltak arra, hogy átívelések vannak a kábelben. Egy mérés 1 órát vett igénybe, hogy láthassam milyen hatással van az idő az áramimpulzusok nagyságára. Mivel nem volt változás észlelhető az átívelések nagyságában az idő múlásával, ezért ezen tényezővel nem foglalkoztam.

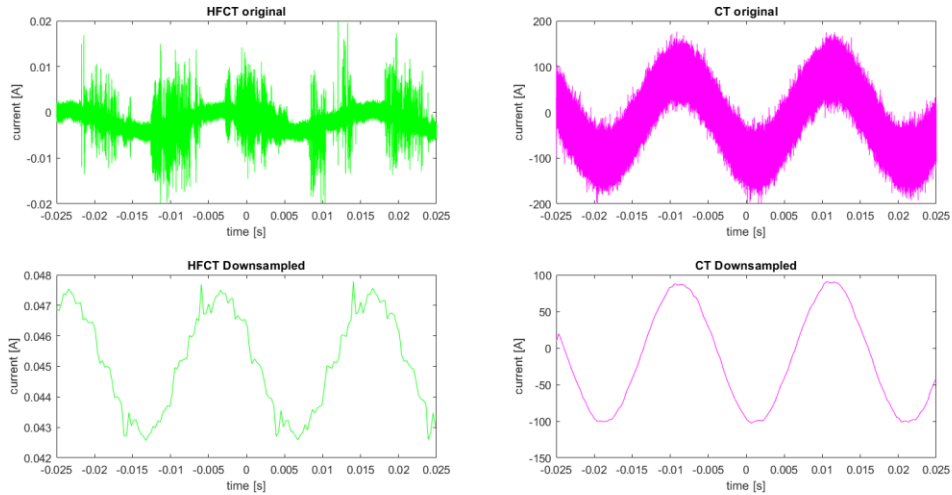
6.1 Mérési eredmények hagyományos izzóval

Hagyományos izzó használata esetén az oszcilloszkóp nagyfrekvenciás áramképén tökéletesen láthatóak a kisülések által gerjesztett áramimpulzusok. Azonban a kisfrekvenciás jelről ez nem mondható el. Ezt a 16. ábra mutatja.



16. ábra - Hagyományos izzóval terhelt hibás kábel oszcilloszkópos képe

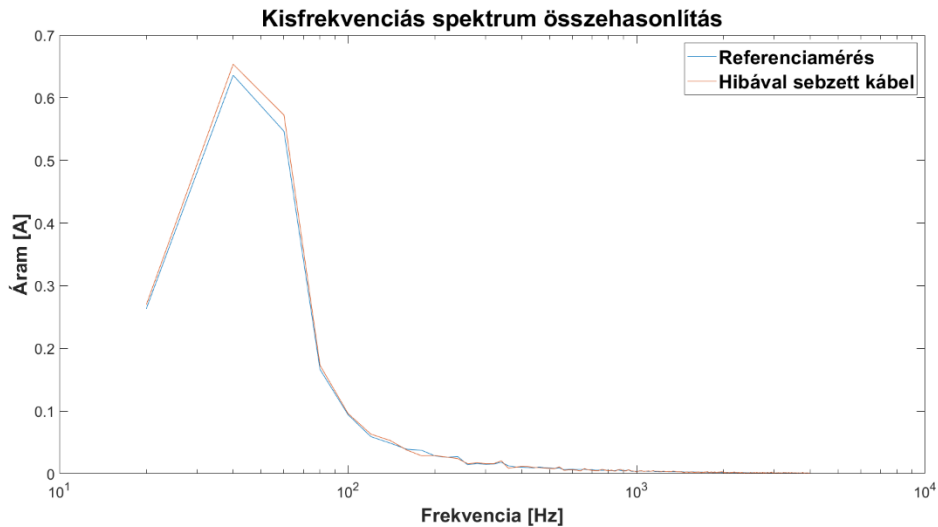
Ahogy a referenciaméréseknél is a hibás kábelek mérésénél is elvégeztem az alulmintavételezést, hogy az időtartományban láthassam, mennyire képes érzékelni a hibákat az okosmérő. Ennek eredményét a következő ábrán mutatom meg.



17. ábra - Hagymányos izzóval terhelt hibás kábel áramának időképe alulmintavételezés előtt és után

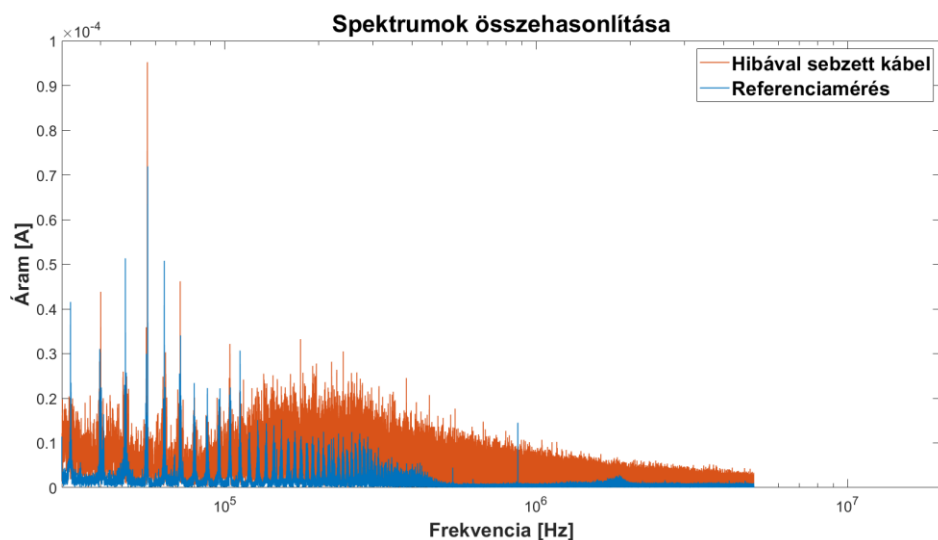
Az ábra jól mutatja, hogy alulmintavételezés után, nem meghatározhatóak a kábelen lévő hibahely által okozott impulzusok. Egy-egy kiugró impulzus megtalálható a zöld színű nagyfrekvenciás áramon, viszont a referenciamérés során is tapasztalható volt, hogy zajos a jel. Így nem eldönthető, hogy időtartományban képes észlelni az okosmérő a hibát.

Frekvenciatartományban is vizsgáltam a kábelen átfolyó áramokat. Kisfrekvenciás esetben az izzólámpának az alapharmonikusa a mérések folyamán nem változott számottevően ez látható, a 15. ábrán. A mérések folyamán az alapharmonikus értéke megnövekedett általában 10-20 milliamperrel, az első felharmonikus értéke nagyjából 30 milliamperrel növekedett meg a hibás kábeles esetekben.



18. ábra - Kisfrekvenciás spektrum összehasonlítása hagyományos izzó esetén

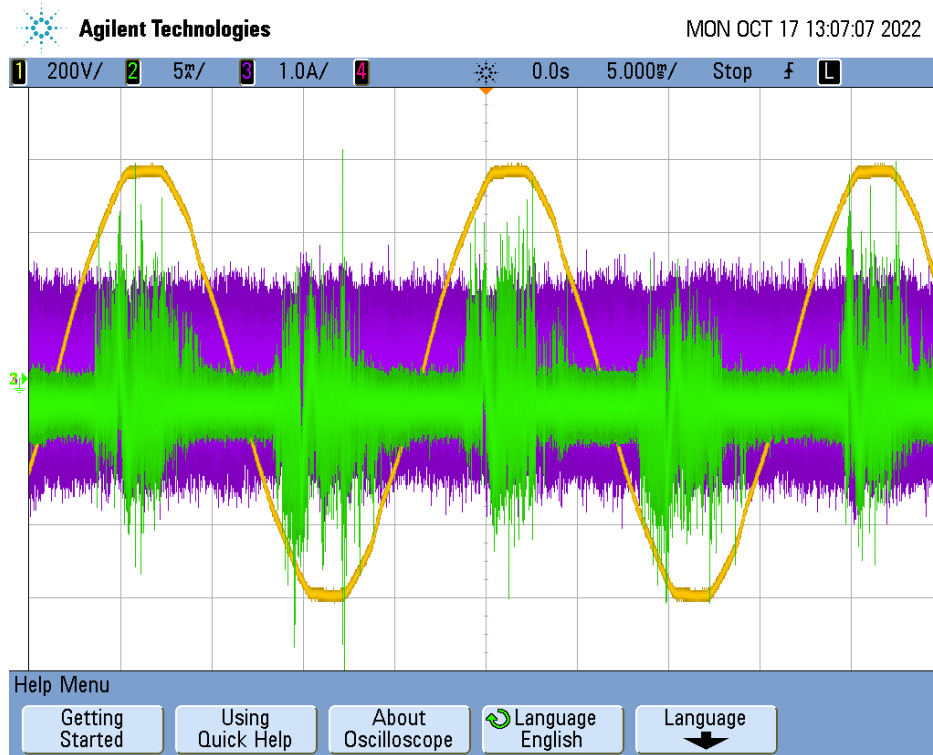
Nagyfrekvenciás esetben az vehető észre, hogy a nullához közeli nagyságú alapjel helyett pár mikroamper nagyságrendbe eső minden frekvencián megtalálható impulzus sokaság jön létre a kábelben hibás esetben. Az ezen a frekvencia tartományban megjelent felharmonikusok értéke nem igazán változott attól függetlenül, hogy hibás volt-e kábel vagy sem. A 100 kHz és az 1 MHz közötti tartományban a sérült kábelben jóval több és nagyobb értékű impulzus alakult ki. Viszont ezen frekvenciákon létrejövő áramimpulzusok a 100-200 mikroamper nagyságrendben mérhetőek. Ilyen mérési pontossággal a legtöbb okosmérő nem rendelkezik.



19. ábra - Nagyfrekvenciás spektrum összehasonlítás hagyományos izzó esetén

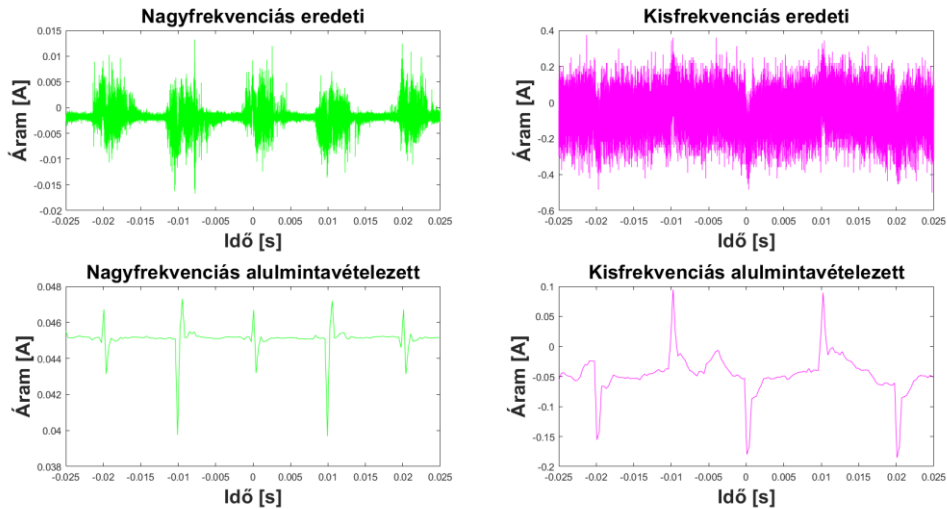
6.2 Mérési eredmények LED lámpák esetén

Amikor LED-eket használtam a sérült kábelen, akkor azokon is megfigyelhető lett a hiba által létrehozott nagyfrekvenciás áram az oszcilloszkópos képeken.



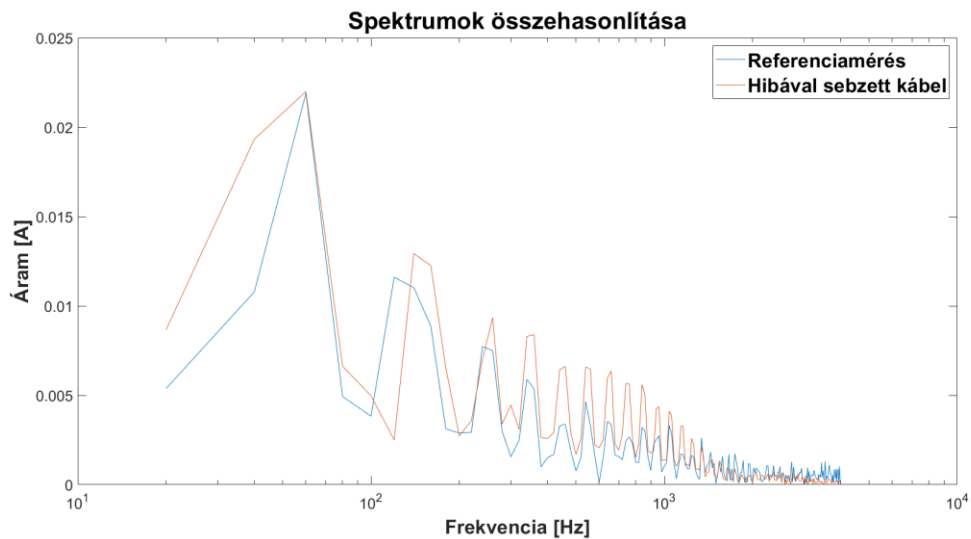
20. ábra - LED lámpa hibás kábelen

Ebben az esetben is elvégeztem az alulmintavételést. Erről az a következtetés vonható le, hogy az alap árama LED-nek annyival nagyobb, hogy sem nagyfrekvenciás esetben sem pedig kisfrekvenciás esetben nem állapítható meg időtartományban az, hogy a kábelen hiba található.



21. ábra – LED Alumintavételezés előtt és után

Ebben az esetben is a frekvenciatartománybeli vizsgálat az, ahol nagyobb esély van a hiba detektálhatóságára.



22. ábra - Kisfrekvenciás spektrum összehasonlítás

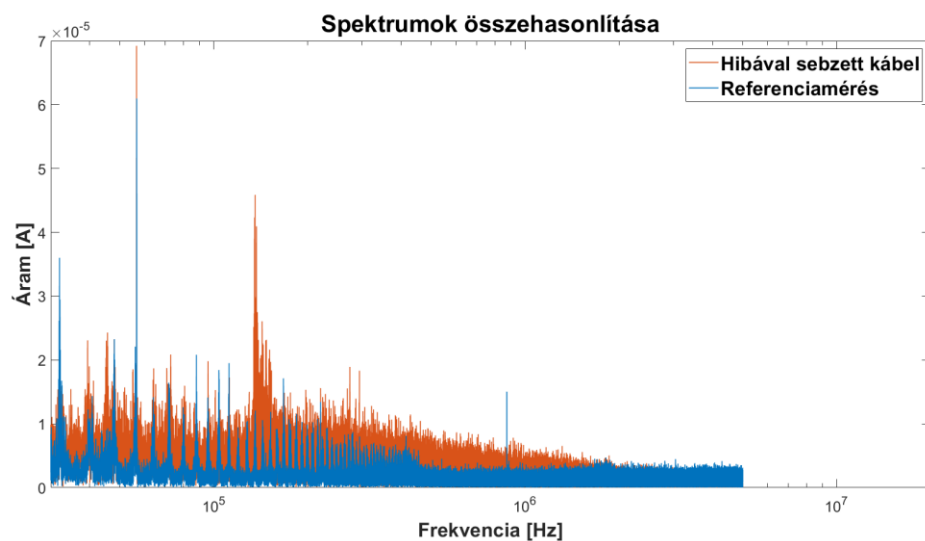
A 22. ábra mutatja meg a referenciamérés és a sérült kábel kisfrekvenciás áramváltóval mért spektrumát. Ahogy a referenciamérés esetén is megállapítható volt a páros frekvenciák mutatnak nagyobb amplitúdókat, míg a páratlan frekvenciákon ezek az értékek kisebbek. A hibás kábelen az alapharmonikus amplitúdója egyezik a referenciamérésen végzett amplitúdó értékkel. A felharmonikusok vizsgálata során, hogy a páros frekvenciák esetén pár mA-es emelkedések észrevehetőek, ezen értékek már viszonylag nagyoknak tekinthetőek.

1. Táblázat - Kisfrekvenciás spektrum összehasonlítás páros felharmonikusok esetén

Frekvencia (Hz)	150	250	350	450	550	650
Referencia (mA)	11.02	7.49	5.89	3.29	4.65	3.35
Hibás kábel (mA)	12.93	9.35	8.40	6.61	6.58	6.37

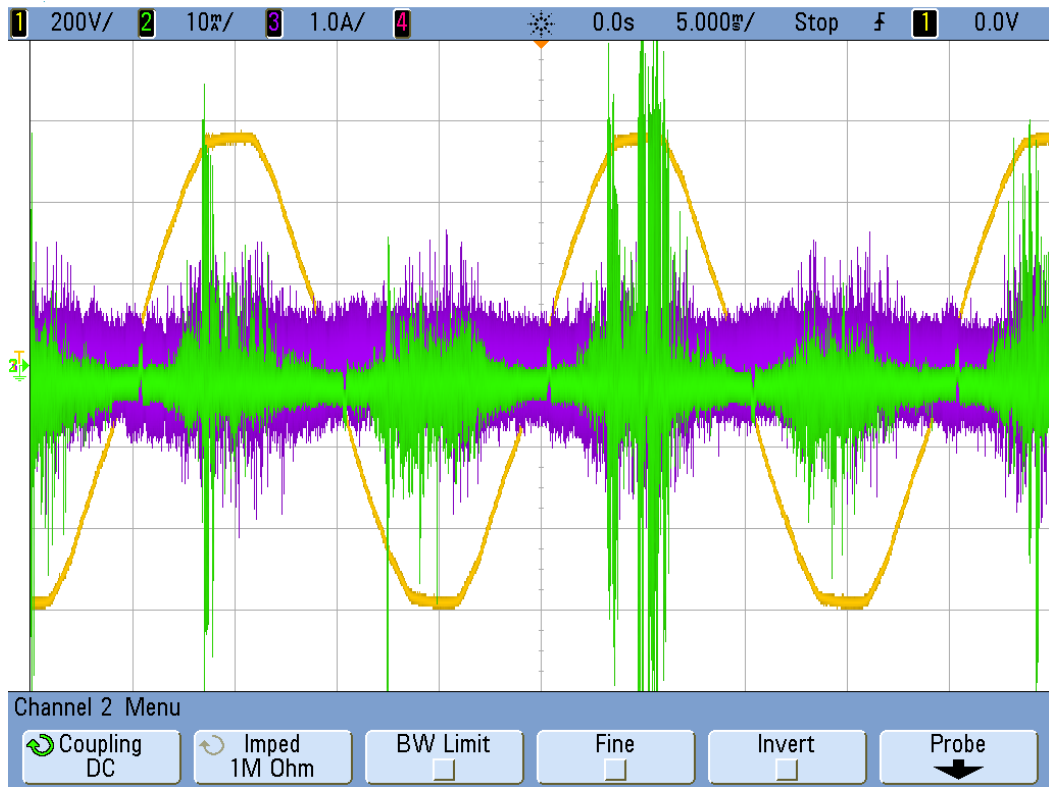
Az 1. Táblázat mutatja, hogy a páros felharmonikusok esetén egyes esetekben még duplájára is növekedett a mért áram érték.

Nagyfrekvencián továbbra is legfeljebb mikroamper nagyságrendben érzékeltük mind a hibával sújtott mind pedig a hibamentes kábel áramértékeit. 56 kHz és 135 kHz környékén LED-es esetén megjelent egy jelentősebbnek mondható komponensek ezek nagysága rendre 692 μ A és 458 μ A voltak. Érdekes módon LED-ek esetén a 135 kHz-es komponens hibás kábel esetén eléggé gyakran megjelenik. Hibamentes kábelen ilyen mértékben ezen frekvenciákon már nem alakult ki áramimpulzus.



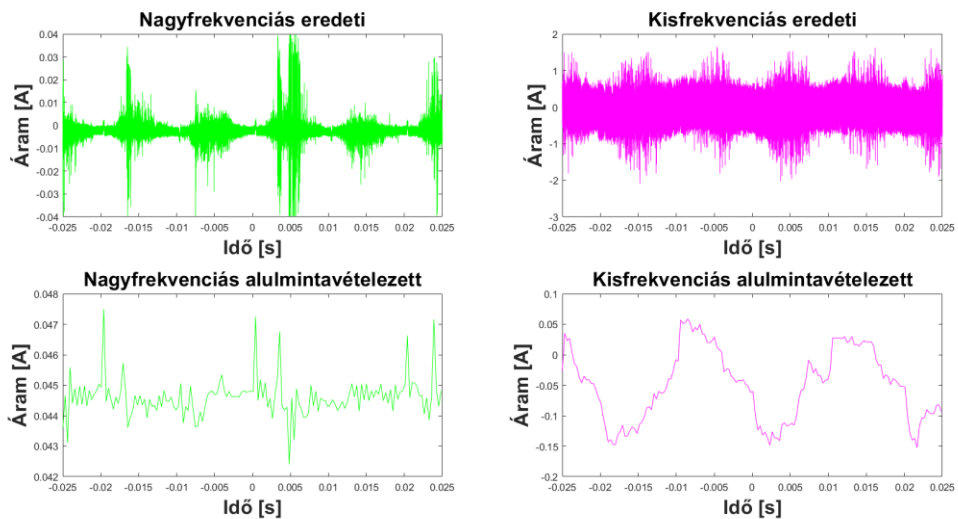
23. ábra - Nagyfrekvenciás spektrum összehasonlítás

A két különböző LED használata esetén a kialakult átívelések hibás kábel esetén komolyabb eltéréseket okoztak, mint a többi mérés esetén.



24. ábra - Különböző teljesítményű LED-ek hibával sújtott kábelen

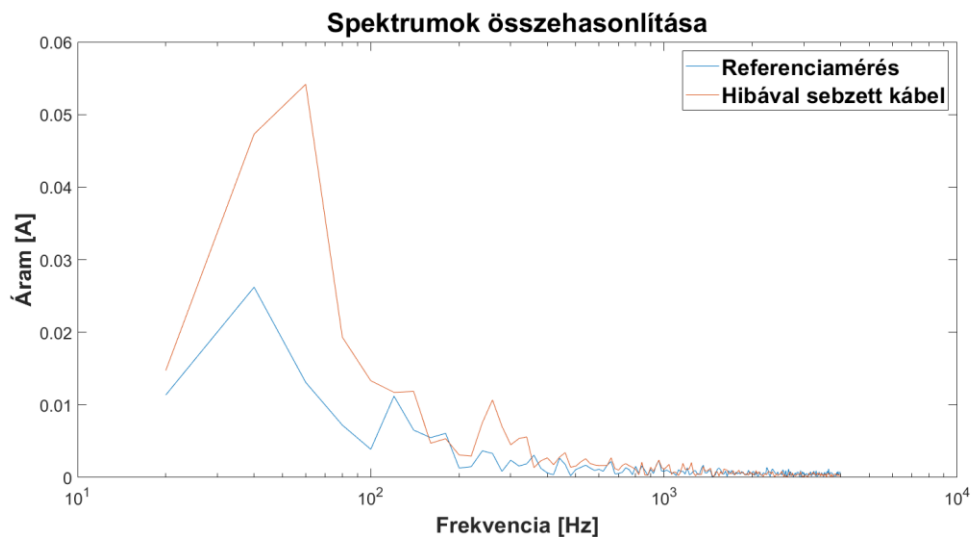
Amint a 24. ábra mutatja, az átívelések leginkább a feszültségpozitív csúcsaihoz közel alakulnak ki. Valamint az átívelések olyan frekvenciatartományban is hoztak létre felharmonikusokat amelyeket már a kisfrekvenciás áramváltó is képes volt észlelni.



25. ábra - Különböző teljesítményű LED-ek alulmintavételezés előtt és után

Szokásosan ezen mérésre is elvégeztem az alulmintavételezést, amit összehasonlítva a ábrával látható, hogy még alulmintavételezés után is egészen különbözik egymástól a két jelalak, így mondhatjuk, hogy ebben az esetben akár képes lett volna az okosmérő is észlelni a hibát.

A frekvenciatartománybeli analízis során is nagyobb eltérések tapasztalhatóak meg, mind kisfrekvencián mind pedig nagyfrekvencián. A kisfrekvencián az alapharmonikus értéke 26 mA-ról 47 mA-re növekedett a hibás kábel esetén, ami azt jelenti, hogy majdnem a kétszeresére, ez már jelentős különbségnek tekinthető. Valamint a negyedik felharmonikus esetén a referenciamérés során mért 3 mA után a hibás kábelen 10 mA lett. A további felharmonikusok ezen mérés során nem változtak jelentősen egyik irányban sem.



26. ábra - Kisfrekvenciás spektrum összehasonlítás

7 Összegzés

A kisfeszültségű elosztóhálózati kábelek hibáinak vizsgálata továbbra sem teljesen megoldott kérdés. Mivel a témával kevesen foglalkoznak és a legtöbb esetben kezdeti eredményeket értek el eddig, ezért ennek kutatás sem az a célja, hogy felmutasson egy végső megoldást a hibák detektálására. A megoldás megtalálásához igyekeztem egy jobb utat találni, úgy, hogy ki lehessen használni a hálózaton található mérőeszközöket.

Az időtartománybeli analízis során azt tapasztaltam, hogy míg az oszcilloszkóp magasabb jelfeldolgozási képességei képesek észlelni a hibás kábelben létrejövő átíveléseket, ez már nem igazán mondható el az alulmintavételezett jel esetén. Ahogy a korábbi irodalmak is mutatták [4][6][8], nem feltétlenül az időtartománybeli jelanalízis a legmegfelelőbb a hibás kábelek detektálására. Az időtartománybeli vizsgálat során, nem láthatóak a felharmonikusok. Hiszen azokat elnyomja az alapharmonikus. A hálózaton elhelyezkedő fogyasztó áramfelvétele is befolyásolja a jóval kisebb áramimpulzusokkal rendelkező átívelések láthatóságát. Amint látható volt a méréseimből, ritkán határozható meg az alulmintavételezett jelről, hogy az adott kábelben hibahely is található.

Úgy gondolom, hogy a legjobb irány a frekvenciatartománybeli analízis lehet a továbbiakban. A mérési eredményeim alapján mind a kisfrekvenciás, mind pedig a nagyfrekvenciás áramváltó segítségével képes voltam mérhető különbséget észlelni a felharmonikusok között. Számomra az igazán jelentőségteljes, hogy a kisfrekvenciás tartományban az első pár felharmonikus esetén is észlelhető a hiba, hiszen az adott felharmonikusok értéke megnövekedett.

A kisfeszültségű hálózaton kábeldiagnosztikai vizsgálatokat gyakorlatilag nem végeznek. Viszont azzal, ha a jelenleg használatos hálózatra telepített okosmérőket szoftveresen fejlesztenénk, potenciálisan egyre több diagnosztikára alkalmas eszköz kerülhetne az üzemeltetők kezébe. Ezen mérőeszközök, ha nem is mikroamperes, de milliamperes mérési pontossággal rendelkeznek. Amennyiben ezen mérőberendezések képesek frekvencia analízisre, a hibák detektálására is képesek lehetnek. Így a további kutatások során érdemes a kisfrekvenciákon fellépő áramimpulzusokra koncentrálni.

A mérések elvégzése nyugodt laboratóriumi környezetben történtek, viszonylag egyszerű kis áramfelvételű fogyasztókkal kísérleteztem. A folytatásban céloim jelentősen nagyobb terhelés esetén is vizsgálatokat végezni. Így olyan fogyasztók használat

melyeknek jelentősen nagyobb az áramfelvétele. A méréseim során ezúttal egyszerre csak egyfajta fogyasztó volt elhelyezve a kábelben, valamint a kábel viszonylag rövid volt. További megjegyezni való, hogy a méréseket nem egy okosmérővel végeztem, hanem egy oszcilloszkóppal. Az oszcilloszkópos mérések adatait alakítottam úgy át, hogy az alulmintavételezés eredményeit ebből a pontos mintából alakítom ki, amely valamennyire csorbítja az eredményeket.

Továbbfejlesztési lehetőségként, a frekvenciatartománybeli analízist tartom a legjobb irányának, ezen belül is azt gondolom a kisfrekvencián nagyjából 3000 Hz-ig érdemes vizsgálni a hiba által létrehozott frekvenciákat sokféle különböző fogyasztó mellett. Ezen frekvenciatartományban az okosmérők is képesek mintavételezni. Érdemes lehet megemlíteni különböző speciálisabb jelfeldolgozási módszerek alkalmazását, ilyen lehet például a hullámtranszformáció[18], ezen metódus akár képes lehet nagyobb terhelőáramból és zajból is kivonni a számára hasznos jeleket. Ezen matematikai módszerek feltérképezéséhez további komoly kutatómunka szükségeltetik. Ezen kívül a Laboratóriumban létrehozható mérések fizikai mérete is korlátos. Különböző fogyasztókat kellene kipróbálni hibás kábeleken, hogy még biztosabb kép lehessen kapható a mérésekből a felől, hogy a hibák mennyire detektálhatóak.

Irodalomjegyzék

- [1] Szalai Merse, „Kisfeszültségű elosztóhálózati kábelek helyi hibáinak vizsgálata”, 2021.11.16, <https://tdk.bme.hu/VIK/ViewPaper/Kisfeszultsegu-elosztohalozati-kabelek-helyi> elérés: 2022. 10. 25.
- [2] M. Szalai, L. Székely and R. Cselkó, "Detection of local defects in low-voltage distribution cables," *2022 8th International Youth Conference on Energy (IYCE)*, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/IYCE54153.2022.9857547.
- [3] S. M. Rowland and M. Wang, "Fault Development in Wet, Low Voltage, Oil-Impregnated Paper Insulated Cables," in *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 15, no. 2, pp. 484-491, April 2008, doi: 10.1109/TDEI.2008.4483468
- [4] Dogan Gokhan Ece, Francis M. Wells, Hakan G. Senel: Analysis And Detection of Arcing Faults In Low-voltage Electrical Power System
- [5] Luspay Ödön: Közép- és nagyfeszültségű hálózati berendezések diagnosztikai vizsgálata
- [6] A. Mukherjee, A. Routray and A. K. Samanta, "Method for Online Detection of Arcing in Low-Voltage Distribution Systems," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 32, no. 3, pp. 1244-1252, June 2017, doi: 10.1109/TPWRD.2015.2392385.
- [7] B. Kruizinga, P. A. A. F. Wouters and E. F. Steennis, "Fault development upon water ingress in damaged low voltage underground power cables with polymer insulation," in *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 24, no. 2, pp. 808-816, April 2017, doi: 10.1109/TDEI.2017.005953.
- [8] D. G. Ece and F. M. Wells, "Analysis and detection of arcing faults in low-voltage electrical power systems," *Proceedings of MELECON '94. Mediterranean Electrotechnical Conference*, 1994, pp. 929-935 vol.3, doi: 10.1109/MELCON.1994.380949.
- [9] Nagyfrekvenciás áramváltó - <https://www.ontrium.com/get.aspx?id=2019204> elérés: 2022. 10. 25.
- [10] Fluke kisfrekvenciás áramváltó - http://www.testequipmentdepot.com/fluke/pdf/i400_manual.pdf elérés: 2022. 10. 25.
- [11] A. Mukherjee, A. Routray and A. K. Samanta, "Method for Online Detection of Arcing in Low-Voltage Distribution Systems," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 32, no. 3, pp. 1244-1252, June 2017, doi: 10.1109/TPWRD.2015.2392385.
- [12] B. D. Russell, K. Mehta and R. P. Chinchali, "An arcing fault detection technique using low frequency current components-performance evaluation using recorded

- field data," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 3, no. 4, pp. 1493-1500, Oct. 1988, doi: 10.1109/61.193948.
- [13] B. M. Aucoin and B. D. Russell, "Distribution High Impedance Fault Detection Utilizing High Frequency Current Components," in *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-101, no. 6, pp. 1596-1606, June 1982, doi: 10.1109/TPAS.1982.317209.
- [14] D. A. Asfani, I. M. Yulistya Negara, I. G. N. Satriyadi Hernanda, D. Fahmi, A. Tunjung Pradipta and C. Bahy, "The Effect of Network Impedance and Electrode Distance to Low Voltage Series Arcing Detection," *2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISITIA49792.2020.9163742.
- [15] R. Jiang, G. Bao, Q. Hong and C. D. Booth, "A Coupling Method for Identifying Arc Faults Based on Short-Observation-Window SVDR," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 70, pp. 1-10, 2021, Art no. 3513810, doi: 10.1109/TIM.2021.3067660.
- [16] <http://www.historyoflighting.net/light-bulb-history/history-of-led/> elérés:2022. 10. 21.
- [17] C. Ding and T. Zhang, "Research on health monitoring of LED lighting system," *2016 Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Chengdu)*, 2016, pp. 1-5, doi: 10.1109/PHM.2016.7819948.
- [18] Hullámtranszformációról röviden: <https://towardsdatascience.com/the-wavelet-transform-e9cfa85d7b34> elérés: 2022. 10. 27.

Ábrajegyzék

1. ábra - Kisfeszültségű földkábel felépítése [7].....	8
2. ábra - 180 Hz-es komponens megjelenése az időtartományban[12]	11
3. ábra - Mérési elrendezés sematikus ábrája	13
4. ábra - Mérési összeállítás a Nagyfeszültségű Laboratóriumban.....	14
5. ábra - Hibamentes kábelen hagyományos izzólámpa	15
6. ábra - Az eredeti jelalakok és az alulmintavételezés utáni jelalakok.....	16
7. ábra - Hagyományos izzó kisfrekvenciás árama.....	17
8. ábra - Hagyományos izzó nagyfrekvenciás árama	17
9. ábra - 4 W teljesítményű LED hibamentes kábelen	18
10. ábra - 4 W teljesítményű LED áramának időképe alulmintavételezés előtt és után.....	19
11. ábra – A LED-ek áramának kisfrekvenciás spektruma	20
12. ábra – A LED-ek áramának nagyfrekvenciás spektruma	20
13. ábra - Különböző teljesítményű LED-ek áramának időképe alulmintavételezés előtt és után	21
14. ábra - Különböző teljesítményű LED-ek kisfrekvenciás spektruma	21
15. ábra - Mesterségesen létrehozott hibahely	22
16. ábra - Hagyományos izzóval terhelt hibás kábel oszcilloszkópos képe	23
17. ábra - Hagyományos izzóval terhelt hibás kábel áramának időképe alulmintavételezés előtt és után	24
18. ábra - Kisfrekvenciás spektrum összehasonlítása hagyományos izzó esetén	25
19. ábra - Nagyfrekvenciás spektrum összehasonlítás hagyományos izzó esetén	25
20. ábra - LED lámpa hibás kábelen.....	26
21. ábra – LED Alulmintavételezés előtt és után.....	27
22. ábra - Kisfrekvenciás spektrum összehasonlítás.....	27
23. ábra - Nagyfrekvenciás spektrum összehasonlítás.....	28
24. ábra - Különböző teljesítményű LED-ek hibával sújtott kábelen.....	29
25. ábra - Különböző teljesítményű LED-ek alulmintavételezés előtt és után ...	29
26. ábra - Kisfrekvenciás spektrum összehasonlítás.....	30

