

Villamos hálózatok minőségi problémái

Tervezéstől az üzemeltetésig

Túróczi József

Túróczi és Társa Erősáramú Mérnöki Iroda KFT

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

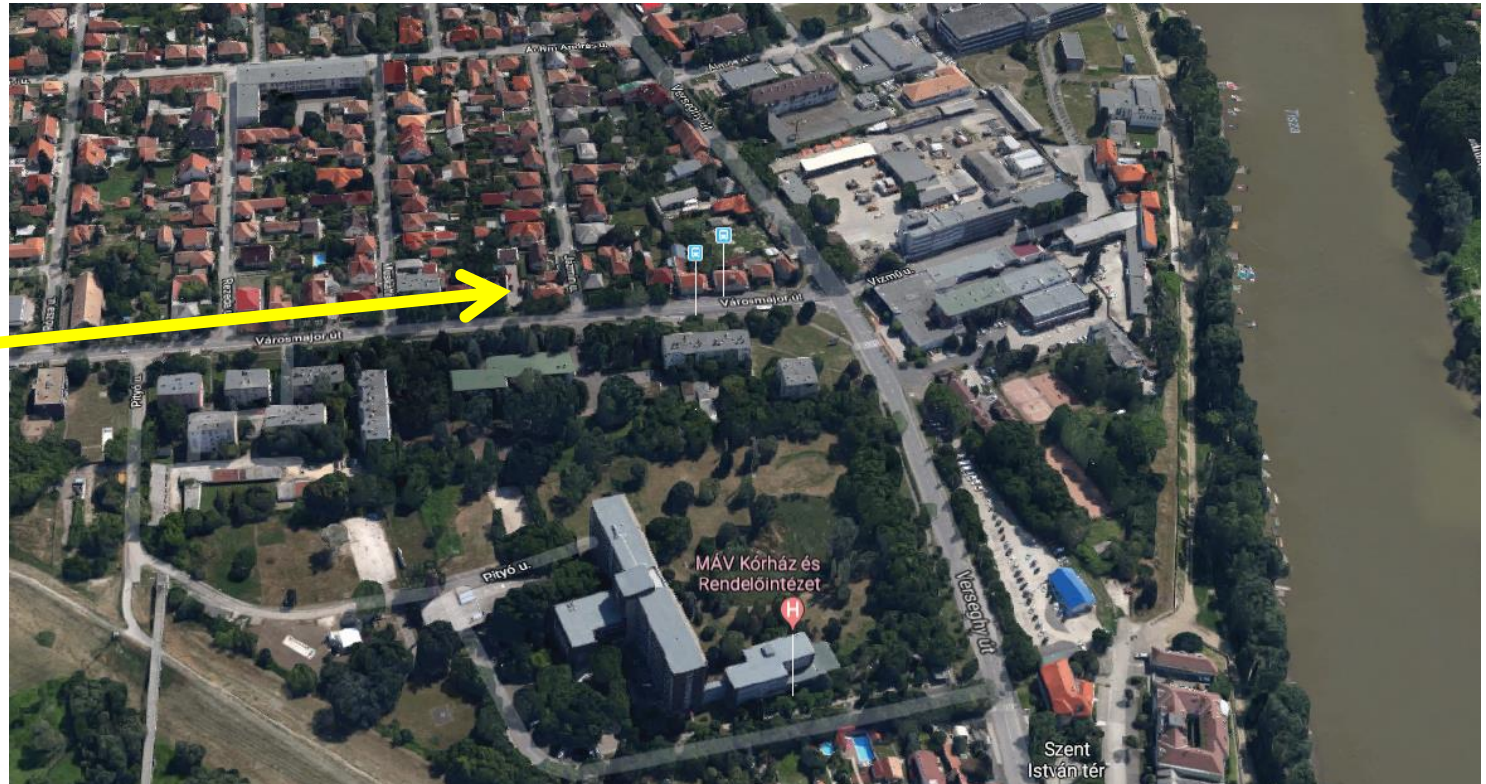
MMK.HU





Bemutatókozás

1991.-től képviseljük a partnereink érdekeit a műszaki anomáliák elleni megoldásokkal. Székhelyünk a 900 évesnél idősebb Szolnok városa.





Téma meghatározás

Közel **30 év** során szerzett tervezési, kivitelezési és üzemeltetési tapasztalatainkat fogjuk megosztani Önökkel, melyek nem mindenben egyeznek az aktuális politikai állásponttal, de **a mérnök csak a fizikai törvényekkel és tényekkel tud dolgozni.**

A következő **6 órában** összefoglaljuk azt, ami az Önök munkáját segítheti, hogy Önök felismerjék és Partnereik a hálózati anomáliákat elkerüljék, de azt is bemutatjuk, hogy a már fellépett hibákat milyen eszközökkel lehet javítani.

Az alapkérdés: **mit értsünk a hálózati problémákon?**

Legyen talán a kivitelezés minősége?



Téma meghatározás





Téma meghatározás

Nem célunk a tervezési- és szerelési hibák elemzése, hogy jót ne vessünk az elkövetőinek rovására.

**Vizsgálatunk témája az erősáramú hálózatokon fellépő,
az üzemeltetést befolyásoló anomália legyen!**

Ismert, a nemlineáris elemek alkalmazásából származó jeltorzulás. Következménye a zavarok sztohasztikus, véletlenszerű események kialakulása, melyet a szakembereknek fel kell ismerni- és a zavar kompenzálását biztosítani a tervezéstől az üzemeltetésig!



Téma meghatározás

DEKLARÁCIÓ!

Vizsgálatunk- és értékelésünk, javaslataink során megkerülhetetlen a kompetitív – *versenyképességi összehasonlító* – eljárási formula alkalmazása. Természetesen ezzel nem azt mondjuk, hogy valamely termék rossz, csak azt mutatjuk be, hogy a kizárólag műszaki alapú összehasonlítás során egy másik gyártó terméke miért bizonyult jobbnak!

Különösen igaz ez, amikor egy termék-, vagy eljárás hibáját szemléltetjük. Ilyenkor nem egy gyártóra-, vagy konkrét emberre, csupán a hiba feltárásának és felismerésének módjára mutatunk rá!



Téma meghatározás

Nem szabvány ismertetőt fogunk – pld. az **MSz HD 60364-5 5.5.1** „E” melléklet – tartani, mivel tudjuk, Önök gyakorló szakemberek.

Egy új szemléletet, **az erősáramú megközelítéstől eltérő gondolkozási módot** mutatunk be, emiatt többször is eltérünk a megszokott „terminus technicus”-tól. Egyszerűbb pld. a „*pozitív visszacsatolás okozta, limitált határérték nélküli jel erősödés*” helyett a napi gyakorlatban ismert megnevezés, a „**gerjedés**” alkalmazása.

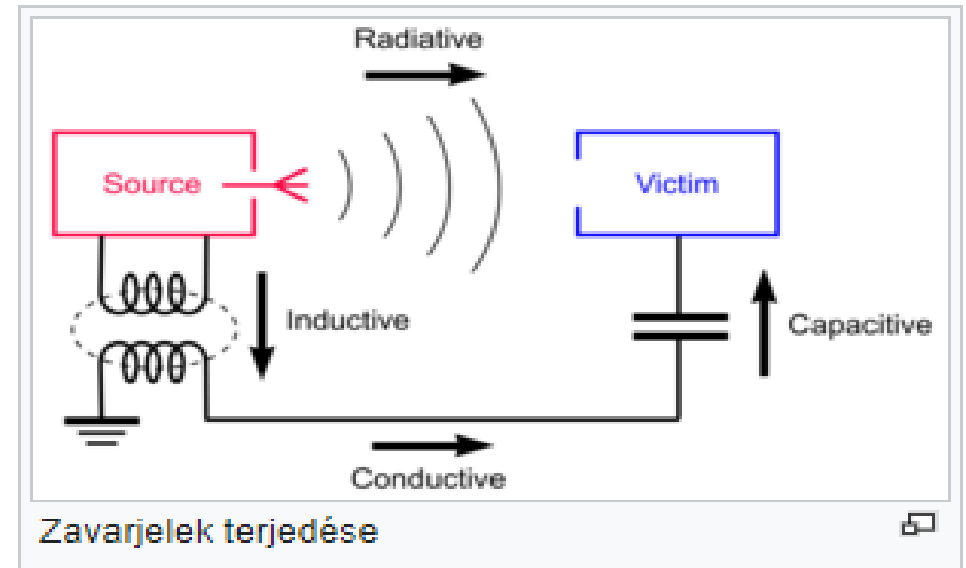
Szóhasználatunk tudatos, célunk a kapcsolatok bemutatása, ehhez gyakran a jelenségeket nem a szakma nyelvén írjuk le.



Téma meghatározás

Ilyen jelenség pld. a jelalak torzulás, melyet Önök az EMC – az elektromágneses kompatibilitás – témakörben ismerhettek meg. Az EMC értelmezése szerinti a hasznos jelet torzító jel terjedése lehet:

- elektromos vezetéssel
- sugárzással
- galvanikus csatolással
- kapacitív vagy induktív csatolással



Kérdés, hogyan értelmezzük, ha maga a torzulás a hasznos jel?



Téma meghatározás

El kell fogadnunk, hogy egy szakterület műszaki definíciós rendszere bizonyos jelenséget csak körülményesen, korlátozott értelmezéssel tud értelmezni és meghatározni.

Jó példa erre a „*véletlenszerű*” és a „**sztohasztikus**” elnevezés. Míg az előbbi csak egy esemény előfordulási gyakoriságára, az utóbbi **az esemény műszaki tartalmára is meghatározást nyújt.**

Előadásunkban a tényeket mutatjuk be, ezért „*üzemzavar*” helyett a valóságról, **működési rendellenességről, anomáliáról** beszélünk.



Téma meghatározás

Célunk az Önök látókörének szélesítése, hogy tudatosan távolodjanak el a szépen szerkesztett katalógusok és „baráti” tanácsok, az elavult eszközök kritika nélküli elfogadásától.

Megmutatjuk, hogy a gyorsan változó műszaki környezetünk egyszerre jelenti a problémát, és a probléma megoldását!

Szeretnénk Önöknek bemutatni, hogy a munkájuk során miért kell erősíteni a felelős mérnöki gondolkozást!



Téma meghatározás

Előadásunk során valós, megtörtént eseményekkel, mérési- és elemzési adatokkal bizonyítjuk, a hálózat minőségi hibáit a mérnökök-, a műszaki ellenőrök és kivitelezést végző munkatársak együttműködése kijavíthatja.

Bizonyítani fogjuk, hogy a szabványok előírásainak tudatos, gazdasági okból történő megszegése, vagy a gyártói előírások téves értelmezése növeli a hálózat hibáinak következményeit.

1. Szabványi háttér

Az 1991. évi minőségbiztosítás, mint szabályozás alapja

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





1. Szabványi háttér

Elsőként azokat a hatályos szabványokat és szakmai előírásokat vizsgáljuk meg, melyek a villamosenergia rendszer ellátását jelentősen befolyásoló anomáliák, sztohasztikus események leírói.

Kövessük végig a zavarokkal foglalkozó szabványok szerepét a beruházási feladat kiírásától a tervezésen- és a kivitelezésen át az üzemeltető részére történő átadásig.



1. Szabványi háttér

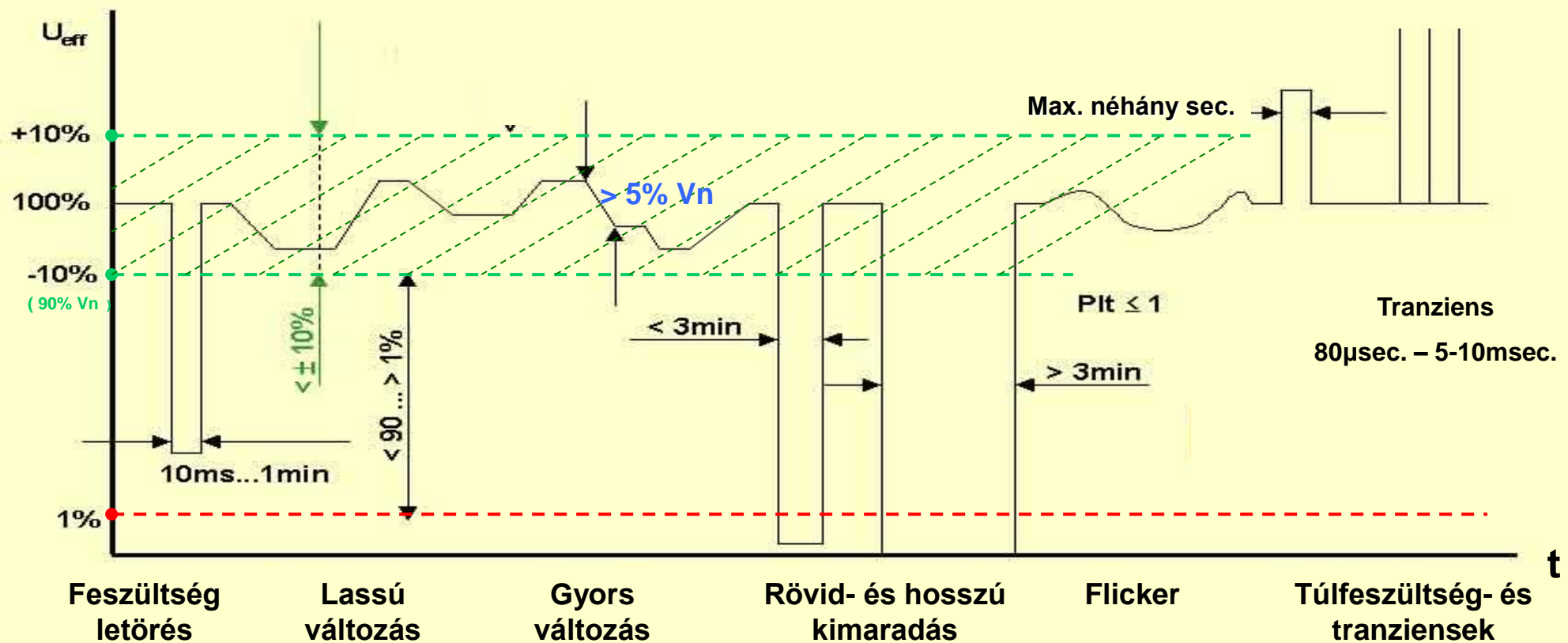
Általában ismert, hogy a villamos hálózat műszaki paramétereit **1991. évtől** a **CENELEC 50160** szabvány honosításával – átvételével - az **MSz EN 50160** szabvány definiálja, nevesíti

- a **feszültség** letörést és kimaradását
- a **harmonikus zavarkibocsátást** és
- a **flicker jelenségét**, valamint
- a **tranziens** értelmezését



1. Szabványi háttér

Tipikus feszültségzavarok összefoglalása





1. Szabványi háttér

A harmonikus zavar meghatározása **a mért pillanatnyi érték %-os értékével** történik, pld. a teljes harmonikus zavar maximális értékét **a 0.-40. tartományban THD(u)**, valamint **a 0.-25. tartományban a nevesített rendszám** tartalmazza.

Rendszám alatt az $f_{(1)}=50\text{Hz}$ alap frekvencia egész számú többszörösét értjük, tehát a 3. rendszám az $f_{(3)}=3*50=150\text{Hz}$

A szabvány rögzíti a feltételeket: a mért adatokat **10perces átlagolással** és **95%-os valószínűséggel** meghatározva kell értékelni, a feltételeket **„a hét bár mely napján”** kell teljesíteni.



1. Szabványi háttér

Ami legtöbbször elkerüli a tisztelt Tervező és a méréseket végző Kollégák figyelmét, az **MSz EN 50160** szabvány által definiált paraméterek az ún. átadási – fogyasztásmérési - ponton, alapvetően az Áramszolgáltatóra vonatkozóan tartalmazzanak adatokat! Az így végzett megállapításoknak más jogszabályi előírás nélkül a felhasználóra nézve semmilyen jogkövetkezménye nincs!

A zavarokat viszont a felhasználói berendezések generálják, hogyan lehet akkor mégis érvényes a szabvány előírása a felhasználóra is?



1. Szabványi háttér

A Magyar Energia Hivatal – MEH, ma MEKH – 1991.-ben a Szolgáltató részére a szabvány bevezetésével meghatározta a minőségi feltételeket. Ezzel egyidejűleg rögzítette a felhasználói zavarkibocsátást, a felhasználói eredetű befolyásolás még megengedhető mértékét.

Az egy fogyasztó – felhasználó - által generált zavar mértéke nem lehet több, mint az MSz EN 50160 szabványban definiált határértékek $1/5$ -e.



1. Szabványi háttér

A szabvány azonban itt megtévesztő, mivel az átadási ponton kizárólag a hálózati feszültségen mért zavarok vizsgálata alapján nem lehet eldönteni, hogy a magas zavarszintért az energia szolgáltatója, vagy az adott ponton vételező felhasználó, esetleg másik fogyasztó technológiai berendezés kibocsátása a felelős.

Önök számára megszokott tájékoztatást a **HD 60364** biztosít, mely bevezette a „**nemlineáris elemek**” üzemeltetési következményének ismeretét, a jeltorzulást, s harmonikus zavar kibocsátást.

Alkalmazási ajánlásokat ad, az alkalmazás indoklása nélkül.



1. Szabványi háttér

A létesítési szabvány a hálózat elemeinek védelmében csak a zavar következményére – melegedés, védelmi működés – figyelmeztet, felsorolja, de nem indokolja egyes elemek – a LED - érintettségét.

Nemlineáris elemek esetén **HD 60364-5** rögzíti, **a nulla vezeték áramában a fázisáramban mért zavaráram effektív értékének akár a 300%-a is mérhető!**

Igazolt zavarkibocsátás esetén a szabvány „E” mellékletében szereplő, a megépítést követő ellenőrzés eredményei alapján az előírásokat revideálni, a tervezési feladatot akár a méretezéstől is újra kezdeni, vagy a védelmi eszközöket beépíteni szükséges.



1. Szabványi háttér

A zavarkibocsátás megítéléséhez szükség van az áramok torzulásának vizsgálatára is, mivel ezért a felhasználói berendezések működésének természetes következménye!

A felhasználó által alkalmazott berendezések működése torzítja el a fázisáramok jelalakját – vezetett zavar – ennek elemzésére más szabványok előírásait kell figyelembe venni-, illetve alkalmazni.

Az áram torzulás értékeléséhez segítséget az **MSz EN 61000** – a termék gyártására vonatkozó – szabványsor előírásai, valamint a **G5/4**, ún. „kvázi” szabvány ajánlása biztosíthatnak részünkre.



1. Szabványi háttér

A szabványsor és a műszaki ajánlás két feltétel bevezetésével segítette a felhasználói zavarkibocsátás megítélését:

- **nem tekinthető önálló zavarforrásként**, ha kifestültségen

$I_N \leq 3 \cdot 16A_{\text{eff}}$ áramú a csatlakozó berendezés túláram védelme

- a fázisáram zavartartalma a **THD(i) ≤ 10%** még megengedhető,

ahol a

$$\mathbf{THD}_{(i)} = \frac{\sqrt{\sum_{f>1}^{50} i_f^2}}{i_1} * 100 \text{ [%]}$$



1. Szabványi háttér

Továbbra sem teljes a meghatározás, mivel nem veszi figyelembe a zavarok **sztohasztikus**, véletlenszerű jellegét! A gyártók ezt ki is használják, mivel készülékeik **bevizsgálást zavarmentes környezetben, egyedi berendezésen** végzik. Ezzel elkerülik az egymásra hatást, illetve a nulla vezetéki áram vizsgálatát.

A Tervező kollégák megnyugodnak, sem a beruházó, sem a gyártók nem jeleztek műszaki problémát, a feladat egyszerű:

„**x**”A-es terhelő áramhoz „**l**” kábelhossz esetén „**y**”mm² vezeték keresztmetszet tartozik”.



1. Szabványi háttér

Az **adaptáló tervező** ekkor hibát követ el, mert nem vizsgálja, hogy minden **elektronikus teljesítményszabályozású berendezés** ún. „**nemlineáris**” elem! Figyelmetlensége, a feladat egyszerűsítése kizárt két, a helyes megítélés szempontjából fontos tényezőt:

- a **harmonikus zavar sztohasztikus** jelenség, a **felhasználói berendezések által generált zavarok hatnak egymásra**
- az egymásra hatás vezetőke a „**PE**”, és az „**N**” („**PEN**”) vezeték, valamint az egyen-potenciálú, az **EPH** hálózat és a **földelés!**



1. Szabványi háttér

Vizsgálva az **MSz EN 50160** szabványt a közép- és a kisfeszültségű oldalon definiált – megengedett - zavarértékek arányai azonosak, mivel a **Dy5 kapcsolású transzformátor nem képez érdemi akadályt** a hangfrekvenciás – vezetett - zavarokkal szemben!

A zavarvizsgálatok során a hét csatornás mérést – három fázis feszültsége-, árama, illetve a nulla vezeték árama – esetében **szükséges elvégezni**, a kapott mérési adatokat

- **egy hetes** mintavételezéssel
- **10perces** átlagolással, illetve
- **95%-os** valószínűséggel kiértékelni



1. Szabványi háttér

A vizsgálat során több, mint 10.000 adat kell kiértékelni, a jelalakokkal és a harmonikus összetevőkkel együtt.

A méréshez a feladatra optimalizált műszer szükséges, azonban rögzítsük, hogy az alkalmazott műszer objektív mérési adatain túl **az elemzésekor a zavarkibocsátás és a hatékony kompenzálás helyes megítélése továbbra is a mérést és kiértékelést végző empátiájától-, tudásától és felkészültségétől függ.**

Az emberi hibát csökkenti az **IEEE Standard 519** ágazati szabvány mert bevezette a zárlati- és a névleges áram aránya, az I_{SC}/I_L szerinti megítélés, a **TDD()**, a teljes igény szerinti zavar fogalmát.



1. Szabványi háttér

Az **IEEE Standard 519** csak a páratlan harmonikusokat vizsgálja és azokat tartományokra bontva értelmezte úgy, hogy a mérési ponton:

- **$h < 11$** egyetlen, domináns zavarforrás
- **$11 \geq h < 17$** több, egyenként is domináns zavarforrás
- **$17 \geq h < 23$** több, egyenként nem jelentős zavarforrás
- **$23 \geq h < 35$** a környezetben több, domináns, egymással kölcsönhatásban álló zavarforrás
- **$35 \geq h$** a környezetében több betáplálás, domináns és / vagy másodlagos zavarforrás egymást befolyásolva üzemel



1. Szabványi háttér

Az **MSz EN 62305** villámvédelmi szabvány négy káreseményt definiált, a védekezés módját azonban csak három esetben:

- az emberi élet elvesztésének,
- a közszolgáltatás kiesésének és
- a kulturális örökség elvesztésének kockázatánál határozta meg

A **gazdasági kár** az üzemeltetés során lehetséges és elviselhető veszteség, **emiat a védekezés módját és eszközt a Beruházó és a Tervező a technológia ismeretében határozhatja meg!**



1. Szabványi háttér

A gazdasági kár kialakulásának oka a technológiai rendszer működéséből származó sztohasztikus zavarok bekövetkezése, a veszteség nagysága függ a káresemény bekövetkezésekor történő visszahatás mértékétől-, kiterjedésétől, illetve a zavar időtartamától.

Példa: Gyártósornál a $t < 500\text{msec}$ anomália leállást okozhat, ez újraindítását, beszabályozását igényel, mely **30percig** is eltarthat, miközben a termelés kiesés értéke **0,1÷3MillióHUF/perc** is lehet!

A veszteség így 100MillióHUF/évnél is nagyobb lehet!



1. Szabványi háttér

A sztohasztikus anomáliák bekövetkezésének legvalószínűbb oka az eltérő hálózati torzulásokat generáló nemlineáris zavarforrások között kialakuló pozitív visszacsatolás, a **Nulla, PE / PEN** és az **EPH** rendszeren keresztül kialakuló **gerjedés** hatása.

Az MSz EN 62305 által nevesített „gazdasági kár” szerint definiált anomália tehát a nemlineáris zavarforrások között kialakuló gerjedés következménye! A védekezés kialakításához azonban fel kell ismerni a bekövetkezés okát és valószínűségét, hogy kiválaszthassuk a **legtöbbször csak feszültség panaszként meghatározott anomáliák elleni** hatékony védekezés eszközeit.



1. Szabványi háttér

A hálózati anomáliák okainak felismeréséhez **négy szabvány meghatározásai és egy szakmai ajánlás magyarázatai együttesen** adnak segítséget:

- **HD 60364** ajánlásai a vezetékek terhelhetőségéről
- **MSz EN 50160** a feszültség anomáliák műszaki megítéléséről
- **MSz 61000** és a **G5/4** az áram jelalak torzulások értelmezésére
- **IEEE Standard 519** a mért adatok megítélésére a lineáris- és a nemlineáris elemek találkozási pontján, bármely környezetben



1. Szabványi háttér

Az üzemeltetői érdekek védhetősége érdekében az anomáliákat, kialakulásainak okait, a szabványok ajánlásait, valamint a mérési adatokat is helyesen kell értelmeznie a zavarok elhárításában érdekelt

- beruházási előadónak
- a villamos tervezőknek
- a műszaki ellenőrnek, valamint
- a kivitelezőknek egyaránt

Villamos hálózatok minőségi problémái

Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége az 1. résznek

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



2. Tervezői munka befolyásolása

A fogyasztói berendezésekre vonatkozó elvárások

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





2. Tervezői munka befolyásolása

A projekt indításakor a beruházó átadja **az elképzeléseit, a tervezett technológiák, valamint az alkalmazni kívánt berendezések leírását** az **adaptáló** villamos tervezőnek:

- a tervezési approximációs adatokat
- az egyes technológiák részletes leírását
- az energiaigénnyel kapcsolatos elvárásokat
- az üzem működésével kapcsolatos speciális igényeket

Tudatos az **adaptáló** szó kiemelése, mivel a **Tervező feladata és felelőssége** a technológiai energiaellátás adott környezetben történő üzemeltetésének anomália mentes megvalósítása.



2. Tervezői munka befolyásolása

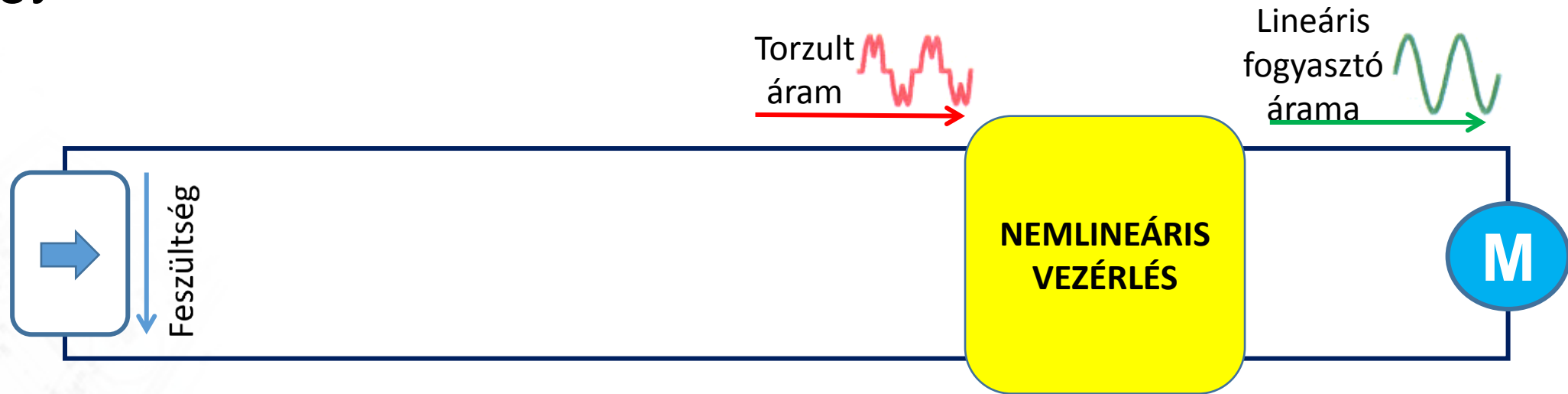
A technológiai rendszerek leírása legtöbbször csupán egy katalógus, melyből még az ellenőrzés során is legfeljebb az tűnik ki, hogy a berendezés PC-s vagy PLC-s digitális vezérlést, esetleg frekvenciaváltóval szerelt szabályozást tartalmaz.

Értelmezzük: teljesítmény szabályozó elektronikával felszerelt **technológia lineáris és nemlineáris elemek halmaza, ahol a két elem aránya ismeretlen!**
A nemlineáris berendezések **zavarforrások**, azaz **sztohasztikus veszélyforrást képviselnek!**



2. Tervezői munka befolyásolása

Hogyan működik a nemlineáris elem?



A kimeneti teljesítmény stabilizálása érdekében a feszültség- és az áram ellentétesen változik. Megvalósításakor az áram jelalak kitöltési tényezője változik, ezt a szinuszos alak torzulása biztosítja.



2. Tervezői munka befolyásolása

A nemlineáris elem okozta áram jelalak torzulás negatív hatásai:

- **a torzulási arány**, valamint a frekvencia **négyzetével** növeli a veszteséget, lokális túlmelegedést okozhat
- a hő-veszteség **öregíti** a szigetelőanyagokat
- **kapacitív** áramot- és meddőteljesítményt generálhat
- megváltoztathatja a **terhelési egyensúlyt**
- **csillagponti potenciál** eltolódást képez, a betáplálások között, emiatt ismeretlen értékű **kiegyenlítő áramot** generál



2. Tervezői munka befolyásolása

Az **adaptáló tervező** felelőssége lenne a nemlineáris zavarokat kompenzáló rendszer tervezése és kiépítése, de a gyártók a katalógusaikban erre nem hívják fel a figyelmet, így a Tervező kollégák legtöbbször nem is tudnak a problémákról.

Minden, a teljesítmény elektronikus szabályozásával, digitális vezérléssel megépített rendszer a villamos hálózatban anomáliákat, zavarokat generáló nemlineáris elem!

Pld.: HEIDELBERG nyomdagépek, frekvenciaváltók, kapcsolóüzemű tápegységek, a robotikában alkalmazott automaták, informatikai- és irodatechnikai rendszerek



2. Tervezői munka befolyásolása

A zavarkompenzálás hiánya miatt lehetséges műszaki anomáliák:

- **nem működnek**, vagy bizonytalanná válnak **a vezérlések**
- indokolatlan vagy ismeretlen okból történő **védelmi működések**
- időszakosan vagy állandósultan **kapacitív elosztó hálózatok**
- utólag jelentős hűtőkapacitást kell beépíteni, **romlik a hatásfok**,
- magas a „**low carbon**” jelenség
- a vezérlő rendszerek **értelmezhetetlen zavarokat**, hiba kódokat jelölnek meg, más környezetben a technológia hibátlanul üzemel



2. Tervezői munka befolyásolása

A magas zavar arányú fázis- és nulla vezetéki áram miatt

- az **elosztási veszteség** $P_D \sim 2\%$, azonban a zavar hatására

$$P_T = \left(1 + \frac{THD_{(i)} [\%]}{100}\right)^2 * P_D [\%]$$

arányú, emiatt **THD(i) ~ 40% esetén a P_T értéke már ~ 4%!**

- a **LED fényforrások** másodlagos, **jelentős zavarforrások**
- az **UPS egységek domináns zavarforrások**, emellett még a védett oldali berendezések is visszahatnak a hálózatra



2. Tervezői munka befolyásolása

Ezek összességében mind a felhasználói rendszerre, mind a közeli, más fogyasztó rendszerekre vonatkozóan bizonyított **veszélyforrások**, emiatt az Áramszolgáltató is védekezik már a csatlakozási igény bejelentésekor! Példánkban a **Szolgáltató** válaszát látjuk a felhasználói igénybejelentésre, mellyel a **felelősséget a Beruházóra és közvetve a Tervezőre- és a kivitelezőre hárítja át:**

Felhívjuk figyelmüket, hogy más fogyasztó villamos energia vételezését befolyásoló hálózati zavarokat (pl feszültségtorzulás, vibrálás, stb.) okozó fogyasztói berendezés alkalmazása szerződésszegésnek minősül (Üzletszabályzat VII. 2.b.).

Ilyen berendezés üzemeltetési szándékát a fogyasztó köteles bejelenteni az ELMŰ Hálózati Kft Tervezési osztályán a szükséges intézkedések egyeztetése végett.



2. Tervezői munka befolyásolása

Megvalósított rendszer esetén mit tehet az adaptáló tervező?

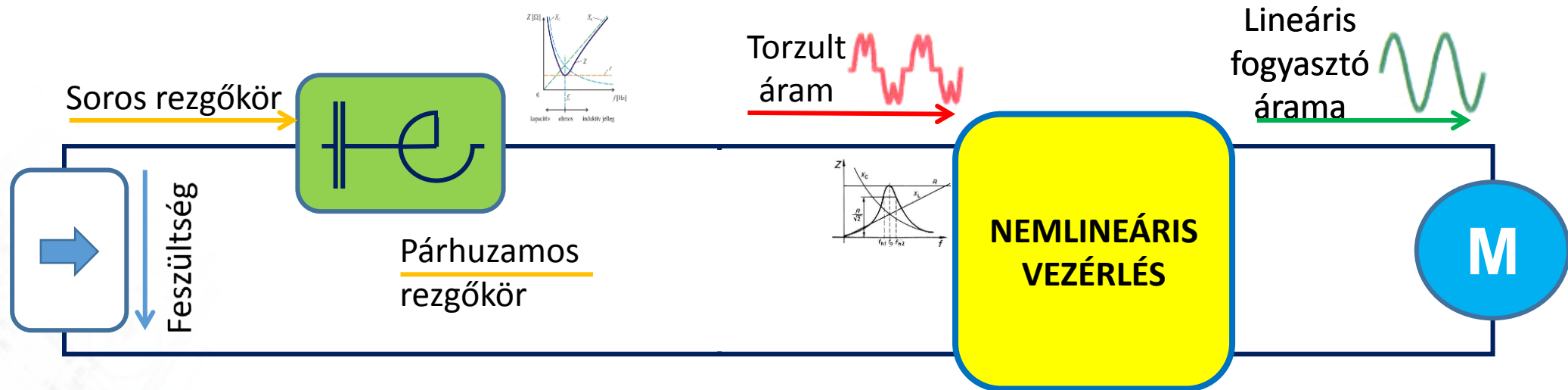
Természetesen objektív mérések alapján – legtöbbször a felelős jogi úton történő megállapítása és költségvállalása mellett - utólag is kiépíthető a kompenzálás, mely lehet:

- **passzív** elemekből épített nagy méretű és jelentős veszteségi teljesítményű, gazdaságtalan üzemeltetésű, hagyományos, ún. **torló/fojtó rendszerű**, vagy
- **elektronikus**, kis méretű, hatékony, kis veszteségű, de költséges ún. **aktív zavarcsökkentés**



2. Tervezői munka befolyásolása

Mit jelent a passzív kompenzálás?

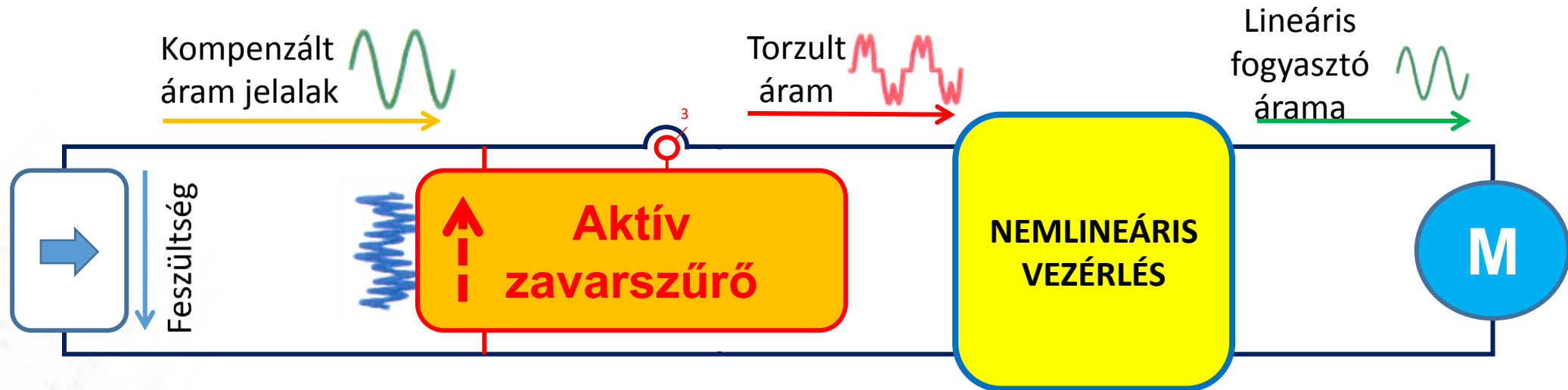


A soros kapcsolású rezgőkör akadályozza az 50Hz-nél magasabb frekvenciás jelek továbbjutását, a párhuzamos rezgőkör viszont rövidre zárja, elvezeti ezeket az összetevőket. Ez a hagyományos, ún. „torló/fojtó” védelem, mely fix frekvenciákra hangolható, de nagy helyet igényel és jelentős veszteséget okoz.



2. Tervezői munka befolyásolása

Mit jelent az elektronikus kompenzálás?



A létrehozuk a szinuszos hullám és a **DC-50.** rendszámú tartományok között értékelt torzítású áram jelalakjai közötti eltéréssel azonos jelalakú áramot, majd – ellentétes előjellel - **valós időben visszacsatoljuk** a hálózatba. **A kompenzálás hatásfoka 95-97% a felbontás- és a beavatkozás sebességének függvényében.**



2. Tervezői munka befolyásolása

Sajnos itt meg kell állnunk egy szakmai megjegyzést rögzíteni:

Az aktív kompenzálás elve kb. húsz éve ismert és alkalmazott technológia, több, mint 10 éve annak, hogy a MEE „Ifjú mérnök” versenyének győztese e technológiát alkalmazta. Ennek természetes oka a komplex beavatkozás, a telepítés- és a beállítás, illetve a változások követésének – módosítás - egyszerűsége, a megbízható üzemeltetés, a minimális karbantartás stb.

Sajnos egyes esetekben – mivel a passzív szűrő méretezése- és „hangolása” bonyolult, de jól fizető mérnöki feladat - időnként találkozunk elmaradott mérnöki megoldásokkal, ajánlásokkal.



2. Tervezői munka befolyásolása

A passzív kompenzálás helyigénye, vesztesége, valamint az erősáramú hálózat paramétereinek jelentős befolyásolása az utólagos beépítést a gyakorlatban kizárja. Az aktív kompenzálás költségesebb, bár hatásfoka lényegesen jobb, azonban figyelembe kell venni, hogy a

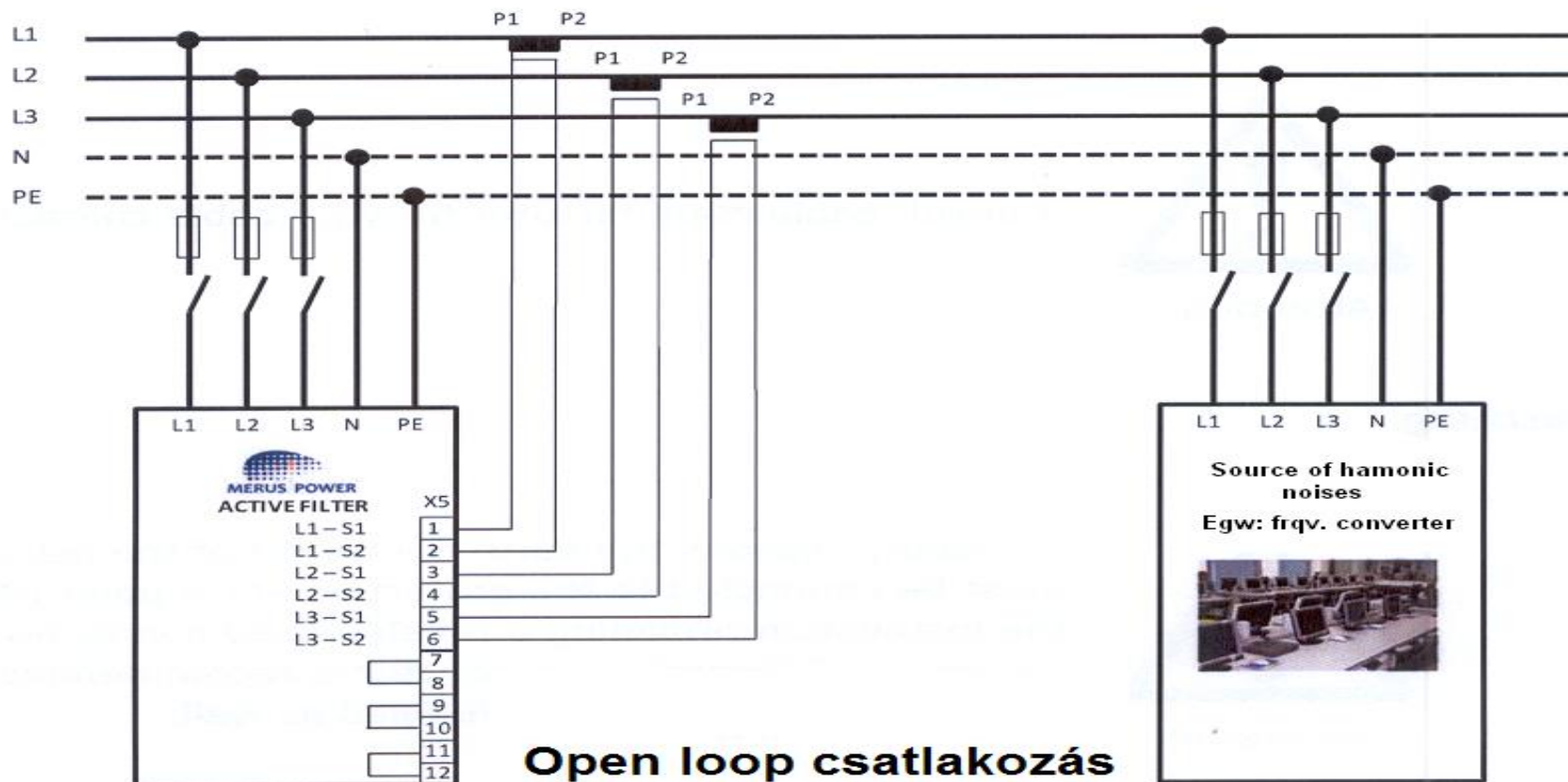
- a Fourie elemzés **széles, DC ÷ 50. spektrumban hatékony kompenzációhoz** szükséges a gyors beavatkozási sebesség
- a nagysebességű számolás érdekében indokolt , ún. „**Open loop**” csatlakozási mód utólag nehezebben alakítható ki



2. Tervezői munka befolyásolása

Power supply

Load ->



Figyelem! Az aktív szűrő mintavételező áramváltóinak kapcsait **földelni tilos**, mivel a jelalakot befolyásoló zavarokat gyűjt össze!



2. Tervezői munka befolyásolása

A legnagyobb vita alapja a javítás költségét vállaló személye. Természetesen ekkor mindenki kifejti a saját álláspontját:

- **beruházó:** a szükséges adatokat, technológiai leírását átadtam
- **technológia szállító:** minden adat hiteles, a berendezést átadás előtt a hatályos előírások szerint **egyedileg bevizsgálták**
- **kivitelező:** pontosan azt valósította meg, ami a tervben szerepel
- **tervező:** egyébként meg honnan jön és milyen zavar?

A felelősség elhárítása vagy az üzembiztonság növelése a cél?



2. Tervezői munka befolyásolása

Esetünkben döntő fogalom az **adaptáló tervező** elnevezés.

A hivatkozott **HD 60364** szabvány egyértelműen figyelmeztet a harmonikus zavarok lehetséges megjelenésére **nemlineáris** berendezések alkalmazása esetén!

Az **adaptáló tervező feladata** és kötelessége a technológiák vizsgálata, az adott környezetben a **lehetséges zavarforrások**, az **anomáliák okainak felderítése**, a **védekezés rendszerszintű kidolgozása a technológia üzembiztos alkalmazhatóságáért**, illetve a **gazdasági kár mértékének minimalizálásáért!**



2. Tervezői munka befolyásolása

Munkáink során több esetben találtunk jeleket, hogy a Tervező kolléga rendelkezett ismeretekkel a berendezések és a technológia zavarkibocsátásáról, de tévesen értelmezte azok hatásait.

Árulkodó nyomok a terveken:

- fojtózott fázisjavítás előírása, alkalmazása
- bekötésnél az ún. árnyékolt kábel alkalmazásának előírása
- folyamatos műszakú termelésnél 85°C-ra méretezett sín, ill.
- a villamos kapcsolótérben klímatiszálás, hűtő kapacitás kiépítése



2. Tervezői munka befolyásolása

Nézzük sorba, hol követhette el a hibát az Tervező kolléga?

- feltételezte a magasabb frekvenciás összetevőket, ezért védte a fázisjavító kondenzátort a túlterheléstől

Kettős hiba: csak a **kondenzátorokat védte**, de a nemlineáris elem bemenete mindig kapacitív, **emiatt a fázisjavításra nincs is szükség!**

- az árnyékolt kábel alkalmazása arra utal, hogy a Tervező feltételezte az **EMC**, az elektromágneses sugárzás, mint zavarforrás lehetőségét
Az **EMC** az **$f \geq 500\text{kHz}$** frekvenciára vonatkozik, a **0. - 50. rendszámú** harmonikus **$f_{(1)} = 50\text{Hz}$** mellett csak a **DC ÷ 2,5kHz** tartományt jelenti



2. Tervezői munka befolyásolása

- az elektronikus teljesítmény szabályozó-, átalakító a rajta átfolyó terhelő áram 2-5%-t hő-veszteségként diszipálja

Az elektronikus elem hő-veszteségén túl az ún. hangfrekvenciás tartományú vezetett zavar összetevői **az alapfrekvenciához mért arányuk négyzetével arányosan melegítik** mind a vezető-, mind a szigetelő anyagokat

Sajnos itt jutottunk el az **egyik kritikus ponthoz**, a nagy áramú elosztókban alkalmazott gyűjtősínek méretezéséhez.



2. Tervezői munka befolyásolása

A gyűjtősínek terhelhetőségének méretezésénél elveszett egy fontos információ, a $T = 60^\circ\text{C}$ vagy 85°C legyen a méretezés alapja. **Folyamatosan termelő üzem esetén még a $T = 60^\circ\text{C}$ is kétséges, a 80°C -ot megengedni káros, hiszen pld. egy $I_N \geq 2,5\text{kA}_{\text{eff}}$ elosztóban a réz gyűjtősín tömege akár több száz kg is lehet!**

Ekkora réztömeget 80°C -ig felmelegíteni úgy, hogy nincs a kihűlésre lehetőség, már felér egy hő-központ kiépítésével.

Az adaptálást végző **Tervező** – vélhetően - nem ismerte fel, vagy ellenőrzés nélkül elfogadta a felajánlott beszállítói ajánlatokat.



2. Tervezői munka befolyásolása

Mit tehet a Tervező azért, hogy felelősségét csökkentse?

- 1, Kérjen nyilatkozatot** az adatszolgáltatáskor a Beruházótól, hogy az adaptálási munka során mennyiben kell figyelembe venni a nemlineáris elemek igényelte többlet védekezés feladatát
- 2, Elégtelen adatszolgáltatás, vélelmezhető zavarforrás** esetén a kompenzálás kiépíthetősége érdekében:
 - a nagyobb elosztókban alakítson ki „**Open loop**” csatlakozást
 - a hagyományos fázisjavítás helyett elektronikus, $4/4$ -es fázisjavítást tervezzen nagysebességű $t \leq 100\mu s$ aktív zavorszűrővel



2. Tervezői munka befolyásolása

- nagy egységteljesítményű **nemlineáris elemek** (UPS, PC/PLC vezérelt hajtás), **elektronikus teljesítmény szabályozás** vagy **kapcsolóüzemű tápegységet** tartalmazó egységek esetén írja elő a beüzemelést követő vizsgálatot valamint előre tervezzen becsatlakozási pontot a zavaroszűrő utólagos csatlakozása részére

Az elosztók helyének kijelölésénél figyelembe kell venni, hogy az elektronikus készülékek – így a zavaroszűrők is – érzékenyek a környezeti hőmérsékletre és a túlmelegedésre. Ennek megfelelően a tervezés általános irányelvei szerinti $t \leq 23^{\circ}\text{C}$ értéket lehetőleg ne lépjük át, szükség esetén alkalmazzunk **ipari-**, vagy **split klímát**.



2. Tervezői munka befolyásolása

A jó minőségű zavarszűrő diszipált hő-vesztesége – maximális terhelés esetén - nem lehet több 2,3%-nál, így a valóban korszerű eszköz alkalmazása - az elosztási többlet hő-veszteség általános csökkentése miatt - a hálózati elosztás veszteséget nem növeli, azonban lokális hő-forrásként azonosítható.

Az „Open loop” csatlakozás igényelte többlet elemek értéke nem éri el a villamos célú beruházás értékének 1‰-t sem! Elmulasztása esetén – az üzem termelés kiesésén túl – a védekezési feladatok jelentős többlet költséget képeznek.



2. Tervezői munka befolyásolása

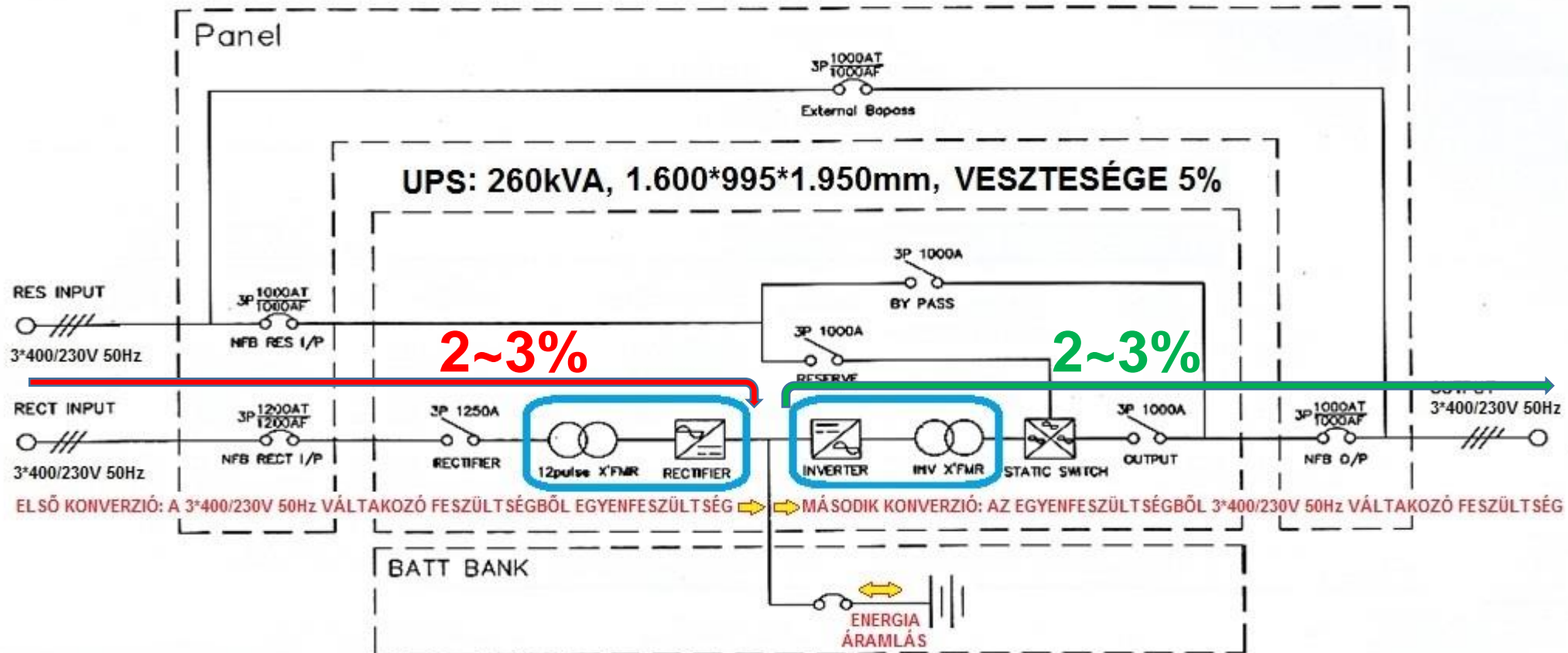
Szenzitív felhasználókat érintő anomália a **feszültségletörés**. Magyarországon a szolgáltatás hosszú fővezetékeken vezetékeken történik, emiatt gyakori jelenség a **100÷500msec** idejű feszültségletörés, mely **az ipari automatákat és robotokat üzemeltetőknél leállási-, újraindítási hibát, veszteséget okoz.**

A hagyományos átkapcsoló rendszerek holtideje nem ad védelmet, az akkumulátoros **UPS egységek esetén** a járulékos beruházási- és üzemeltetési költség, **az akkumulátor csere költsége magas.** Egyes gyártók – pld. az EATON – az UPS működési elvén, de az akkumulátorok kondenzátorra történő cseréjével javasolják megoldani a feladatot.



2. Tervezői munka befolyásolása

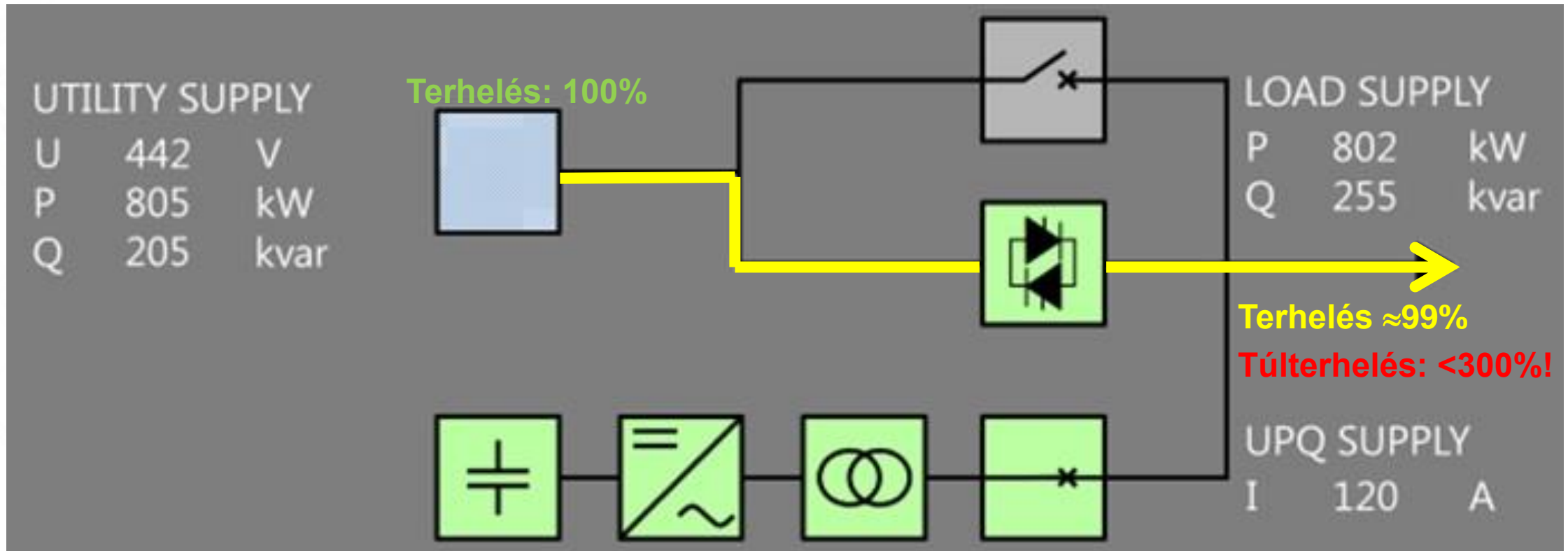
Az UPS **kettős konverziója** miatt a veszteség igen magas, kb. **5%**.





2. Tervezői munka befolyásolása

Innovatív eszköz, pld. **MERUS Oy** (Suomi) **UPQ rendszer** esetében
- az ONLINE működés ellenére - **a veszteség nem éri el az 1%-t!**





2. Tervezői munka befolyásolása

Összegzés:

Az adaptáló tervező feladata lenne a rendszer szintű működési feltételek biztosítása, de **a gyártói adatszolgáltatás** – mint a díszruha - „**a látnivalókat kiemelő, a gondokat eltakaró**” adatok sora, a termék „**nem előnyös**” műszaki paramétereinek megismerését - üzleti érdekből - nem támogatja.

A tervezői munka során figyelembe kell venni a rendszerekben alkalmazott zavarforrások vélelmezhető egymásra hatásán túl a hazai sajátosságokat, pld. az energiaellátás hibái miatt is kialakuló anomáliákat.

Villamos hálózatok minőségi problémái

Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége a 2. résznek

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



3. Műszaki előrelátás

A zavarelhárítás első lépcsője

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





3. Műszaki előrelátás

Látszólag hétköznapi fogalom a műszaki előrelátás, de határozzuk meg az egyik legnagyobb indokát a gerjedést, mint sztohasztikus zavarjelenséget.

A híradástechnika alap problémája az egyes áramkörök közötti gerjedési folyamat lehetőségének minimalizálása. Az erősáramú rendszerek esetében ezt általában nem vizsgáljuk, miközben a **felhasználói zavarforrások között van egy kiterjedt, nem ellenőrzött, kis impedanciás, gyakran kapacitív jellegű kapcsolatot biztosító fémes vezető felület, a nulla- és az EPH rendszer.**



3. Műszaki előrelátás

A **gerjedés** nem definiálható, **véletlenszerű jelenség, sztohasztikus zavar**, ezért tudatosítanunk kell:

- a zavar esetében **az energia szint maximális értéke**, vagy
- az **események kiterjedésének mértéke nem korlátozott**,
- egyébként nehezen reprodukálható, „**fantom**” esemény

mely **különösen veszélyesé válik, ha a hálózat kapacitív!**



3. Műszaki előrelátás

Alkossuk meg a sztohasztikus zavarok, a működési anomáliák megelőzésének három alapelvét:

- tervezéskor **rendszerszintű** gondolkodás, „**minden zavarforrás minden más zavarforrásra hatással van**” elvének elfogadását,
- a **nemlineáris zavarforrások** felismerése, **TN érintésvédelemnél a nulla vezetéki áram kompenzálásának szükségessége**,
- **sztohasztikus zavar kialakulási** lehetőségének minimalizálása, a központi / domináns zavarforrások kompenzálásának kiépítése



3. Műszaki előrelátás

1, Rendszerszintű gondolkodás

Munkánk során szükségszerű az összetett feladatokat részeire bontva értelmezni. Így a rész feladatok megoldása egyszerűbb, a folyamatok felépítése, időzítések stb. kialakítása átláthatóbb.

Az egyszerűsítéseket követően viszont újra el kell végezni a **teljes körű** működési rendszer vizsgálatát, mivel **az egyszerűsítésnél elvesztek a komplex rendszer integritásából** származó visszahatások, a sztohasztikus anomáliák okozója.

Az elemzéshez egy új fogalmat, a „**tudás faktor**”-t alkalmazzuk.



3. Műszaki előrelátás

Munkánk során a műszaki információként ömlesztve kapjuk az egyes gyártók- és forgalmazók tájékoztatását. A tájékoztatások egy dologra nem hívták fel a figyelmet, **legyünk bizalmatlanok!**

Minden terméket a hatályos szabványok szerint kell elkészíteni, erről a gyártói katalógusok – elvileg - részletesen tájékoztatnak(?).

Hofi: „**a parlament és környéke kiemelve, a többi eltakarva!**”

Adódik a kérdés: **a gyártók- és forgalmazók tényleg eltérhetnek?**
Nézzünk két ismert terméket, hogy Önök ezt megválaszolhassák...



3. Műszaki előrelátás

Világítás: LED 1

Energia felhasználási hatékonyságban vizsgálva a **LED** fényforrás alkalmazása **nyereség**. A **LED** anyag- és energia felhasználás tekintetében **környezetszennyező**, jelentős mértékű a nehézfém tartalma, az **újrahasznosítása kötelező, de megoldott?**

Beépítése a hagyományos fényforrásokkal kompatibilis kialakítás miatt **könnyű és egyszerű**. Fényárama, színhőmérséklete azonban jelentősen **eltér a hagyományos fényforrásoktól**, az eloszlási karakterisztikája a **gyárilag kialakított lencserendszer függvénye** és nem a külső tükrök helyszínen történő pontosításának, beállításának az eredménye.



3. Műszaki előrelátás

Világítás: LED 2

A hagyományos izzólámpa ohmos, a gázkisülésű fényforrások terhelése **induktív jellegű**. A **LED bemenete** kapcsolóüzemű tápegység, **nemlineáris elem**, ezért terhelése **kapacitív**, bár **kis egységteljesítményű harmonikus zavarforrás**.

A hagyományos fényforrások jellege lineáris, nagyobb számban alkalmazva **sem alkotnak zavarforrást**. A **LED tápfeszültségre érzékeny**, terhelés jellege **kapacitív**, **sztohasztikus jelenségeket erősítő másodlagos harmonikus zavarforrás**.



3. Műszaki előrelátás

Világítás: LED 3

Az **MSZ EN 61000-3-2** sz. szabvány előírásai szerint ($PF \approx \lambda$):

- a 25W-nál nagyobb névleges hatásos teljesítményű meghajtó egység teljesítménytényezője $\lambda \geq 0,9_{\text{Induktív}}$ és a **THD(i) $\leq 20\%$**
- a 25W vagy kisebb névleges hatásos teljesítményű meghajtó egységek teljesítménytényezője $\lambda \geq 0,8_{\text{Induktív}}$ és a **THD(i) $\leq 30\%$**

A LED fényforrás bemenete azonban mindig kapcsolóüzemű tápegység, emiatt nem teljesíthető sem az elvárt induktív terhelési tartomány, sem a $THD(i) \leq 10\%$ határérték!



3. Műszaki előrelátás

Igazolható, hogy a $\lambda = \sqrt{(1 - THD)_R^2 * \cos\varphi_i} = \frac{P}{S}$ előjel nélküli szám!

Emiatt a LED fényforrású világítási hálózatnál azt tapasztaljuk, hogy:

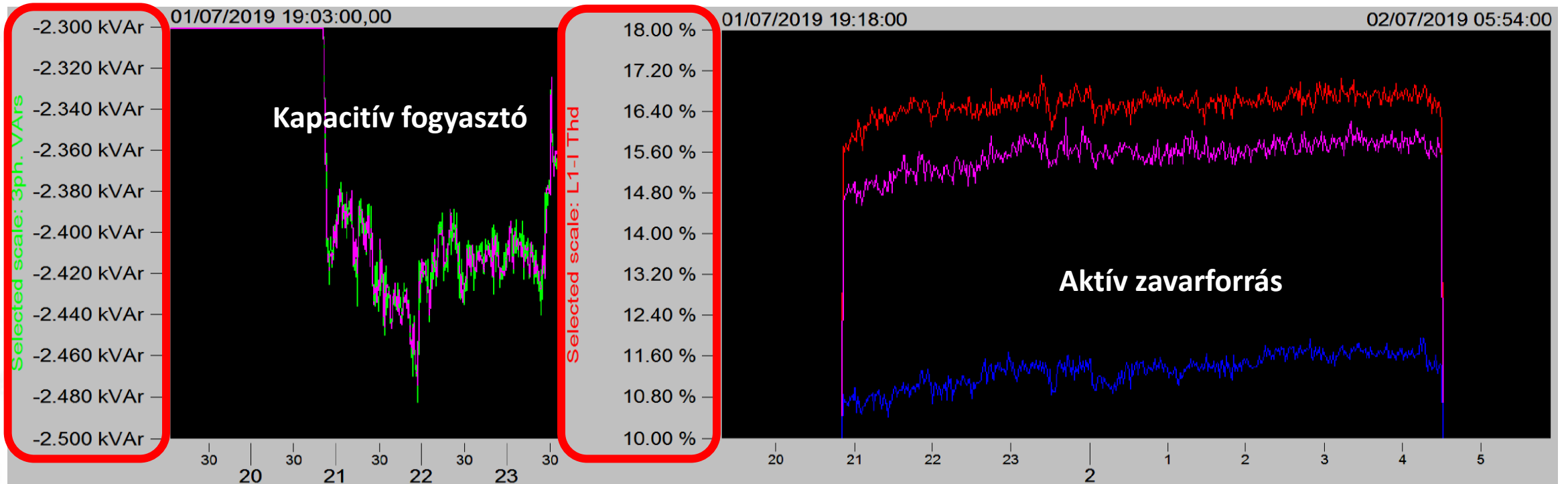




3. Műszaki előrelátás

Igazolható, hogy a $\lambda = \sqrt{(1 - THD)_R^2 * \cos\varphi_i} = \frac{P}{S}$ előjel nélküli szám!

Emiatt a LED fényforrású világítási hálózatnál azt tapasztaljuk, hogy:



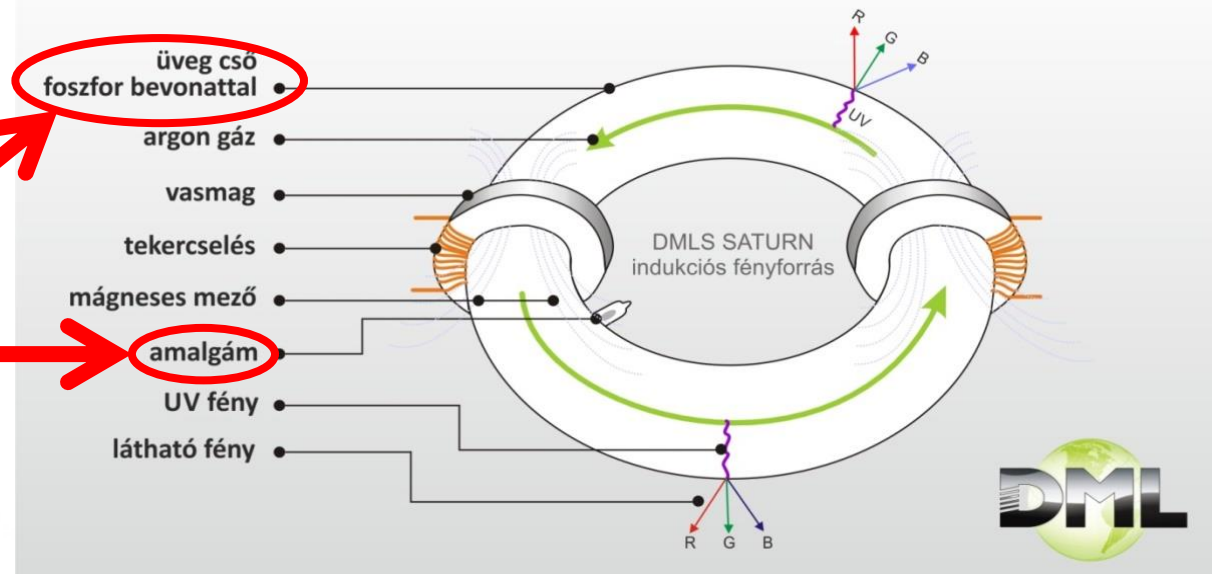


3. Műszaki előrelátás

Világítás: DML 1

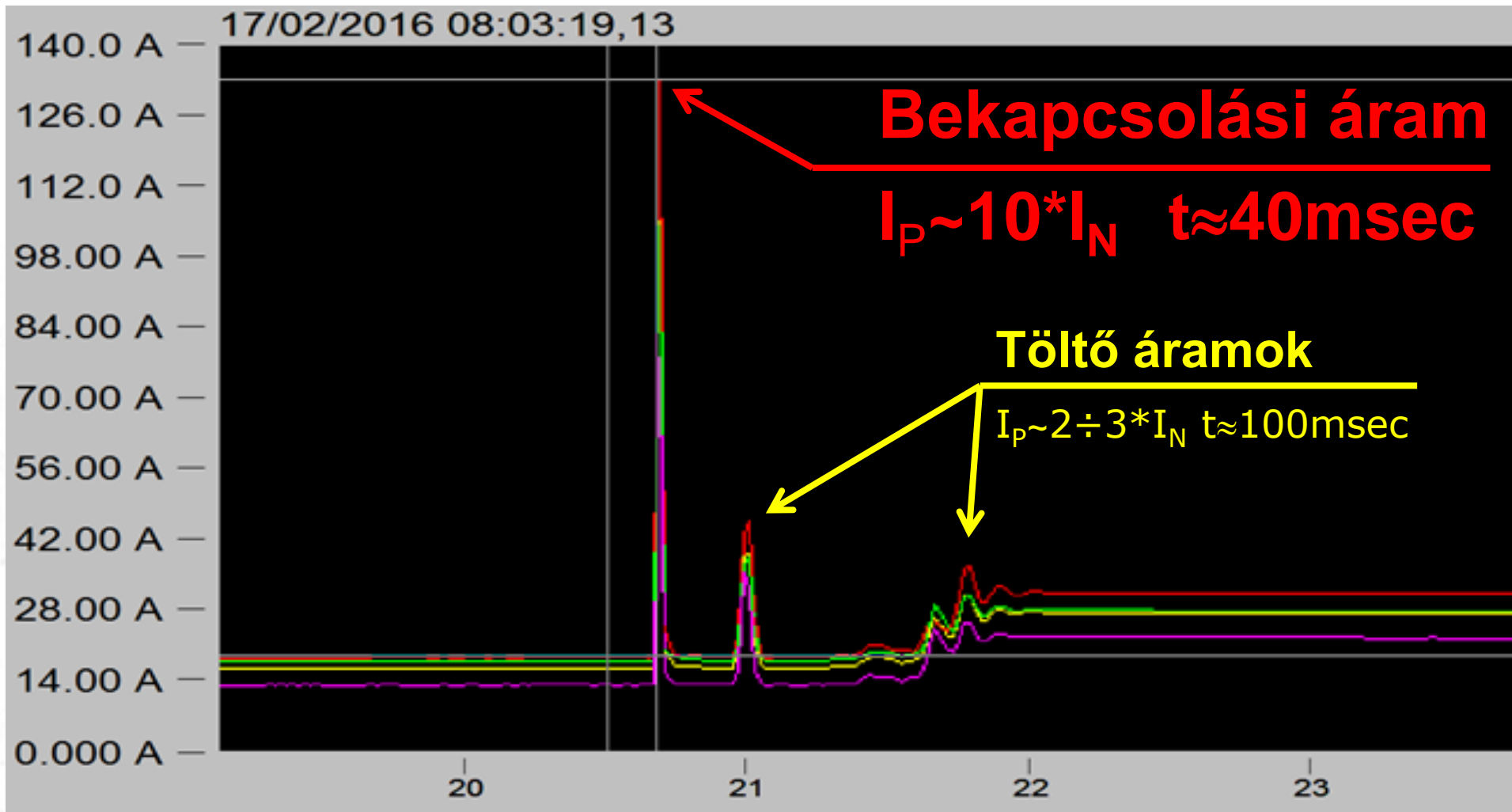
Korszerűnek tekintett, nagyfrekvenciás üzemű, gázkisüléses fényforrás, jelentős a nehézfém tartalma, emiatt, **újrahasznosítása kötelező.**

Nehézfém adalék, mint a hagyományos fénycsövekben





3. Műszaki előrelátás





3. Műszaki előrelátás

Világítás: DML 2

A környezetet – a fénycsöves fényforráshoz hasonlóan nehézfémeket tartalmaz - **terheli**, első **2.000 órában gyors avulású**, egyébként is csak **közepes hatásfokú** fényforrás.

Indulási áramlökések kb. $9\sim 10 \cdot I_N / 40\text{msec}$, az elektronikus rezgőkör kondenzátorainak töltő árama kb. $2\sim 3 \cdot I_N / 100\text{msec}$, **terhelési jellege kapacitív**. Alkalmazása **jelentősen terheli** a hálózati elosztási-, kapcsoló és a túláram védelmi elemeket, illetve a túláramvédelem értékét min. $5 \cdot I_N$ értékre kell méretezni.



3. Műszaki előrelátás

Mindössze két, korszerűnek tekintett fényforrás típust vizsgáltunk és bizonyosságot kaptunk, hogy **a terhelés jellege** - a bemeneti kapcsolóüzemű tápegység miatt – **kapacitív**, gerjedésre hajlamos! Kimondhatjuk, hogy minden **LED fényforrás nemlineáris elem**, bár fényhasznosítási hatásfoka jobb és alkalmazása gazdaságosabb, **a hálózatot másodlagos zavarforrásként jelentősen terhelő elem.**

A „**tudás faktor**”-nak neveztük el a termékek alkalmazása során nyert ismereteket és az olyan objektív a vizsgálatok megállapításait, melynek során **megismerjük az alkalmazás előnyei mellett az üzemeltetés valós feltételeit- és hátrányait is.**



3. Műszaki előrelátás

Foto-voltaikus erőművek:

Talán meglepő, de **a foto-voltaikus rendszerek** – napelemes energiaforrások - is **jelentős zavarforrásként működnek**, mivel:

- a napelemek DC feszültségű erőforrások (áram generátorok)
- az **AC/DC inverterek** kimenete aktív elektronikus teljesítményszabályozó, emiatt **párhuzamosan üzemelő zavarforrások**
- a KÖF hálózat zavarral terhelt, **változó kapacitív meddőterhelés**



3. Műszaki előrelátás

Termelő solar rendszer esetén:

- az inverterek között gerjedési jelenségek alakulnak ki (PEN, EPH)
- az ellátott fogyasztók lehetnek zavart generáló nemlineáris elemek
- a terhelés induktív-, vagy kapacitív meddőteljesítmény is lehet

Nem termelő solar rendszer esetén:

- az inverterek kimenete – mint nemlineáris elem - zavart generál
- a KÖF bekötő kábel jelentős kapacitív töltőáramot igényel

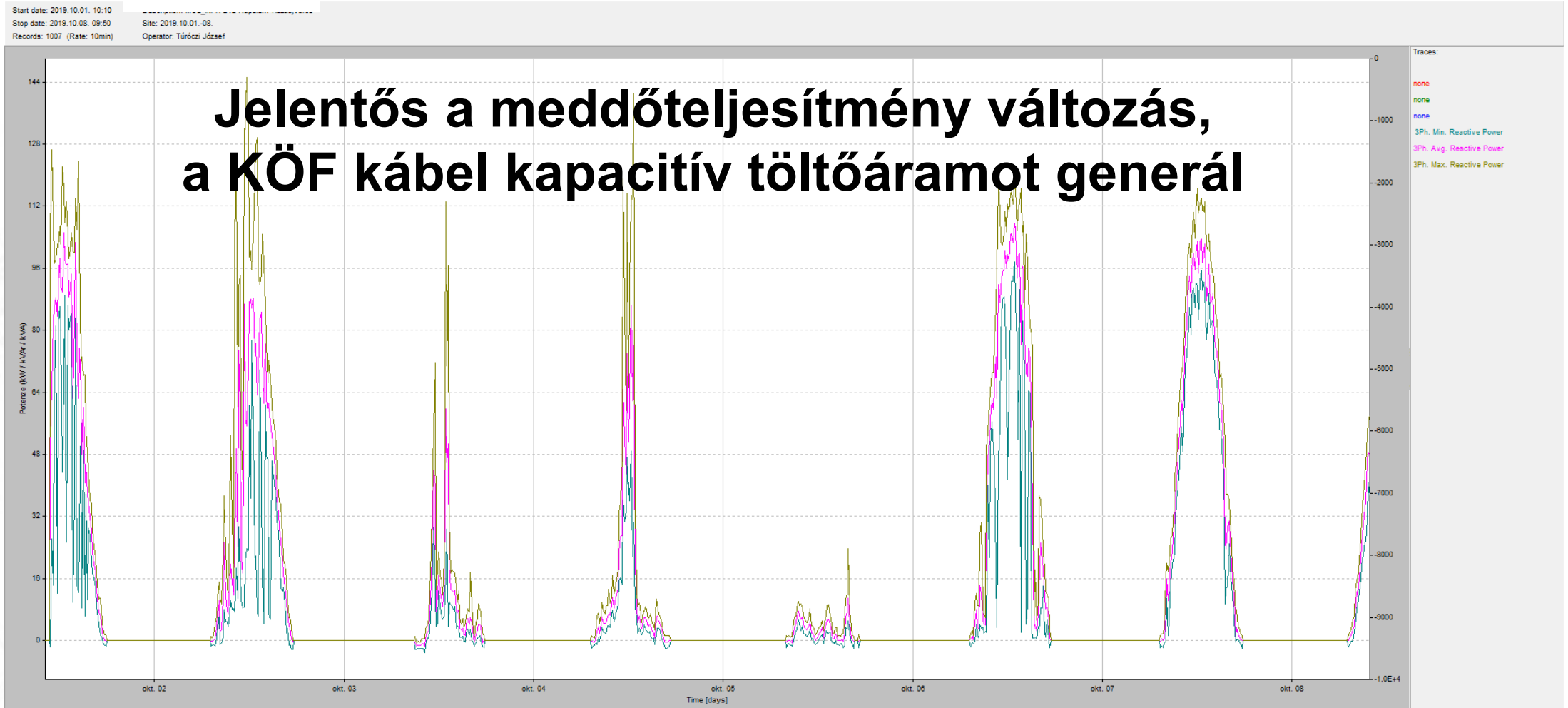


3. Műszaki előrelátás



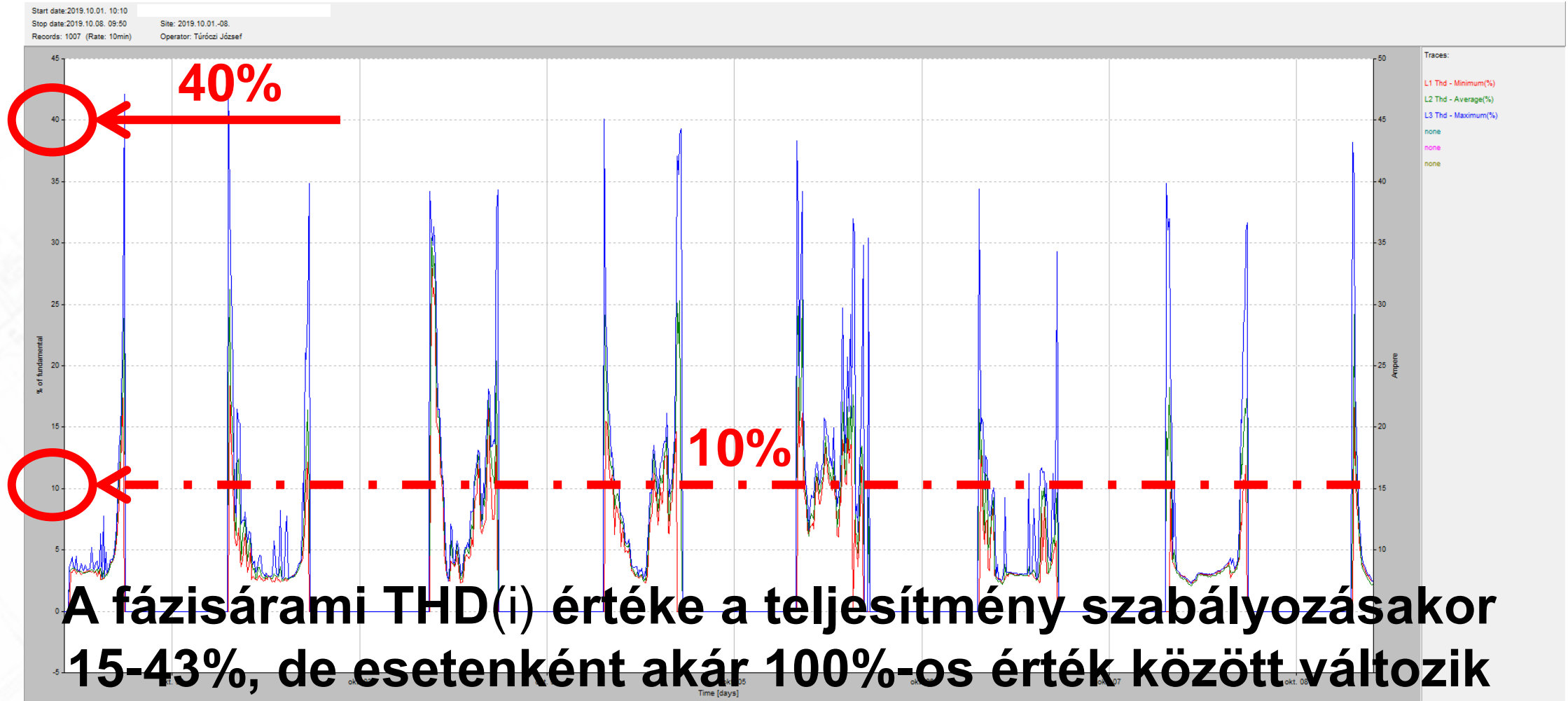


3. Műszaki előrelátás



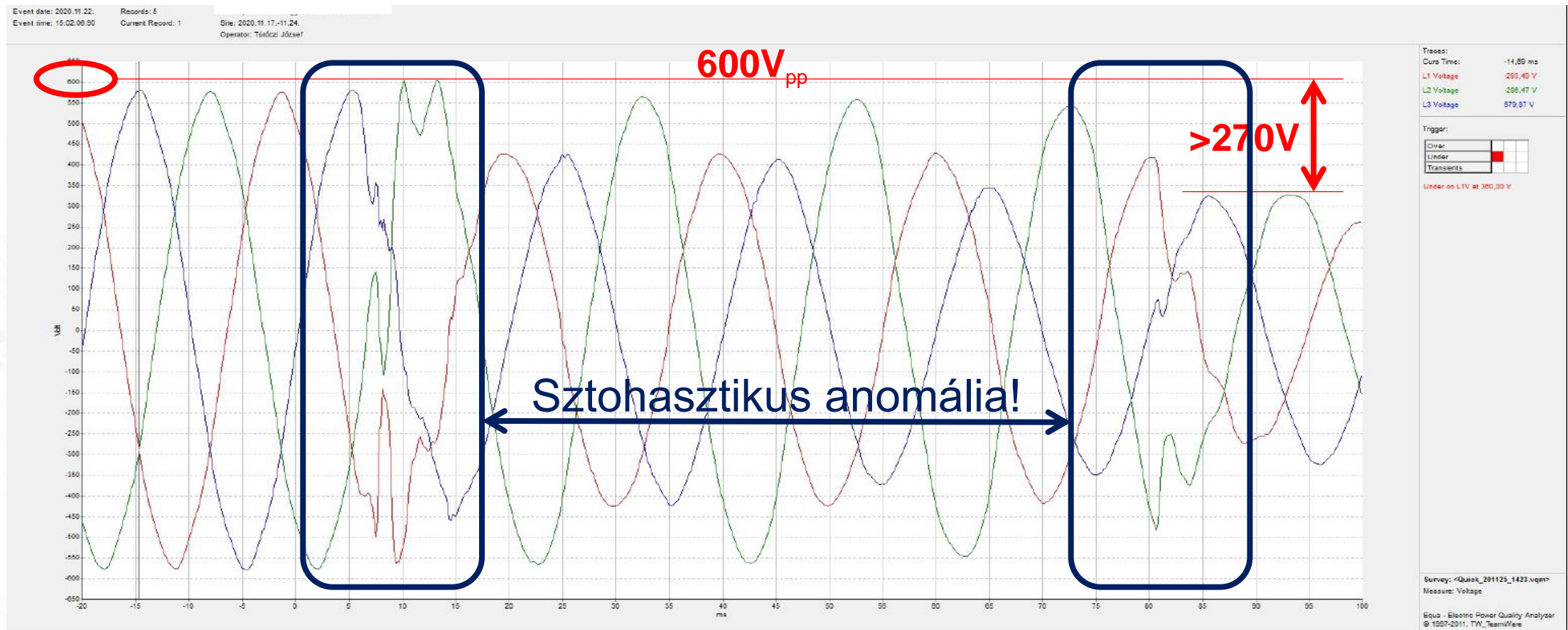


3. Műszaki előrelátás





3. Műszaki előrelátás



Fázisfeszültség csúcsértéke 80%-al a megengedett felett!



3. Műszaki előrelátás

Meghatároztuk a szükséges kompenzáció értékét, amely közepes, kb. 4-5MW teljesítményű foto-voltaikus telep esetén:

- **580kVA harmonikus** zavarteljesítmény, illetve kb.
- **280kVA** kapacitív meddőteljesítmény érték adódott

A számítások eredménye jelentős, kb. **600~650kVA teljesítményű beavatkozási teljesítményt** határozott meg. Az adatokat 400V-os feszültség szintre interpolálva, $\Sigma P_{pp} = 0,5 \div 5MW$ foto-voltaikus erőmű üzembiztos ellátása **50÷1.200A kompenzáló áramot igényel.**



3. Műszaki előrelátás

Ma $500\text{kW}_{\text{P-P}}$ felett sem kötelezi a foto-voltaikus rendszer építőjét semmi a gazdálkodásra, emiatt országos szinten a reggeli/esti termelésváltozás már több, mint **300MW kiegyenlíthetetlen** értéket ad!

Korábban a **frekvencia védelmet** az ún. „törpe erőművek” működtetése és az **Állami cégeknél elrendelt termelés korlátozás szolgálta**, melyek szabályozása képes volt kiegyenlíteni a nem tervezhető változásokat, ezek azonban már nem működnek.

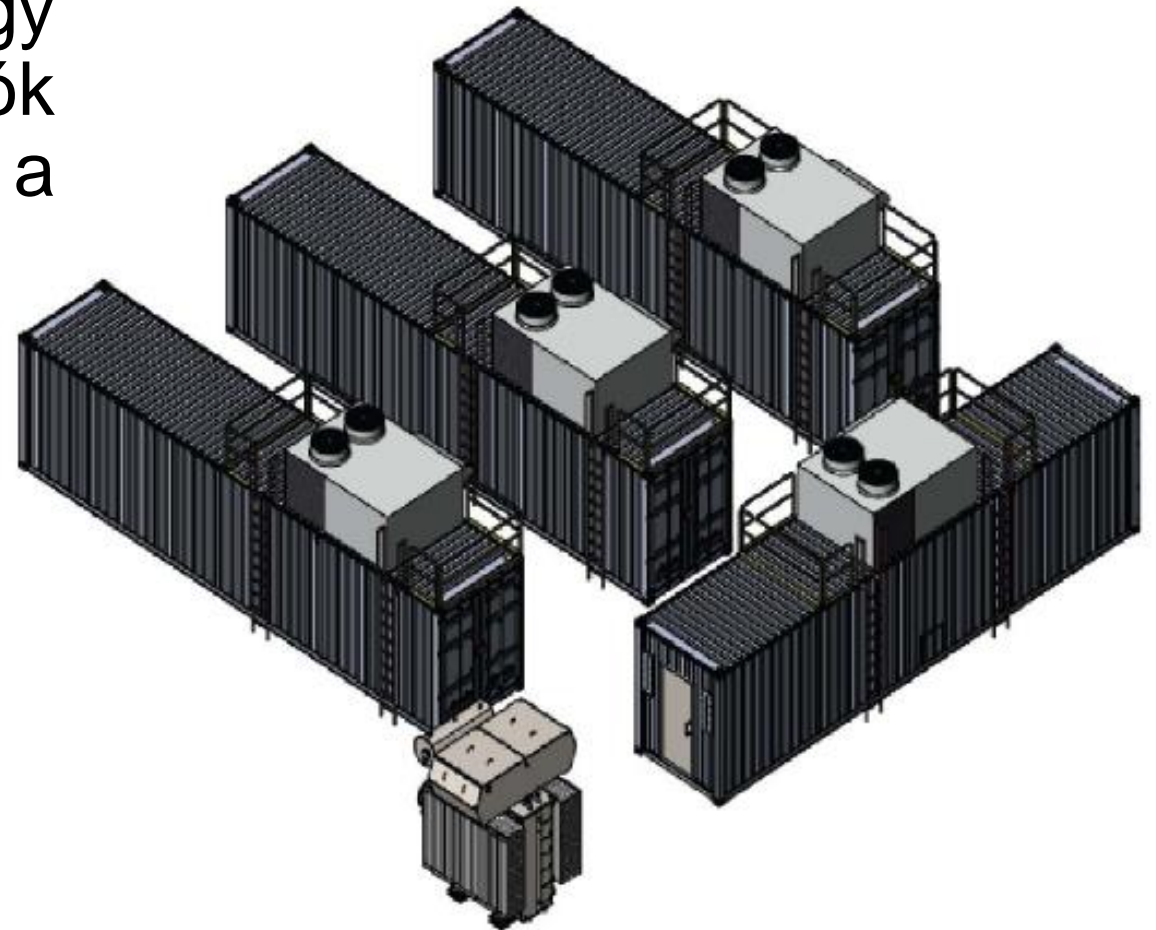
Jelenleg a Törvényi szabályozás tiltja, illetve legfeljebb **$500\text{kW}_{\text{P-P}}$ értékben maximálja** a Szolgáltató részére energiatárolók építését, ez a kis teljesítmény azonban érdemi beavatkozásra alkalmatlan, nem biztosítja a termelés változás kiegyenlítésének lehetőségét.



3. Műszaki előrelátás

A hatékony beavatkozáshoz nagy egységteljesítményű energiatárolók építése szükséges, ezeknek a paramétereit így definiálhatók:

- **5-10MW** teljesítmény, illetve
- **5-10MWó** (1C) tároló kapacitás
- több, mint **10 éves élettartam**
- **5-6 éven belüli** megtérülés
- MAVIR, TSO szintű segítség





3. Műszaki előrelátás

FIGYELEM!

Három évvel ezelőtt íródott [Nemzeti Energia- és Klímaterv](#) 6GW napenergiás kapacitás kiépítését irányozta elő 2030-ig, ebből több, mint 3GW már megvalósult, nem kis műszaki problémát okozva a a TSO és a DSO munkatársainak.

2022. Június 22.-én viszont Palkovics László úr jelentős változást jelentett be, elismerve az energiatároló egységek szükségességét, bár a VHR a mai napig nem készült el!



3. Műszaki előrelátás

2, Nemlineáris zavarforrások felismerése

Minden nemlineáris berendezés harmonikus zavarforrás! Pld. az elektronikus teljesítményszabályozáson alapuló technológiák, **LED** fényforrások, az **IT** és irodatechnikai eszközök, a **PC/PLC**-s vezérelt - elektronikus szabályozott - hajtások, **UPS**-ek, robotika stb.

Mi a harmonikus zavar:

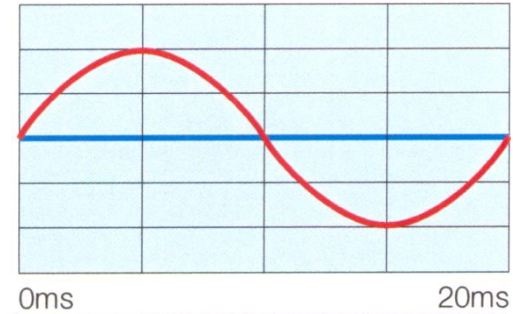
A harmonikus – vezetett - zavar a hálózati feszültség vagy áram szinuszos **jelalak torzulási arányának** %-os mértéke, ennek megfelelően a jelölése **THD(u)** illetve **THD(i)**.

Összetevőit a **Fourie** sorfejtés szerint az alap frekvencia ($f_{(1)}=50\text{Hz}$) egészszámú többszöröseként értelmezzük **THD(u)** esetében **0÷40.**, illetve **THD(i)** esetében a **0÷50. rendszámú a tartományában.**

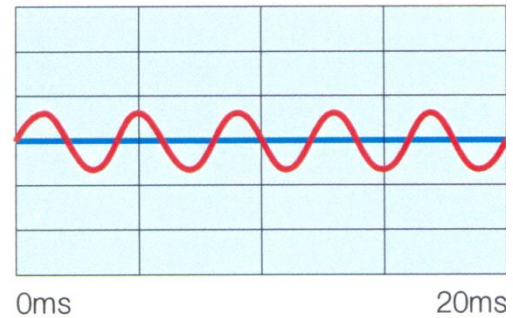


3. Műszaki előrelátás

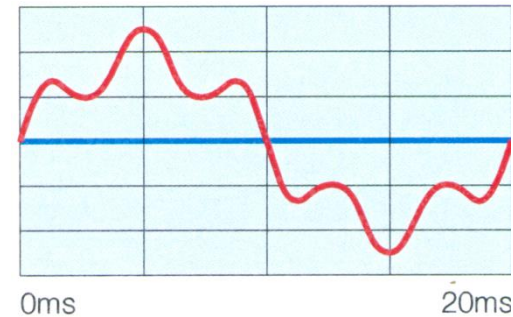
Nézzük meg az $f_{(1)}=50\text{Hz}$ -es alapjelet:



Ehhez képest a 3. harmonikus $f_{(3)}=150\text{Hz}$:



A szuperponálás eredménye a torzult jelalak, mely tartalmazhat DC komponenst is!





3. Műszaki előrelátás

A harmonikus zavar káros a környezetére, mivel hatására

- **nem működő vagy instabil a vezérlés:** akadályozza a termelés folyamatát, lerontja a termelési üzembiztonságot
- **kapacitívá válik az elosztó hálózat terhelése:** csillapítás nélküli az egymásra hatás, nehezen oltható ívképződés
- **a zavararánnyal növel áram négyzetével nagyobb a hőveszteség:** többlet hűtést igényel, romlik a hatásfok
- magas szintű a „**low carbon**” hatás



3. Műszaki előrelátás

Összegzés:

A harmonikus zavar sztohasztikus, véletlenszerű jelenség. Hatására bizonyítottan csökken a termelés üzembiztonsága, jelentősen emelkedik az ismeretlen eredetű védelmi és működési anomáliák száma, nő a veszteség, a „**gazdasági kár**” mértéke.

A zavarforrások objektív megítélése- és a hatásai elleni védekezés csak **tudatos zavarfeltárással, a védekezésre – kompenzálásra – való felkészüléssel, komplex eljárással** lehet eredményes.

Megjegyzés:

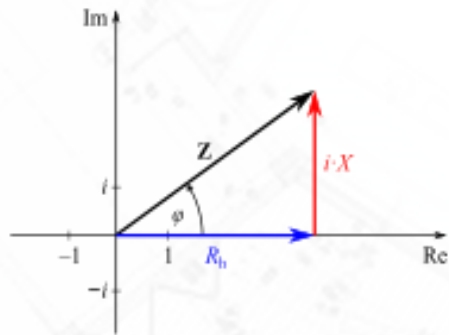
Az **EMC** (>500kHz) nem azonos a **harmonikus zavarral** (≤2,5kHz)!



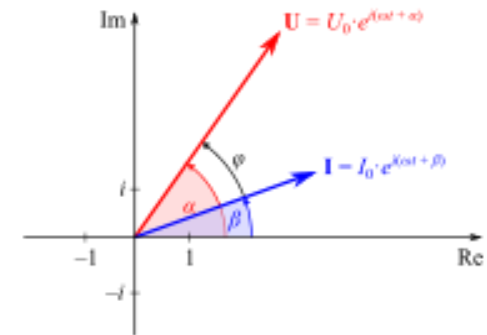
3. Műszaki előrelátás

3, Sztohasztikus zavar kialakulási lehetőségének minimalizálása

A **harmonikus zavar** véletlenszerű, mert függ az adott hálózati **impedanciától**, az alkalmazott **technológiától**, a szabályozás, a torzulás összetevőinek **pillanatnyi értékétől**, miközben értéke a különböző hálózati pontok **egymásra hatásának függvénye!**



$$U = I * Z = I_0 * e^{i*(\omega*t+\beta)} * Z$$





3. Műszaki előrelátás

Vizsgáljuk meg az egyes összetevők befolyásolhatóságát:

a, Hálózati impedanciája csökkenthető a táppontok számának és teljesítményének és az energiaellátó kábelek keresztmetszetének növelésével. **A kisebb impedancia vektor és az áram vektor szorzatának effektív abszolút értéke is kisebb értékű lesz**, tehát kismértékben csökken a befolyásoló zavarfeszültség értéke is.

b, Az áram vektor effektív értéke és spektruma technológiai folyamat változtatásával befolyásolható, azonban a módosítás igénye már a termék előállíthatóságába, a gazdaságos termelés befolyásolásába történő beavatkozást jelent!



3. Műszaki előrelátás

c, Az egymásra hatás kialakulásának okai lehetnek

- több, önmagában is **domináns zavarforrás**, vagy
- **nagy tömegű**, önmagában nem domináns **zavarforrás** jelenléte,
- több betáplálás esetén transzformátorok **csillagponti potenciál eltolódások** között generált, ismeretlen spektrumú - torzult – kiegyenlítő áramok okozta gerjedések, illetve
- **ezek bár mely kombinációja, beleértve a telephelyen kívüli zavarforrások visszahatását is!**



3. Műszaki előrelátás

Összegzés:

A jelalak torzulás **vezetett zavar**, a zavarforrások egymásra hatása miatt kialakuló sztohasztikus jelenség ezért egyedileg hatásosan nem befolyásolható! A **hatásos védekezés csak** az egyes zavarforrások dominanciájának együttes csökkentésével, **komplex módon** lehetséges.

A sztohasztikus jelenség elleni beavatkozás hatékonysága a **domináns zavarforrások számának és teljesítményének a minimalizálásával**, egyedi-, és/vagy csoportos, de **tervszerűen kialakított, komplex szemlélet alkalmazásával** növelhető.



3. Műszaki előrelátás

Megállapítás:

A rendszer szintű védekezés feltételeinek komplex biztosítása megköveteli a műszaki előrelátást a tervezéstől a kivitelezésig, célszerű a Törvényi szabályozásokat mint peremfeltételt kezelni!

A rendszer szintű gondolkozás és előrelátás a beruházási érték minimális többletköltségét igényli, de lehetőséget teremt a sztohasztikus események- és következménye, a gazdasági kár megelőzésének, az esemény bekövetkezési valószínűségének csökkentéséhez szükséges kompenzálás kialakításához.

Villamos hálózatok minőségi problémái

Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége a 3. résznek

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



4. Mérés és vizsgálat

A zavarelhárítás második lépcsője

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





4. Mérés és vizsgálat

Mindeddig arról beszéltünk, mit kell tenni annak érdekében, hogy a működést **zavaró anomáliák ne alakulhassanak ki**. Vizsgáljuk meg, mit kell tenni akkor, ha az anomáliák már bekövetkeztek?

Kiindulásunk alapja az **MSz EN 50160** szabvány előírásai közül a **2.3. „A tápfeszültség változásai”** meghatározása lehet:

„Normál körülmények között a feszültség kimaradásokat figyelmen kívül hagyva a tápfeszültség **10perces átlagos effektív értékei 95%-ának bármely egyhetes időszakban az $U_N \pm 10\%$ tartományban kell lennie.**”

Megjegyzés: A szabvány meghatározásán belüli kiemelések Társaságunktól.



4. Mérés és vizsgálat

A szabvány **2.11. „Felharmonikus feszültség”** meghatározás még kiegészült az alábbi meghatározással:

„... a tápfeszültség **THD** értéke (beleértve az összes felharmonikust a **40-es rendszámig**) **nem lehet 8%-nál nagyobb.**”

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx)$$

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos kx dx \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin kx dx \quad (k = 1, 2, \dots)$$

A Fourie sor része a **0. rendszámú** harmonikus, a **DC összetevő** is!



4. Mérés és vizsgálat

Az **MSz EN 50160** szabvány alapján az Áramszolgáltatói fogyasztásmérési, az energiaátadási / átvételi pontján a feszültség paramétereinek a vizsgálata nem ad választ a hibaelhárítás legfontosabb kérdésére:

Mi a zavar forrása?

A hiba **elhárításához szükséges ismerni annak okát**, ezért több lehetséges zavarforrás esetén el kell tudni bírálni **az egyes pontok dominanciáját**.



4. Mérés és vizsgálat

A zavarforrás meghatározásához az áram harmonikus torzulása ad lehetőséget, ehhez az **MSz EN 61000** – a termékek zavar-kibocsátására vonatkozó – szabványsor előírásait, valamint a **G5/4** műszaki ajánlásait lehet figyelembe venni. Az elvi ajánlások az áram harmonikus arányánál két meghatározásával nyújt segítséget:

- **elvileg nem kell megvizsgálni** a kifestültségű, **legfeljebb**
 $I_N = 3 \cdot 16 A_{\text{eff}}$ névleges védelmi áramú berendezések zavar szintjét
- a zavartartalom arányát **THD(i) ≤ 10%**-ban határozta meg,
azonban felső tartományban az **50. összetevőig** kell vizsgálni



4. Mérés és vizsgálat

Sajnos a G5/4 műszaki ajánlásai tévesek! A LED fényforrások egységteljesítménye – kültéri világítás esetén - általában kisebb, mint 200W, beltéri alkalmazásnál csak 3-50W, mely még jelentősebb kiterjedésű világítási terület esetén is ritkán haladja meg az $I = 3 \cdot 16A_{\text{eff}}$ ($\sim 12\text{kW}$) határértéket.

A gyakorlatban már 8kW, azaz kb. 12A csatlakozási teljesítményű, **csoportosan kapcsolt LED fényforrások együtt domináns, másodlagos zavarforrásként azonosíthatók**, a hálózat egyéb nemlineáris elemeivel együtt **jelentős gerjedést, hálózati anomáliát okoznak!** A gyártói kezdeményezésre bevezetett „ λ ” paraméter elrejtette a valós adatokat!



4. Mérés és vizsgálat

A tévedés oka, hogy a szabványok meghatározásai alapvetően csak egy termékre, vagy egy telephelyre, a **HD 60364** szabvány előírásai pedig a létesítendő vezeték keresztmetszetének megválasztására, a többlet melegedésből származó hő-veszteség elvezetése miatti növelésére tettek ajánlásokat.

Egy szakmai szabvány, az **IEEE Standard 519** új definíciókat vezetett be, a **feszültség és az áramerősség torzítás határértékeire** a gyakorlati tapasztalatok, valamint a **sztohasztikus hatások elkerülésére** fogalmaz meg javaslatokat.



4. Mérés és vizsgálat

A szabvány a határértékeket a rendelkezésre álló **rövidzárlati (I_{SC})** és a **maximális terhelési áram (I_L) aránya** alapján határozza meg.

Bevezette a **PCC** - a „Point of Common Coupling” - fogalmát a létesítmény **villamos hálózati csatlakozás pontjára**, valamint a megszokott **THD()**, a „Total Harmonic Distance”, a teljes harmonikus torzítás helyett a **TDD** – „Total Demand Distortion” azaz a **teljes igény szerinti torzítási** határértéket.

Az **IEEE Standard 519** szabvány szemléletváltozása lehetővé tette a **harmonikus zavarok értékelését bár mely csomópontban elvégezhesük**, illetve helyesen értelmezzük.



4. Mérés és vizsgálat

Így értelmezhetők az **IEEE Standard 519** ajánlásai az I_{SC}/I_L függvényében:

I_{SC} / I_L Arány	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD Határérték
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5%
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8%
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12%
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15%
1000 up	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20%



4. Mérés és vizsgálat

Az **IEEE Standard 519** ajánlásai már lehetővé tették a felhasználói rendszer érzékenysége szerinti elbírálást a **TDD** alkalmazásával:

- **TDD \leq 3%** érzékeny felhasználói berendezések esetében
Pld. kórházak, repülőterek stb.
- **TDD \leq 5%** az **általános, vegyesen alkalmazott lineáris- és nemlineáris rendszerek** vizsgálatánál
- **TDD \leq 10%** értéke kizárólag nemlineáris terhelésnél megfelelő
Pld. egyedi, domináns zavarforrásként értelmezhető gyártósor



4. Mérés és vizsgálat

A hivatkozott szabványok ajánlásai alapján legalább egy hetes mérést kell elvégezni- és annak adatsorait értékelni. A feladatra több gyártó is fejlesztett tároló rendszerű hálózati analizátort. Hazánkban – a teljesség igénye nélkül - ismertebbek közé tartozik a ChavainArnoux, HIOKI, HT, SONEL, TDK, TeamWare stb.

A műszerek közötti első szelektálást

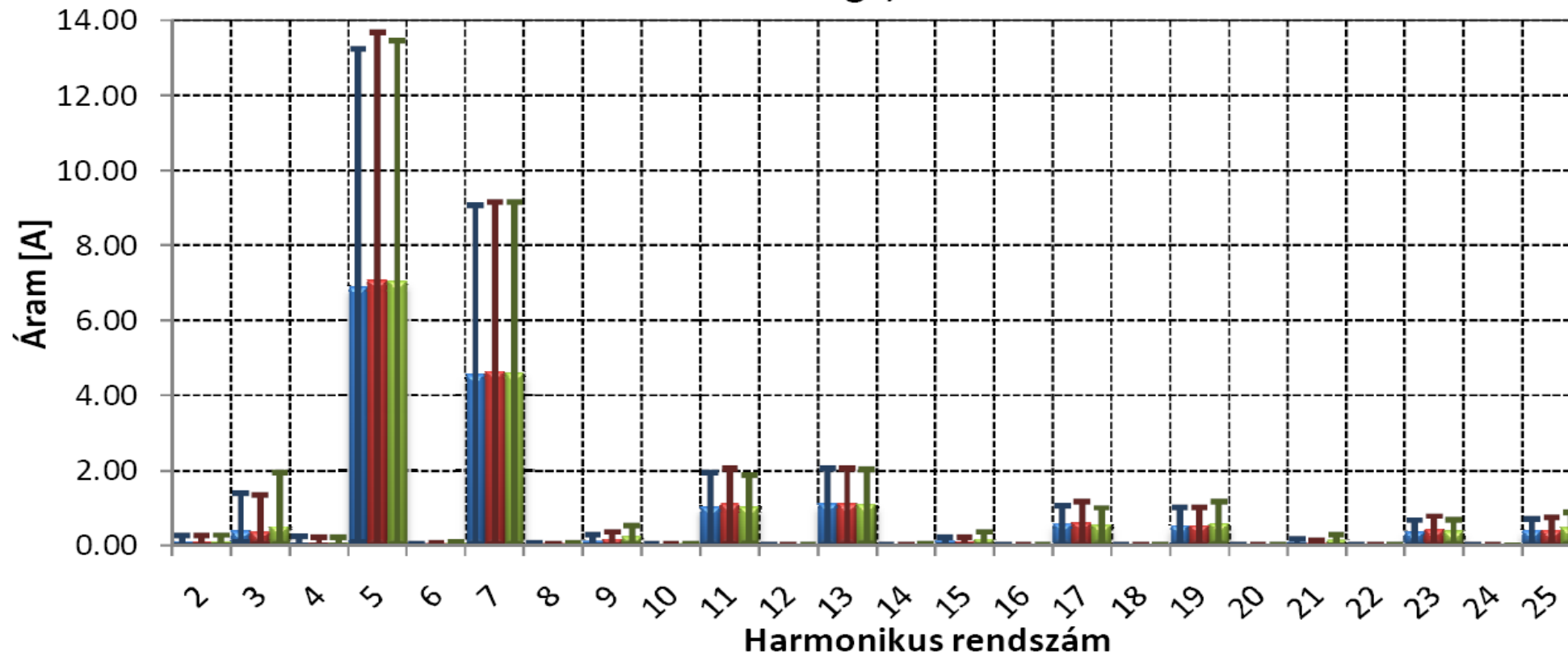
- a feszültség esetében a **0. - 40.** harmonikus rendszámú-, illetve
- az áramoknál **0. - 50.** harmonikus rendszámú tartományon belüli mérési-, elemzési elvárás biztosítja



4. Mérés és vizsgálat

Gyakran látott adatsor, de a **szabvány alapján nem értelmezhető!**

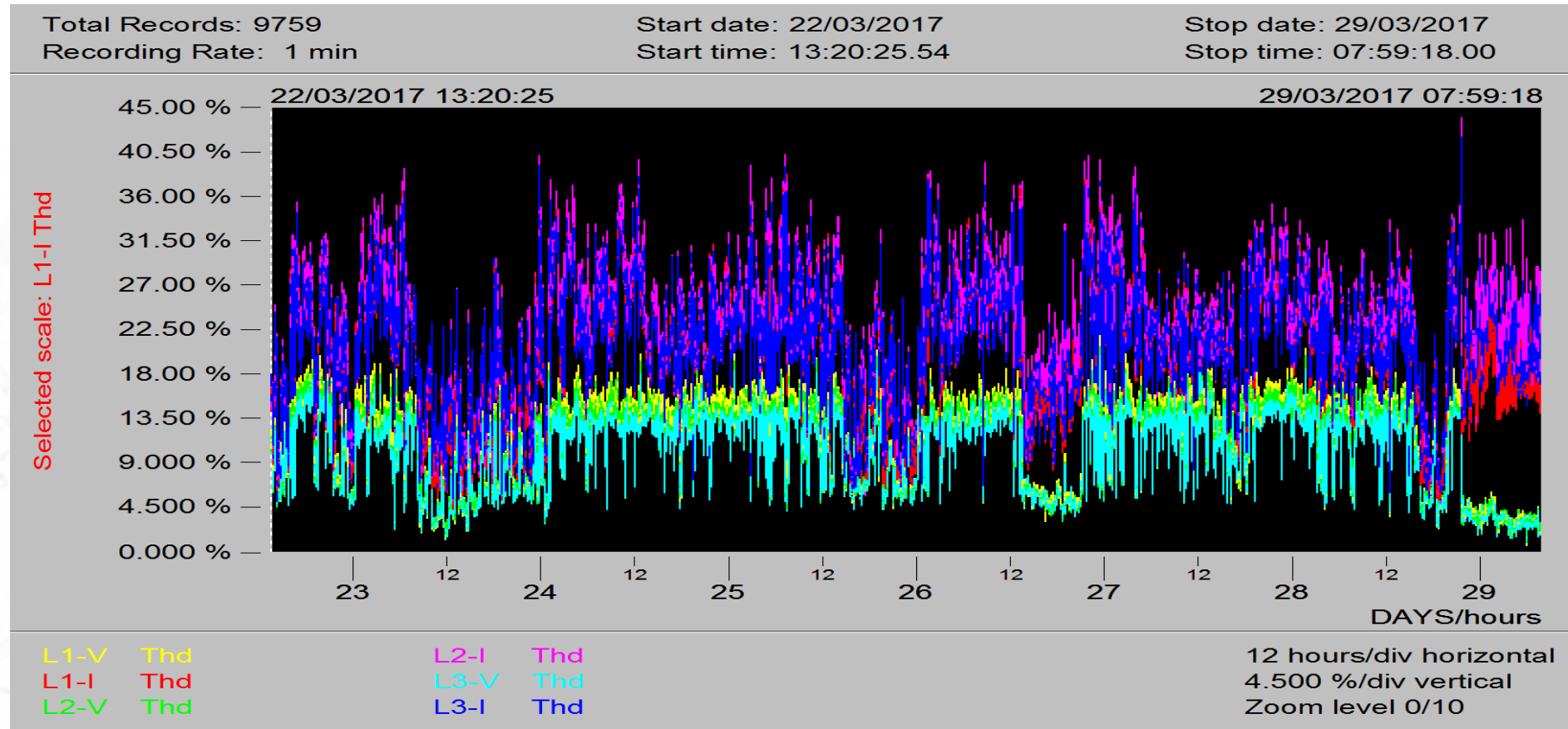
A mért harmonikus áramok átlaga, maximuma és minimuma





4. Mérés és vizsgálat

A megfelelő értékelésekhez részletes adatok szükségesek





4. Mérés és vizsgálat

Általunk használt, bevált műszer: **EQUA Wally_ip**

Wally A³

- **7csatornás, 0,5% ill. 0,1% mérés**
- **500MB, ill. 2GB-os memória**
- **mintavételezés 20msec-től**
- **24 tárolt hálózati paraméter**
- **minden csatornán a jelalakok, valamint 0.-50. harmonikus összetevők adatainak tárolása**





4. Mérés és vizsgálat

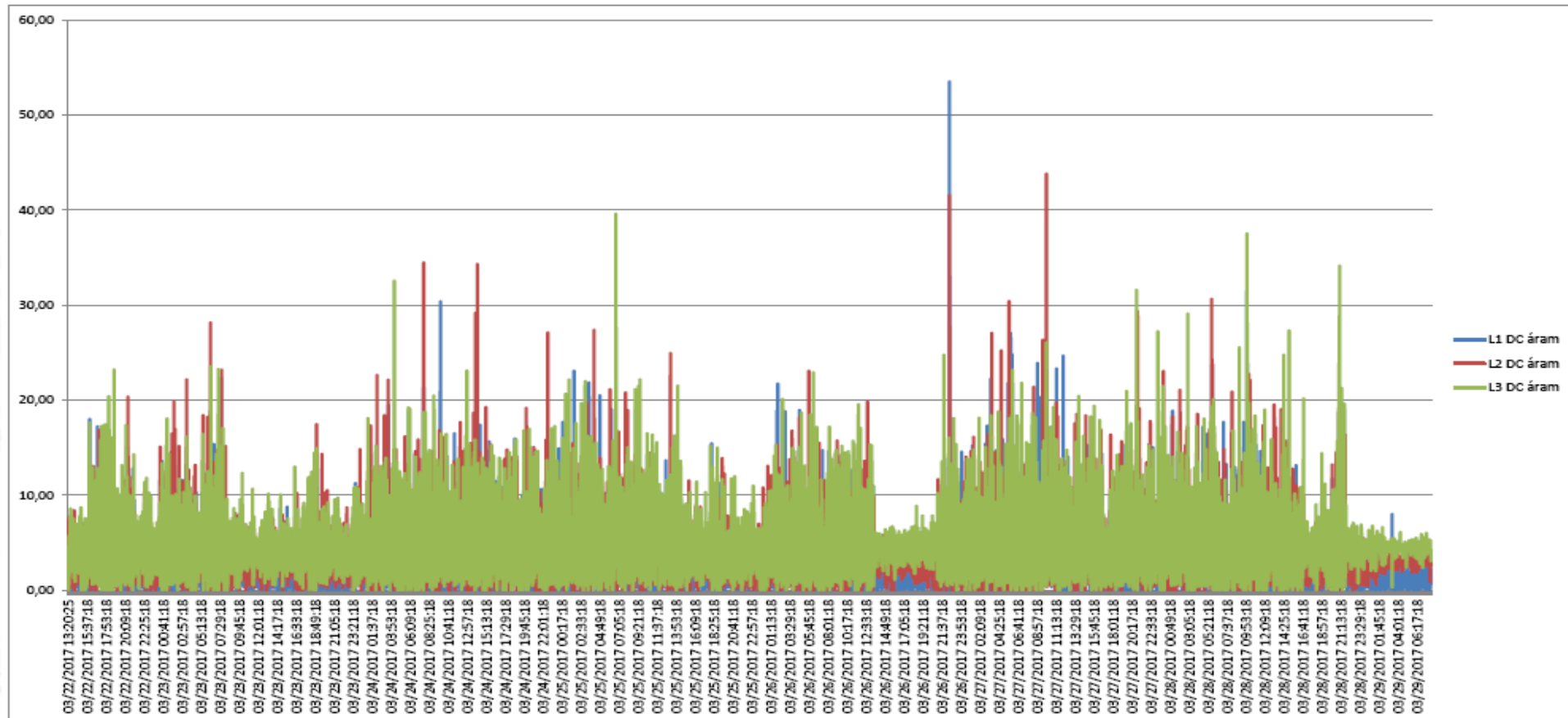
Korrekt adatokból számítható: - a zavaráram effektív értéke





4. Mérés és vizsgálat

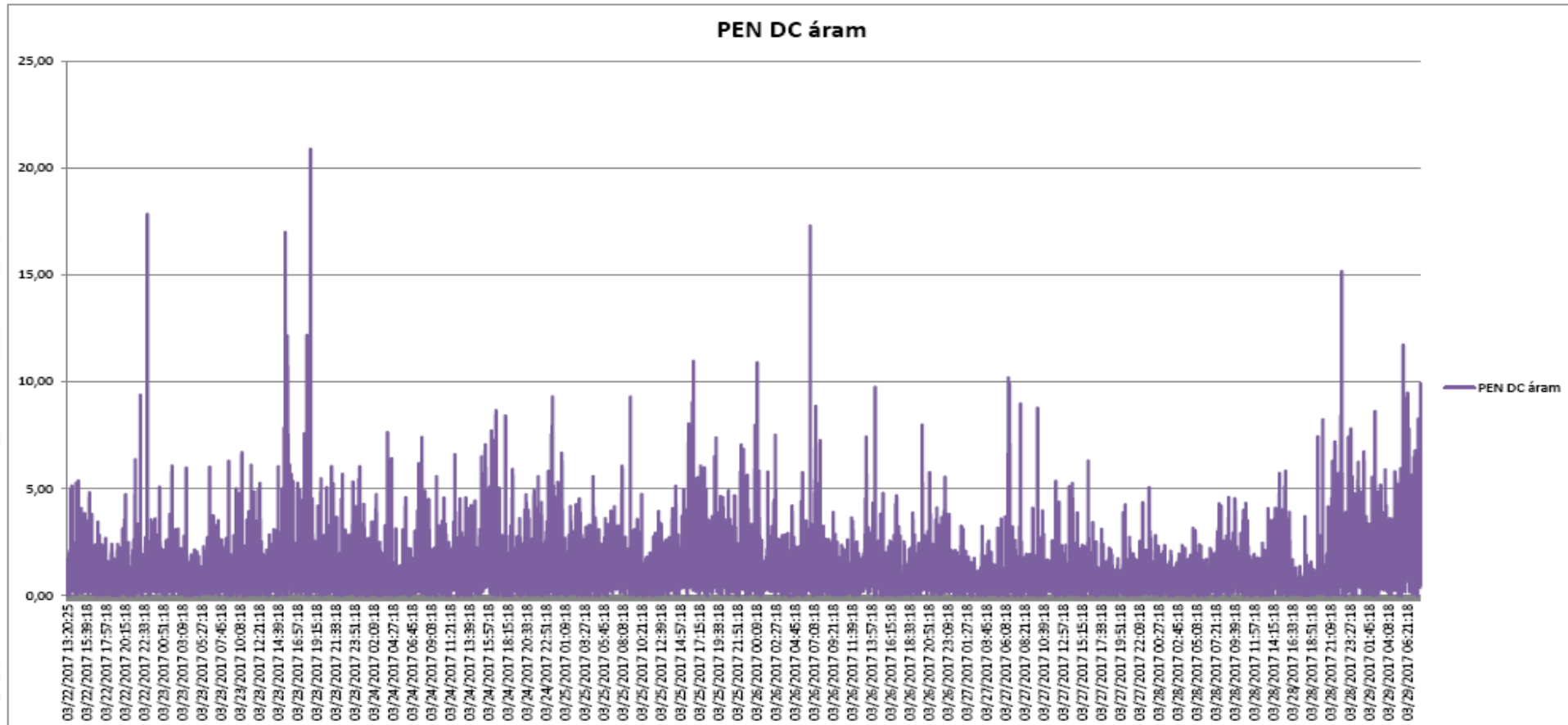
Korrekt adatokból **számítható:** - a DC zavaráram effektív értéke





4. Mérés és vizsgálat

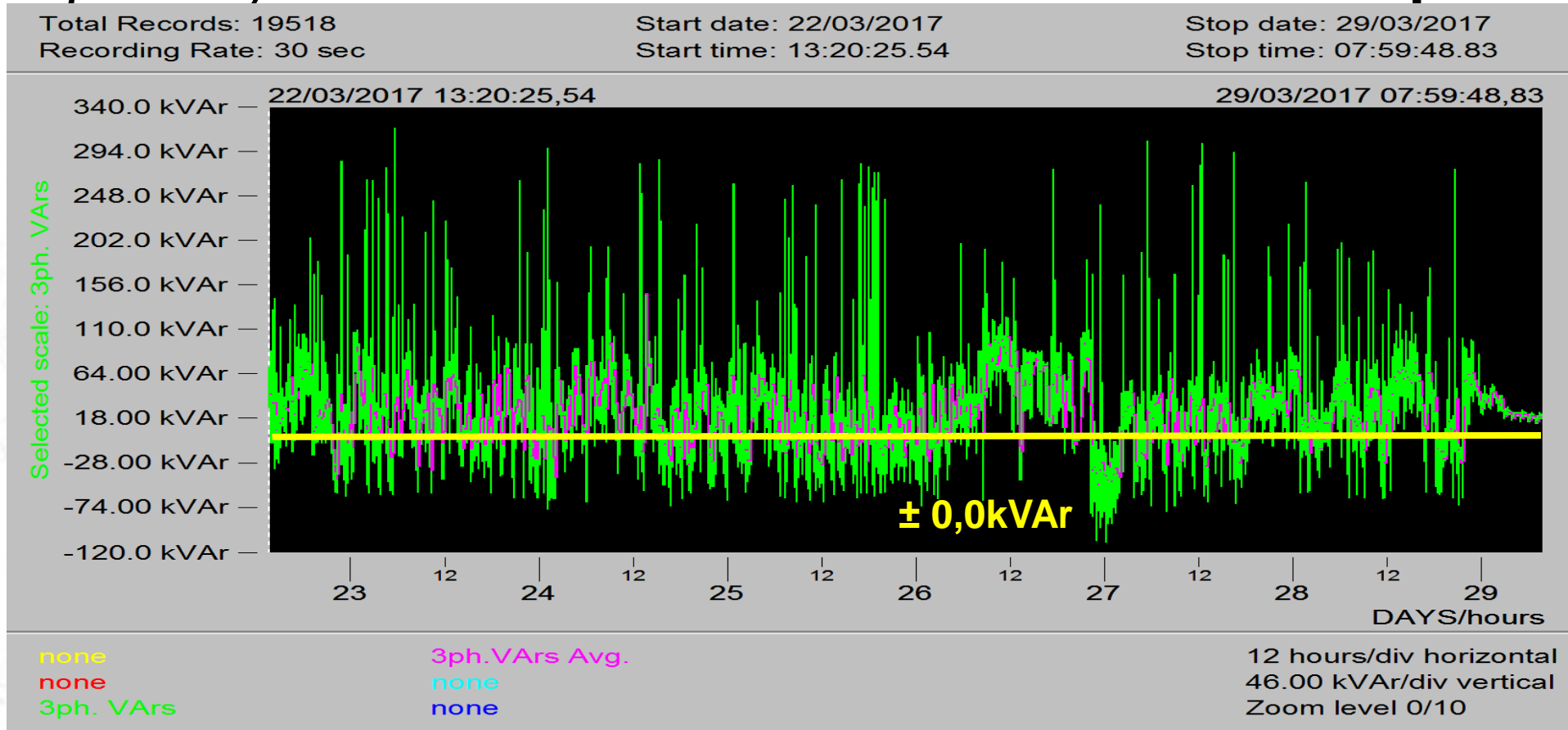
Korrekt adatokból számítható: - PEN DC zavaráram effektív értéke





4. Mérés és vizsgálat

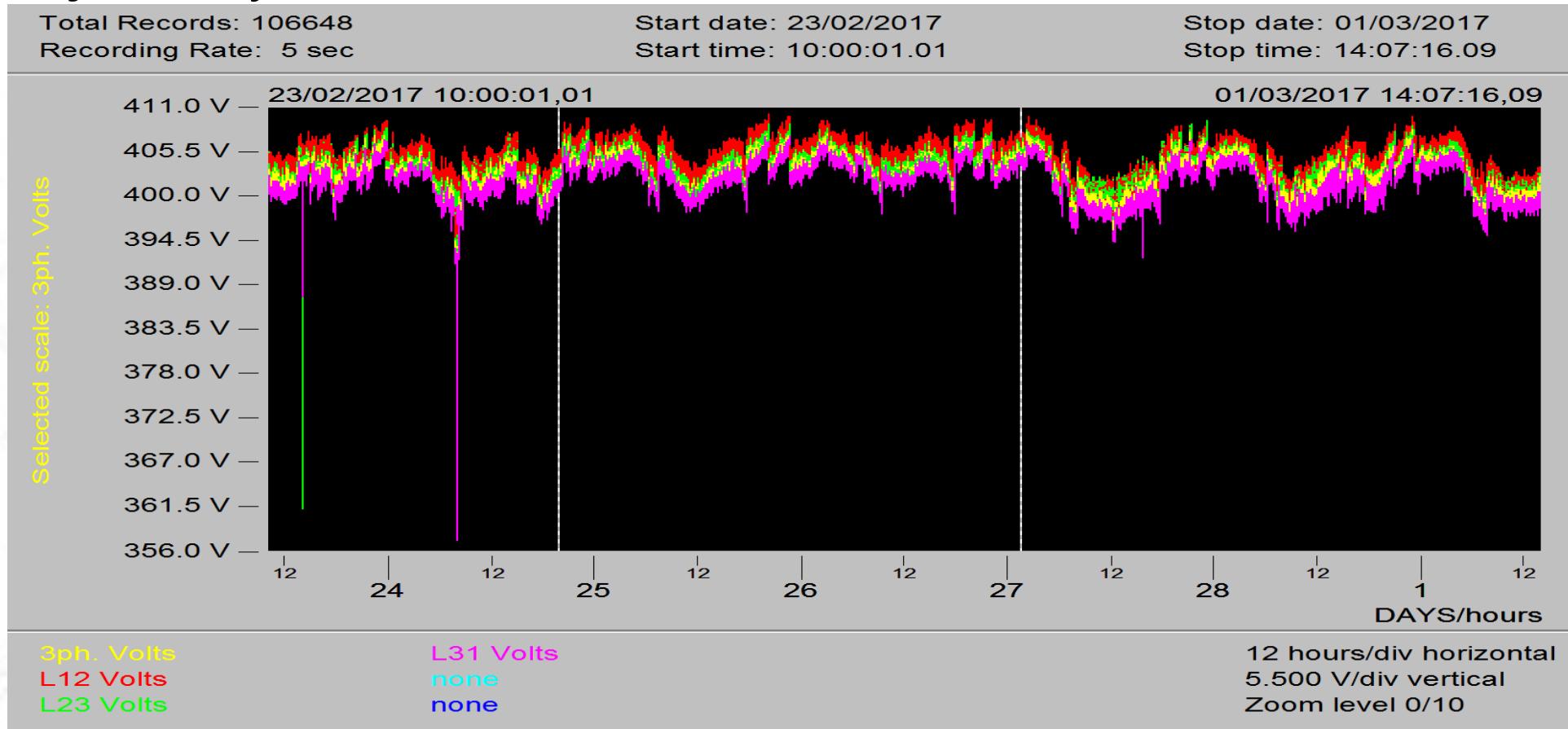
Értékeljük helyesen a mérést: - az elosztó hálózat **kapacitív!**





4. Mérés és vizsgálat

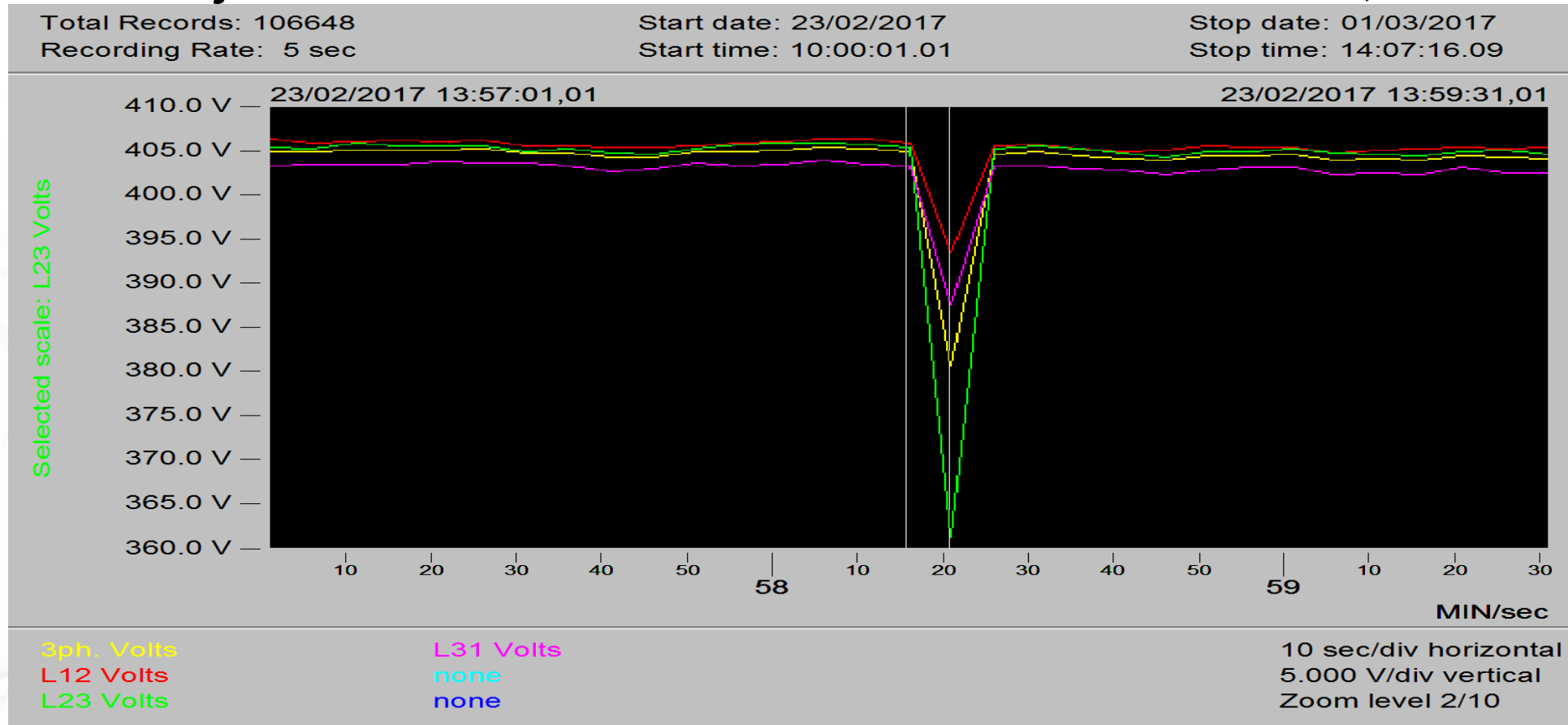
Értékeljük helyesen a mérést: - **külső anomália a hálózaton!**





4. Mérés és vizsgálat

A rövid idejű kimaradás 70%-ban az időfaktor **kisebb, mint 1sec**





4. Mérés és vizsgálat

Feszültségletörés



Az Orosz agresszió miatt az Ukrajnai kapcsolat megszűnt!

- 220 kV
- 400 kV
- 750 kV



4. Mérés és vizsgálat

A feszültségletörések 10%-t meghaladó mértékű, növekvő számú, jelentős - éves szinten 150-nél több - regisztrált eseményét döntően a főelosztói, $U_N \geq 132\text{kV}$ hálózatok, az „alátámasztások” hiányára, valamint a védelmi rendszer kialakítás jellemzőire vezethetjük vissza:

- **hosszú elosztói hálózatok** az erőműtől a felhasználóig
- **kevés a betáplálási pont**, az alátámasztói erőműi kapacitás
- a hálózati szinkron tartása érdekében **132kV-on az EVA** működési rendszer, - **Egyfázisú Védelmi Automatika** – van alkalmazásban
- a kapcsolások lengéseket, jelentős anomáliákat generálnak



4. Mérés és vizsgálat

Hagyományos védekezési módként UPS egységet alkalmaztak:

- **UPS egység a DC/AC kimenet korlátozott teljesítménye miatt tervezetten alulterhelt, domináns harmonikus zavarforrás**
- a kimeneti inverter **terhelési- és zárlati áram korlátozást** jelent
- a gyors beavatkozás érdekében soros csatlakozású, de a kettős konvertálás ($AC_{\text{Bemenet}} > DC_{\text{Akku}} > AC_{\text{Kimenet}}$) **vesztesége $P_D \geq 5\%$**
- az olcsó, savas akkumulátor **élettartama mindössze 5 - 7 év**
- **tartalék képzés csak a készülék duplikálásával lehetséges**



4. Mérés és vizsgálat

Összefoglalás a leggyakrabban mérhető anomáliákról:

- a fogyasztói hálózat az idő jelentős részében **kapacitív**
- a **THD(u)** értéke nagyobb **4%**-nál, a mért hálózati átlag 1,5-3%
- a **THD(i)** értéke nagyobb **10%**-nál, olykor irreális, akár **1.000%**-os
- **fázis- és a nulla** vezetői áramban a **DC** komponens aránya magas, bár a háromfázisú rendszerben elvben a DC nem lép fel
- gyakori - még 30sec-os mintánál is mérhető - a feszültség érték **10%**-át is meghaladó, legtöbbször **<1sec időtartamú** letörés



4. Mérés és vizsgálat

Emlékeztető:

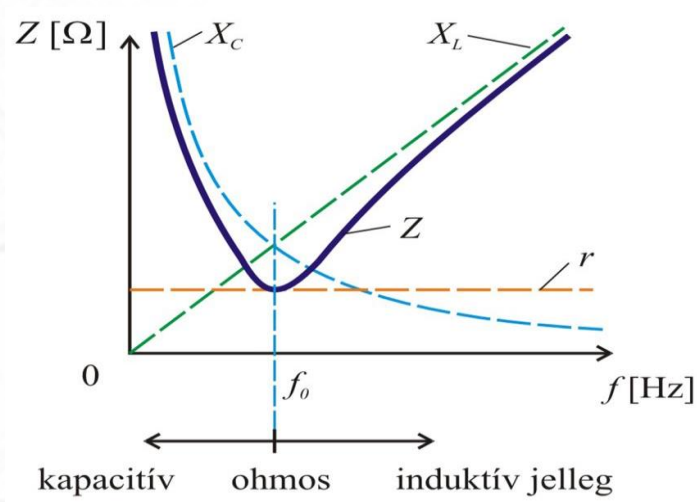
A fenti anomáliák közül szinte kizárólag a **feszültségletörés** a külső eredetű, **hálózati zavar**! A **harmonikus zavar**, valamint a **túlkompenzált hálózat** azonban a felhasználói **nemlineáris berendezések működésének természetes következménye**. Hagyományos eszközökkel a feltárt anomáliák csak jelentős veszteséggel, potenciális veszélyhelyzetet okozva kompenzálhatók.

Pld.: a fázisjavító berendezésben a kondenzátorok helyett fojtótekercsek is beépíthetők, azonban az üzemeltetése **költséges**, alkalmazása **veszteségnövelő, értelmetlen beruházás!**



4. Mérés és vizsgálat

A harmonikus zavarok kompenzálására fojtózott fázisjavítást ajánlanak, mivel az $f_0 = 139\sim 145\text{Hz}$ frekvencia felett induktívra módosítja a leágazási impedanciát.



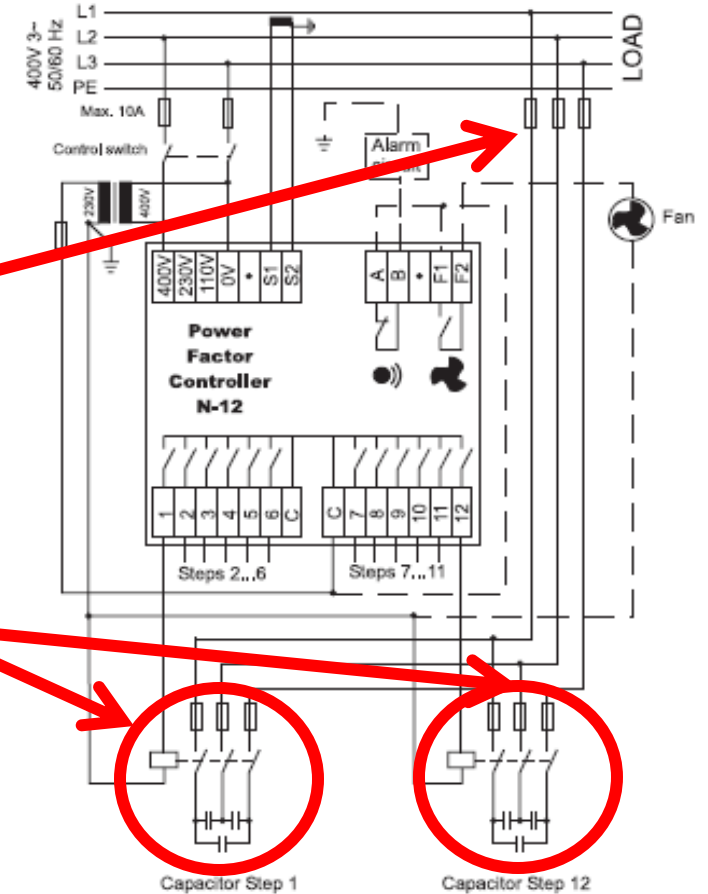


4. Mérés és vizsgálat

A magyarázatot nem minősítjük, de objektív módon megvizsgáljuk. A fázisjavító berendezés egységei mindig párhuzamosan, „T” alakban csatlakoznak a hálózatra.

Tételezzük fel, hogy a hálózati teljesítménytényező értéke $\cos\varphi \geq 0,97$ Induktív, ekkor viszont egyetlen fokozat sem kapcsolódott be.

Miért befolyásolná a hálózatot?





4. Mérés és vizsgálat

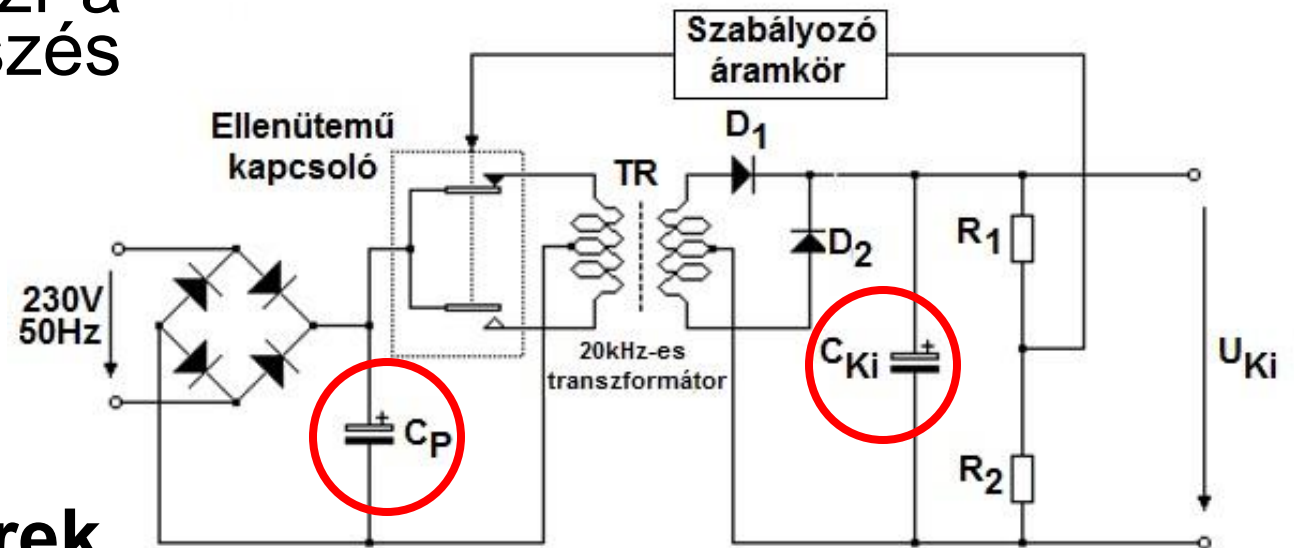
A korszerű nemlineáris elemek, pld. a frekvenciaváltós hajtások vezérlése elvben lehetővé teszi a bemeneti impedancia tetszés szerinti változtatását, akár a

$$\cos\varphi \sim 1,00_{\text{Ohmos}}$$

értékre is.

A **villamos elosztórendszerek**, valamint a **kapcsoló- és túláram védelmi eszközök** induktív terhelésre vannak méretezve!

Egyfázisú kapcsolóüzemi tápegység elvi kapcsolási rajza



http://wiki.ham.hu/index.php/Kapcsolóüzemű_tápegység



4. Mérés és vizsgálat

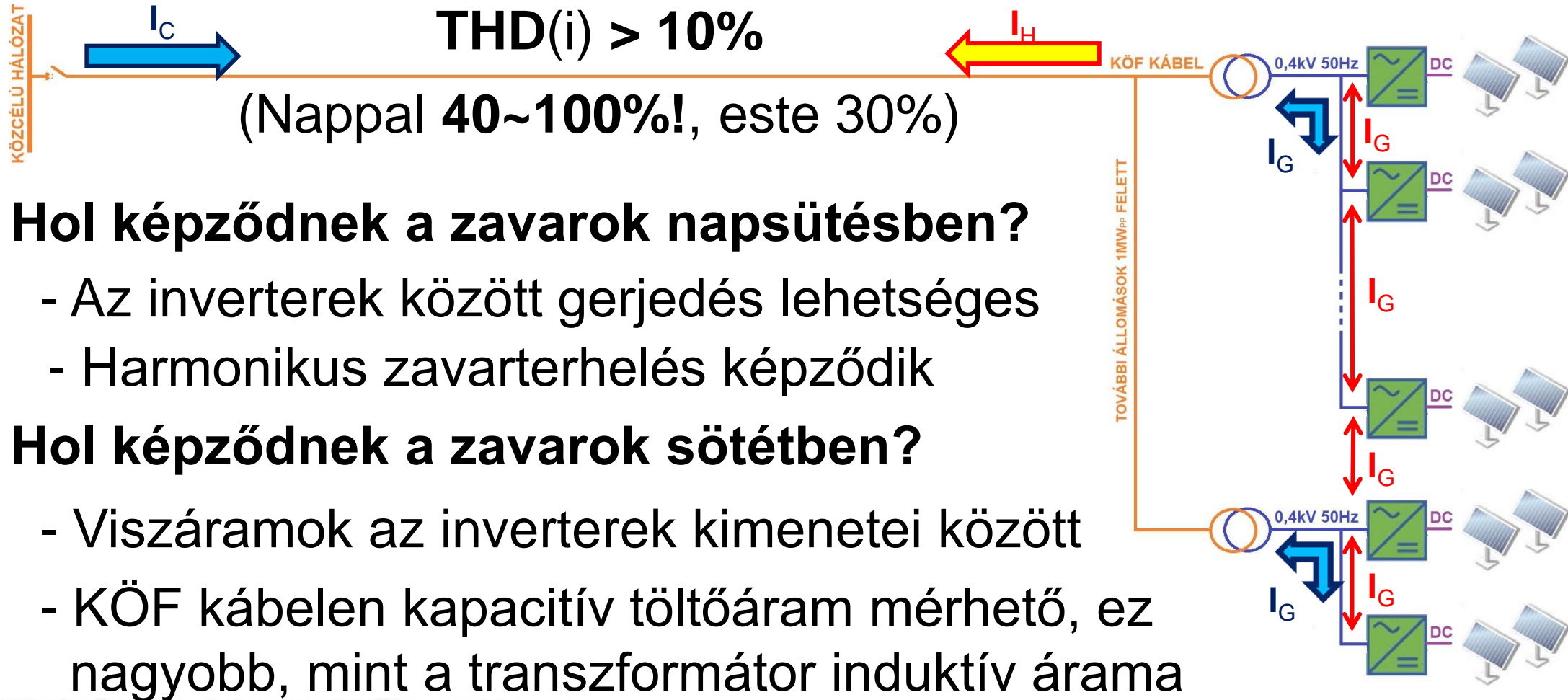
Photo-voltaikus rendszerek:

Látszólag nem illenek ide a napelemes-, solar-, más néven photo-voltaikus (**PV**) rendszerek. Külön érdekessé teszi a vizsgálat szükségességét, hogy a **napelemek csatlakozási feltételeit a közcélú hálózathoz a Szolgáltató határozza meg, épp úgy mint az alkalmazható – bevizsgált – DC/AC inverterek választékát.**

Miért írja elő akkor mégis a Szolgáltató a megvalósult rendszer **MSz EN 50160** szerinti megfelelőségének a méréssel történő igazolását? Mert ismeri a gyakorlati és a laboratóriumi eredmények különbségét!



4. Mérés és vizsgálat



Hol képződnek a zavarok napsütésben?

- Az inverterek között gerjedés lehetséges
- Harmonikus zavarterhelés képződik

Hol képződnek a zavarok sötétben?

- Viszáramok az inverterek kimenetei között
- KÖF kábelén kapacitív töltőáram mérhető, ez nagyobb, mint a transzformátor induktív árama



4. Mérés és vizsgálat

Egyes forgalmazók hibrid fázisjavítást, a kapacitív tartomány kompenzálására **induktív tekercset** ajánlanak, azonban - a fizika törvényei szerint - ezzel **kapcsolási túlfeszültséget generálnak!**

Az alkalmazás miatt kialakult veszély megértéséhez az **MSz EN 50160** szabvány **2.9 pont** és annak megjegyzése ad segítséget:

A tranziens túlfeszültségek általában nem haladják meg a 6kV csúcsértéket, de esetenként nagyobb értékek is előfordulnak. A felfutási idő széles tartományt fog át milliszekundumoktól a mikroszekundumoknál kisebb értékekig.



4. Mérés és vizsgálat

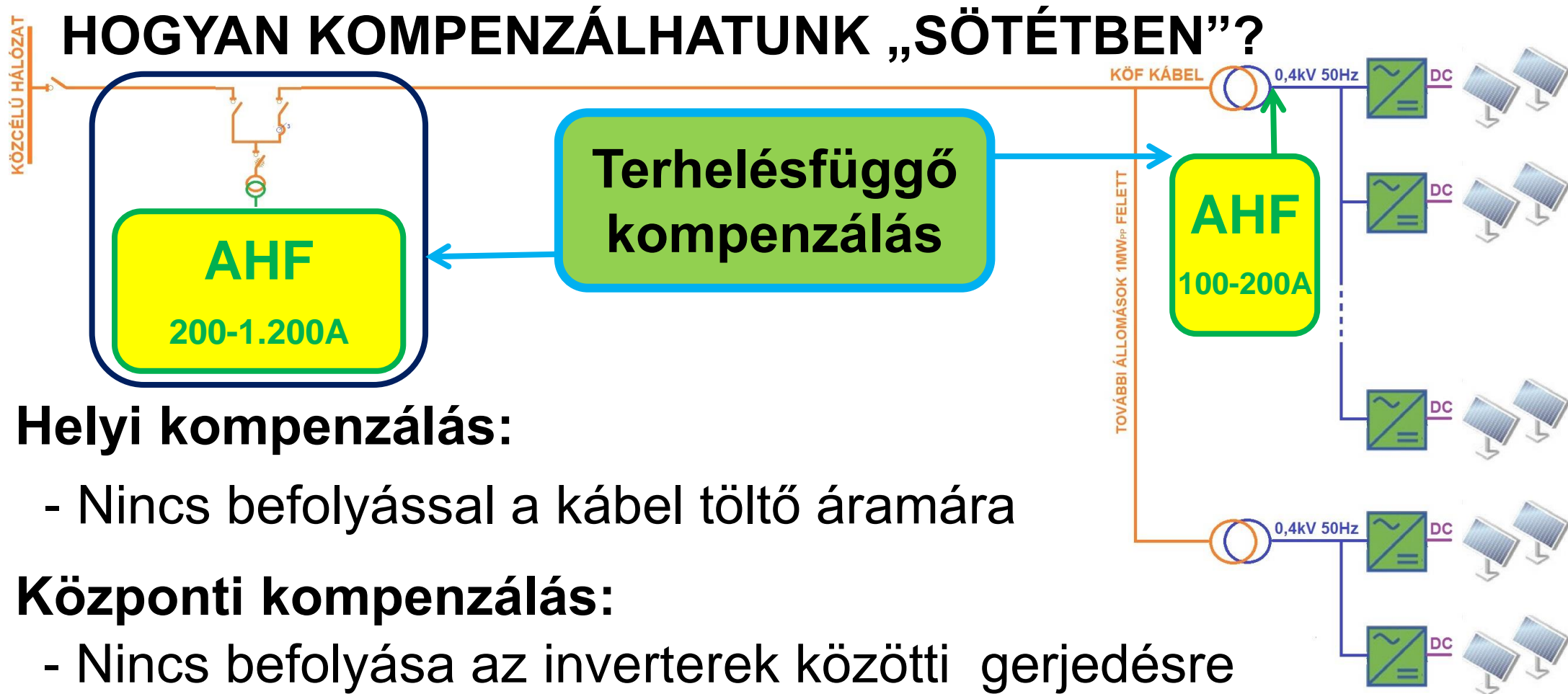
A nemlineáris elemek, a teljesítmény elektronikus szabályozása miatt **a hagyományos fázisjavító berendezések alkalmazása szükségtelen**, mivel nem alkalmasak az időszakosan kapacitív meddőteljesítmény vagy a harmonikus zavaráram kompenzálására.

A hibrid fázisjavítás potenciális veszélyforrás!

A harmonikus zavarokra tett megállapítás a passzív elemekből felépített fojtózott, illetve a hibrid fázisjavítás esetén egyaránt érvényes. Alkalmazzuk helyette **innovatív, a meddőteljesítmény aktív harmonikus szűrővel történő, elektronikus szabályozását.**



4. Mérés és vizsgálat



Helyi kompenzálás:

- Nincs befolyással a kábel töltő áramára

Központi kompenzálás:

- Nincs befolyása az inverterek közötti gerjedésre

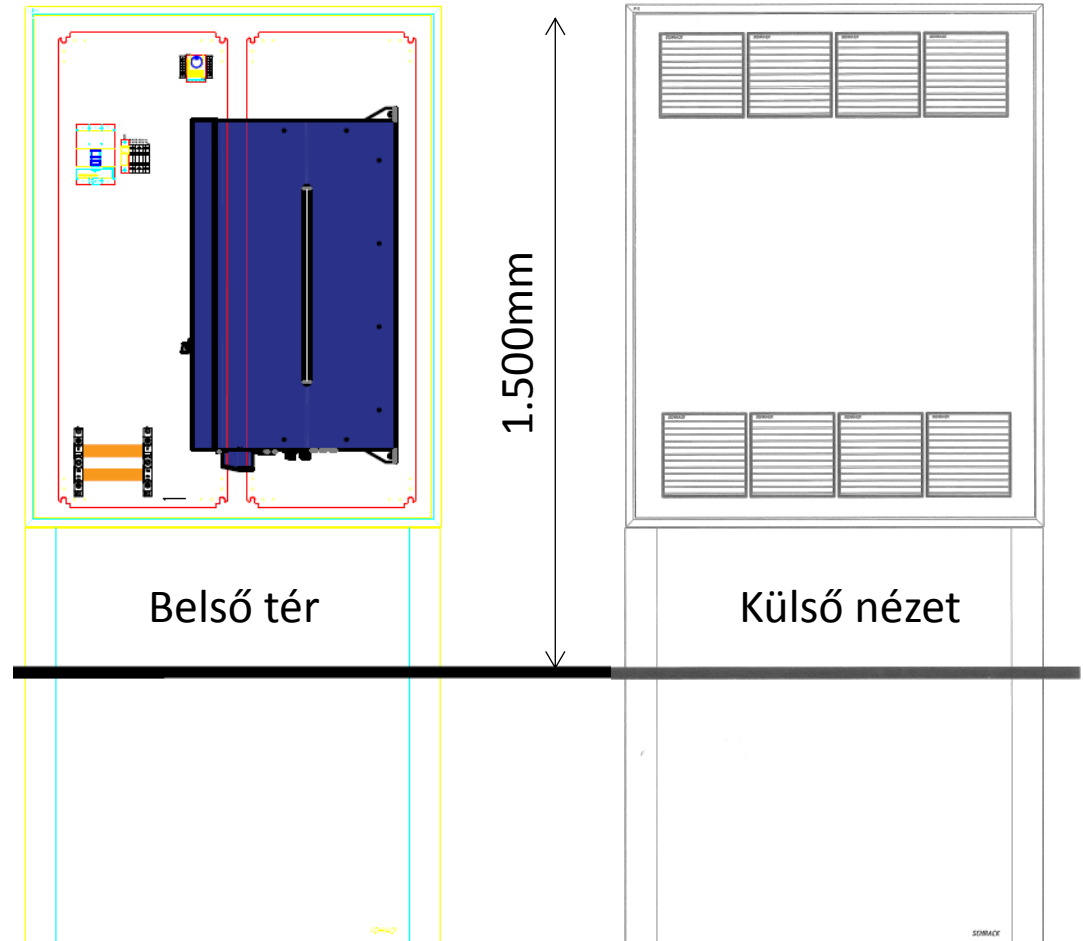


4. Mérés és vizsgálat

Belső kompenzációra 500W_{P-P} részére fejlesztettük ki a kültéri kivitelű aktív szűrőt. Ezen kívül alkalmazhatunk „menetrend” tartásra is tárolót

- a photo-voltaikus csúcsérték kb. 60%-t elérő tároló kapacitás
- névleges érték 40%-a mellett 0-24 egyenletes termelés

A Beruházó részére többlet-költség, de a termelt energia eladási értéke magasabb!

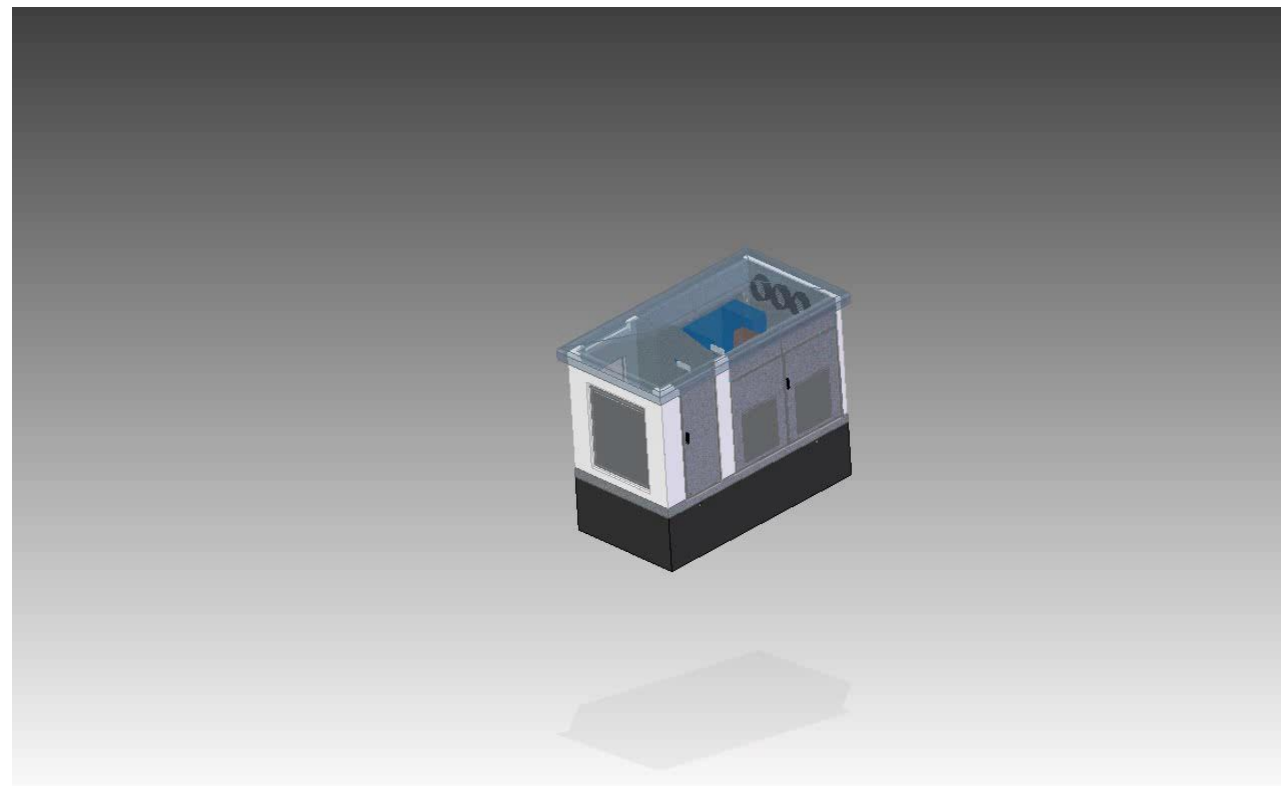




4. Mérés és vizsgálat

Külső kompenzálásra lett kifejlesztve a 0,4kV-on 1.200A, 22kV-os feszültség szinten 20~24A_{eff} teljesítményű, önálló, automatikus üzemű kompenzáló egység.

Az aktív szűrőkkel kialakított egység egyidejűleg alkalmas harmonikus-, kapacitív meddő komponens és a terhelési aszimmetria kompenzálására.



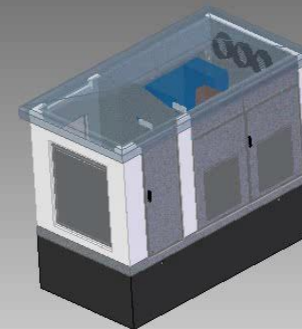


4. Mérés és vizsgálat

Külső kompenzációra lett

Gyorsabb, pontosabb- és egyszerűbben telepíthető, mint a hagyományos PETERSEN tekercses kompenzáció, ráadásul alkalmas a harmonikus zavaróáram kompenzáására is!

aszimmetria kompenzáására.





4. Mérés és vizsgálat

Összefoglalás a hagyományos védekezésről I.:

- fázisjavító kondenzátor kiépítése szükségtelen, az **induktív elem alkalmazása veszteségnövelő, potenciális veszélyforrás**
- feszültség letörés elleni védelemre alkalmazott **UPS vesztesége nagy, üzemeltetése légkondicionált tiszta teret és hűtött levegőt igényel**, emiatt telepítése-, üzemeltetése **költséges**
- kettős konvertálás **vesztesége $P_D \geq 5\%$ akkor is jelentős**, ha az **energiatároló elem kondenzátor!**



4. Mérés és vizsgálat

Összefoglalás a hagyományos védekezésről II.:

- az UPS egység teljesítményét a **terhelés 150%-ra** kell méretezni emiatt **az építészeti helyigény indokolatlanul nagy**
- tartalék képzés csak a **készülék duplikálásával** lehetséges
- a **létesítés költségébe bele kell számítani az építészeti- és a légcseréhez szükséges gépészet értékét is**
- az **üzemeltetés költségébe beletartozik a gépészeti egység vesztesége és az összes járulékos szerviz költsége is!**



4. Mérés és vizsgálat

Konklúzió:

Az elektronikus teljesítményszabályozású eszközöket pontosságuk- és az alkalmazásuk nyújtotta kényelem miatt elfogadtuk, de gyors terjedésének következményeit rendszer szinten nem vizsgáltuk!

A villamos hálózaton működéséből származó anomáliák elleni hatékony védekezés során a megszokott eszközöket már a tervezéskor ki kell váltani, az MSz EN 62305 ajánlásainak figyelembe vételével innovatív, a zavarok bekövetkezési valószínűségét csökkentő eszközöket kell alkalmazni.

Villamos hálózatok minőségi problémái

Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége a 4. résznek

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A kompenzáló eszközök kiválasztása

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az **MSz EN 50160** szabvány az alábbi hat anomáliát definiálta:

- **Flicker** (villogás) a feszültség ciklikus hullámozása, $t_c = 0,1 \sim 10$ perc
- **Tranziens** jelenségek $t \leq 0,1$ msec
- **Túlfeszültségek**, melyek lehetnek rövid idejű- és tartós értékek
- **Tápfeszültség** tartós, $t = 3 \sim 180$ sec, vagy $t > 3$ perc **kimaradása**
- **Feszültségletörés** vagy rövid idejű, $t \leq 2$ sec **kimaradás**
- **Feszültségen mért harmonikus** zavar aránya nevesítve a **0. - 25.** illetve összesítve **THD(u)** a **0. - 40.** rendszámú tartományban



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A **flicker** – magyar elnevezése: **villogás** - jelenség általában a nagy teljesítményű hengerművek, ívkemencék stb. működésének következménye. Lényege, hogy a nagy egység teljesítményű, ciklikus ismétlődésű terhelés hatására a feszültség értéke változik, csökkentése a gerjedési események másodlagosan korlátozása.

A külső eredetű túlfeszültség jelenségek és a kapcsolási hálózati tranziensek kezelése viszonylag ismert, mivel a **zónázott túlfeszültség védelmet** az **MSz EN 62305-4** pontosan definiálja.

A **feszültség kimaradás elleni védelmet** a hagyományos módszer - kettős betáplálás, átkapcsoló automatika alkalmazása - megoldja.



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Két hibajelenséget és az **MSz EN 62305** szabvány által definiált „**gazdasági kár**”-t nem vizsgáltuk, melynek okozója, a **harmonikus zavar**, valamint a **rövid idejű, $t \leq 2\text{sec}$ feszültség letöréseket**. Védekezéshez az UPS egységek alkalmazása költséges, a zavarok ellen hatástalan. A két zavartípus **sztohasztikus** esemény, azonban

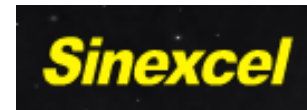
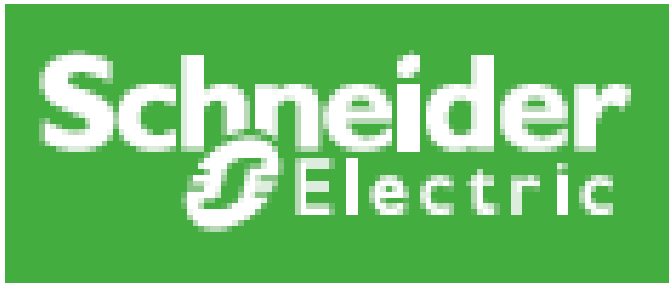
- a **harmonikus zavarok által generált anomáliákért a felhasználói berendezés a felelős**, tehát **fogyasztói eredetű**
- a hálózati üzemzavar okozta **feszültség letörés és a kapcsolási tranziens alapvetően Szolgáltatói**, tehát **külső eredetű**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

EU közösségi viszonylatban több, ismert gyártó eszközei állnak rendelkezésünkre. Ezek kompatibilisek vagy választani szükséges?

ABB



SCHAFFNER

FRANKE
GMKP ENERGY





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Határozzuk meg a szükséges, elvárható üzemeltetői paramétereket:

- a **20msec** periódusú jeleket a 40.~50. rendszámig kell elemezni, a pontossághoz min. 4-5*-ös feldolgozási sebesség szükséges

Megoldás: 20msec/50/4, a **beavatkozási sebesség $\leq 100\mu\text{sec}$**

- A standard feszültség **3*400/230V TN-C/TN-S**, ipari robotoknál gyakori a **3*200V**, nagyobb egységteljesítménynél a **3*600÷690V** feszültség, **IT** érintésvédelemmel

Megoldás: válasszunk **széles feszültség tartományú** működést



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

- a fázisárami **zavaráram 10A – 1,0kA** tartományban valószínű, de nem állandó, emiatt az igény később módosulhat is

Megoldás: 30-50A-től min. 1,2kA-ig bővíthető fázisvezetői zavaráram kompenzálására alkalmas modulrendszer alkalmazunk

- a szabványok hangsúlyozzák, a **Nulla** vagy **PEN vezetőben** a a fázisvezető áramában mért zavaráram érték **300%-a is lehet!**

Megoldás: a kiefeszültségű hálózat esetén a **zavaráram kompenzálását a Nulla/PEN vezetőben tekintsük kötelezőnek, méretezése a fázisvezetői kompenzáló áram érték 300%-a**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

- a **THD(i) > 10%** harmonikus zavar a hálózat fém és szigetelő anyagában a bipoláris elemek gyorsabb mozgásával a frekvencia értékével négyzetesen emelkedő hő-veszteséget generál

Megoldás: minimális **hő-veszteségű**, $P_{DMax} < 2,3\%$ alkalmazása

- az innováció üzembiztos elektronikus vezérlést, az elektronika megbízható védelmet igényel a zavarokkal szemben

Megoldás: javasolt az **EU-n belüli gyártói** háttér, szükséges a **hazai szerviz**, ajánlott az **EU közösségi- és a Hazai** referencia



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Készítsük el objektív elvárásaink összegzését:

- a széles tartományú beavatkozáshoz a sebesség **$t \leq 100\mu\text{sec}$**
- gyakorlatban elvárható működési feszültség **$3*200\div 690V_{AC}$**
- EU-n belül az érintésvédelem **TN-C** vagy **TN-S**, esetleg **IT**
- kompenzáló áram **$30A \sim 1,5kA$** a fázisvezetői- és ennek **300%-a** **Nulla/PEN** vezető áramában
- minimális veszteségi teljesítmény, kisfeszültségen **a névleges terhelés esetén sem lehet több**, mint **$P_{DMax} < 2,3\%$**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Műszaki kollégák szokásos kérdése:

Alkalmazhatjuk, beépíthetjük azokat a műszaki berendezéseket, amelyek a megfogalmazott elvárásoknak nem felelnek meg?

Segítünk, de a döntés felelőssége az Önöké!

Vizsgáltuk a Hazánkban, illetve az EU területén forgalomba hozott aktív zavarászűrők műszaki adatainak leírását, de mielőtt a műszaki feltételeket ismertetjük, tekintsünk át két meglepő, de legalább ennyire fontos elemet, **a tudást és a szakmai tisztességet.**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Van a „**tudás faktor**”, az ismeret!
Nézzünk egy egyszerű, gyártótól független példát, nézzük meg a korszerű, ún. „kompakt” megszakítót

Ellenőrizzük a műszaki adatokat:



- névleges feszültség
- névleges áram
- zárlati megszakító képesség

Rendben

Rendben

Rendben ??? Csak egyszer !



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A megjelölt aktív szűrők közül ismereteink szerint öt gyártó terméke elvileg megfelel az elvárásoknak, a rangsoroláshoz „**tudás faktor**”-t is hasznosítva a leggyakoribb felhasználást, a **kisfeszültségű alkalmazást vizsgáljuk.**

Feszültség: két, látszólag hasonló megfogalmazást találunk

- „működési feszültség”, mely tartományon belül a berendezés még működik

Alkalmas a feszültség lengések csillapítására !

- „**200 ÷ 480V tartomány**”, melyen belül a hálózati feszültség névleges értéke rögzíthető, pld: **200-208-220-240-380-400-415-440-460-480V**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Érintésvédelem: itt is két, eltérő megfogalmazást találunk

- alkalmazható **TN-C és TN-S érintésvédelmi mód esetén**

Az két, eltérő paraméterű eszköz, mivel a megrendeléskor kell a védelmi módot megadni (3 vagy 4vezetékes kompenzálás)

Az

Az érintésvédelmi mód utólag is módosítható!

elhet!

- igény szerint alkalmazható a **TN és IT érintésvédelmi mód**

Az eszköz bár mely környezetbe beépíthető, egy belső

rövidzár áthelyezésével állítható be a kívánt érintésvédelmi mód.



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Egy kérdés! Miért nem fejlesztünk zavorszűrőket Magyarországon?

Az első zavorszűrőt Jessel és Gshell GmbH fejlesztette ki Németországban, 1992.-ben(!), ezen kívül legalább 12-15 cég folytat fejlesztéseket. Ezek már kinőtték „gyerekbetegségeiket” és jelentős referenciával működnek! Aki ma Magyarországon ilyen fejlesztésbe kezd, látszólag előnyben van, hiszen az út és az eszközök már kidolgozottak. Nem szabad viszont elfelejteni, hogy **közel három évtizedes hátránnyal, a fejlesztési tapasztalatok hiányával szeretnénk utolérni a vezető gyártókat!**

A hazai piac mérete nem elégséges a tömeggyártásra!



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Magyarországon kifejlesztették a **QUATTRO** nevű számítógépet. **Szebb és jobb volt, mint az akkoriban sikeres IBM PC**, de a nagyüzemi gyártása, fejlesztése, a software támogatása elmaradt.

Az IBM XT és az IBM AT típusú PC-k megjelenése után,
- alig két év alatt - **a QUATTRO elavult, a gazdaságtalan gyártását felszámolták, végleg eltűnt a piacról.**

Ma már képet sem találhatunk róla az interneten....

A hazai piac mérete nem elégséges a tömeggyártásra!



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A piac ma kegyetlen. Egyes Kínai gyártók – részben valós-, részben manipulált adatokkal – összehasonlító táblázattal, tisztességtelen módon támadják még az EU területen elismert gyártók termékeit is!

AHF Comparison of major brands (100A)							
Item	Chindow	ABB	Schneider	Schaffner	Merus	Circuitor	Lifasa
Photo of Module							
Photo of cabinet							
Module quantity in same sized cabinet	5 modules in the same sized cabinet	1 Cabinet itself	2 modules in the same sized cabinet	5 modules in the same sized cabinet	2 modules in the same sized cabinet	1 Cabinet itself	1 Cabinet itself
Weight	46KG	not available	not available	not available	70KG	272KG	135KG
Dimension	205*500*478 (mm)	498*432*1697(mm)	960*440*265(mm)	440*420*222(mm)	225*500*850 (mm)	655 x 1470 x 450 (mm)	Not available
Max power consumption	2.25KW	not available	3%	1.1KW	not available	3.5KW	4KW
Transient response time	<0.1ms	<0.5ms	0.025ms	<0.1ms	0.05ms	<0.1ms	<0.1ms
Type of capacitor	Metal film	Metal film	Electrolyte	Electrolyte	Electrolyte	Electrolyte	Electrolyte
Life of capacitor	15 year	15 year	8 year	8 year	8 year	8 year	8 year
Cooling fan cleaning method	No need take out the module from cabinet, No need to open the top cover,	Module to be taken out from cabinet,	Module to be taken out from cabinet,	Module to be taken out from cabinet,	Module to be taken out from cabinet,	Module to be taken out from cabinet,	Module to be taken out from cabinet,
Automatic CT sequence adjustment	Yes	No	No	No	No	No	No
Rating adjustment	Programmable	Not possible	Not possible	Not possible	Not possible	Not possible	Not possible
Cabinet cost (1,000A project)	2000USD	5000USD	5000USD	2000USD	5000USD	6000USD	6000USD
Module cost (100A)	1.0	1.35	1.35	1.2	1.3	1.4	1.4
*1: Taking a project consisting of 10pcs of 100A AHF module, and taking an average cost 1000USD for each cabinet							



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Önök a gépkocsi vásárláskor több gyártó termékét vizsgálják, a szép katalógusok mellett az adott típus(ok) üzemeltetési tapasztalatával rendelkező ismerőseiket is megkérdezik.

A gyártók és forgalmazók gyönyörű katalógust adnak.

Miért nem kritikusak, ha az Önök által nem ismert műszaki termékre valaki azt mondja, hogy megoldja Önök helyett?

A Bíróság előtt már csak az Önöké a felelősség!



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Vizsgáljunk valós műszaki paramétereket:

Párhuzamosan üzemelő modulok száma:

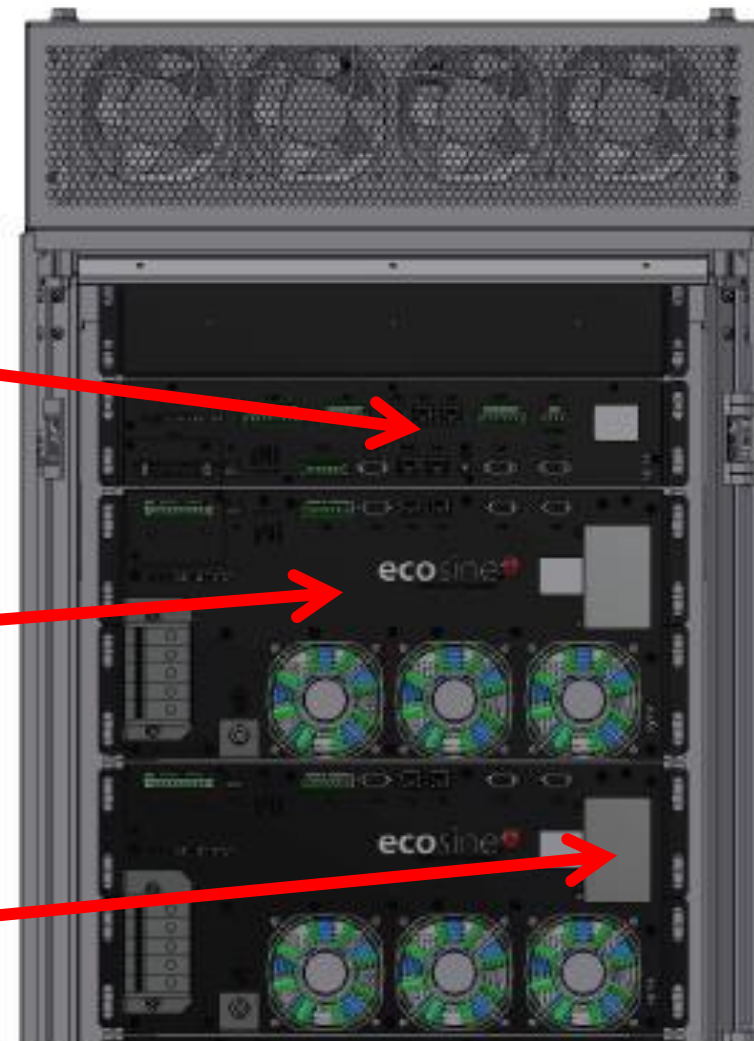
Egyes gyártók előre definiált, központi elosztó-szekrényben elhelyezett egységes, **50~60A teljesítményű** szűrőmodulokat alkalmaznak.

A modulok szinkronizálását a központi elem **végzi**, de a központi vezérlő elemek további párhuzamos kapcsolása is lehetséges, emiatt a rendszer szintű, **kompenzálás teljesítménye erősen korlátozott**

Vezérlő
5 * 60A

SZŪRŐ
Modul
60A

HMI
Egység





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Párhuzamosan kapcsolható modulok száma:

Más gyártók önálló üzemre alkalmazott modulokat alkalmaznak, a lehetséges kompenzációs egységteljesítmény értéke magas, $I_H = 50 - 200A_{eff}$, a külső vezérlőegység alkalmazása nem lehetséges, az ellenőrzéshez lehetséges, de nem ajánlott.

A jelenleg ismert legjobb műszaki megoldás a párhuzamos kapcsolásuk egységteljesítményük széles tartományában alkalmazható, eltérő modulok is tetszőlegesen kombinálhatók.

Ellenőrző
HMI Egység

SZŰRŐ
Modulok
50A - 200A
Párhuzamos
modulok
száma
korlátlan



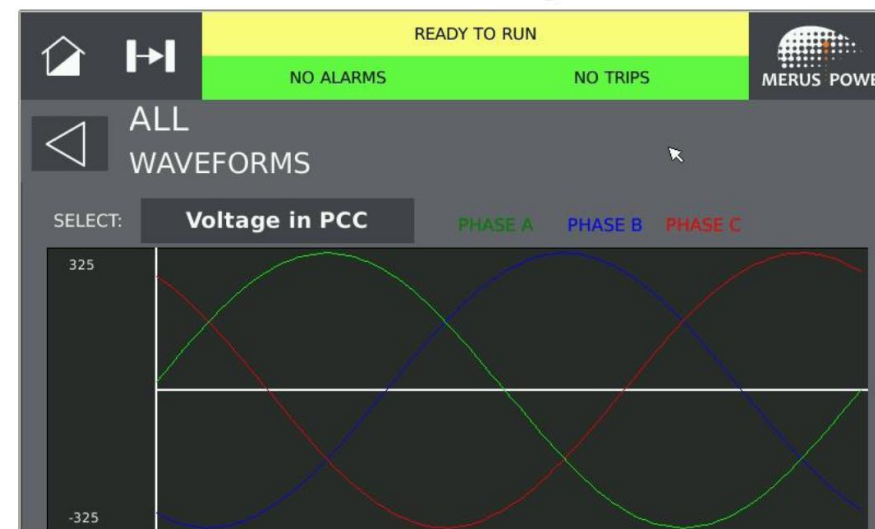


5. Kompenzálás, zavarelhárítás

HMI egységek: a legtöbb gyártó a termékéhez biztosítja a helyszíni beállításhoz, a paraméterek módosításához szükséges vezérlő egységet. **Az egyszerű HMI típus** alkalmazása kötelező, a menüje Angol nyelvű és **csak beállítási célra használható.**



A korszerű típusú HMI nem szükséges a modul működéséhez, a vezérlő menü több nyelvű, **kijelzője grafikus és több-célú**, a paraméterek beállítására és a modulok működésének egyedi- vagy csoportos ellenőrzésre is alkalmas.





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Sajnos a keleti – Kínai, Indiai, Malajziai gyártók sem tétlenkednek, ha a profit mértékét kell maximálni.

Több esetben is bizonyítani tudjuk, hogy az adott gyártónál a HMI egység nem más, mint egy – legtöbbször csak fél-grafikus – kijelző. Ezeknél az aktív egység vezérlési rendszere programozott, alig jobb, mint egy passzív szűrő.

Bocsánat, de itt álljunk meg egy szóra: egyes oktatók még mindig a passzív szűrőt támogatják, mivel **a méretezéséért és a gyártásért jelentős összeg kérhető el! A passzív elemek karbantartás igénye, két évenkénti beszabályozása további bevételt jelent!**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Teljesítmény veszteség: általánossá vált a $P_{D_{MAX}} < 3\%$ -os érték. Egyes gyártók a valós érték helyett a légszállítási igényt definiálják, mások az adatokat „**rugalmasan**” kezelik. Nézzük a „**tudás faktort**”

Modul teljesítmény	60A	120A	180A	240A	300A
Katalógusban ígért veszteségi adat	Egységesen $P_{D_{MAX}} < 2,6\%$				
Katalógusban megadott hűtési teljesítmény	<1.300W	<2.400W	<3.600W	<4.500W	<5.700W
A számított veszteség értéke	<3,13%	<2,89%	<2,81%	<2,77%	<2,74%
Eltérés mértéke a katalógus adattól	+20,38%	+11,15%	+8,08%	+6,54%	+5,38%



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Természetesen a teljesítményveszteség csökkentésének szükségességét a gyártók felismerték, megvalósítására egyesek jelentős munkát fordítanak, mások az adatokat inkább „**rugalmasan**” kezelik.

Ismert olyan termék, ahol a **<2,3%** veszteséget úgy mutatják ki, hogy „**üzemszerű**”-nek nevezett - ismeretlen mértékű – **azonban a névlegesnél kisebb terhelésnél mért veszteségi értékét a maximális terhelés értékéhez viszonyítva adják meg!**

A forgalmazó becsapja Önöket, hiszen ezen az elven azt is mondhatja, hogy az adott szűrőtípus vesztesége **0%**!
Kikapcsolva...



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A **teljesítményveszteség csökkentése lényeges**, mivel az aktív szűrők általában évi **$t > 8.000$** üzemórában működnek.

$$Költség = \sqrt{3} * U_N * I_H * \frac{P_{D \text{ Harm. szűrő}} (\%)}{100} * t * 0,1 \frac{EUR}{kWó}$$

Nem kell közgazdász professzornak lenni, hogy megértsük, a **korszerű elemek kisebb, mint 2,3%-os veszteségével szemben** – az egyre növekvő energia költség mellett – a **13~35%-os többlet veszteséget jelenti!**

Mérnökök vagyunk, értsük a számok jelentését!



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Másik feladat a katalógus adatok helyes értelmezése. Vizsgáljuk meg, hogy mit jelent, ha termék adatai között ez olvasható:

- **Reaction time:** $x \mu\text{sec}$
- **Overall response time:** **200~300** * $x \mu\text{sec}$ (msec)

A gyártó szükségesnek tartotta megjelölni, hogy a reakció idő – a jelenség változása- és készülék erre adott válasza közötti késleltetés – egyébként igen gyors válasza helyett miért kell az általános válaszügy idő értékét figyelembe venni.

* A tényleges szám adatok helyett az általánosság érdekében csak a két idő közötti arányt tüntettük fel!



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A gyártó feltételezi, hogy a kezelők nem alkalmasak a korrekt szabályozás beállítására, emiatt – mert a jelalak-torzulás sztochasztikus, gyorsan változó zavarjelenség – állandósult zavart feltételez és lassú szabályozást végez!

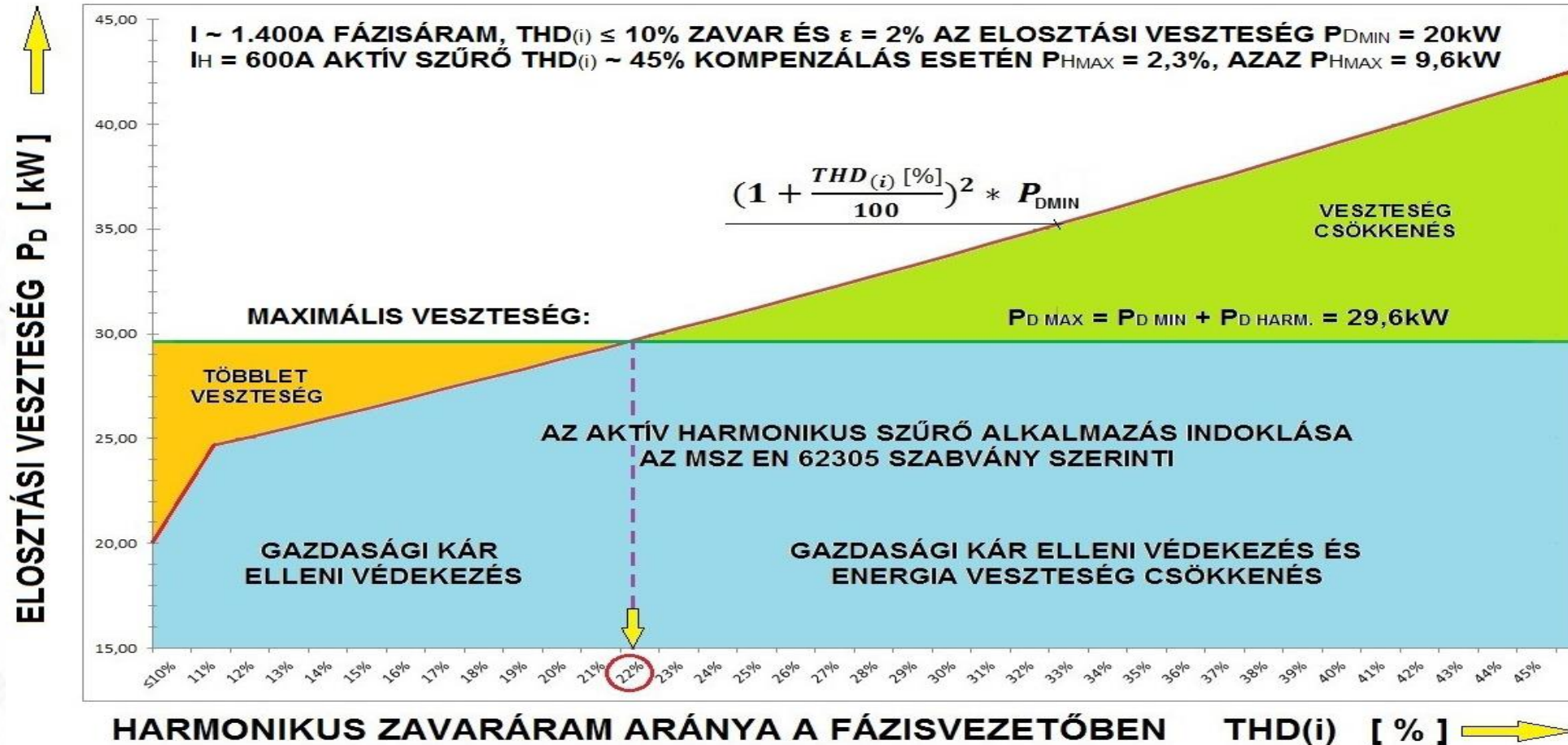
Egy durva hasonlattal: Vásároltunk egy gyors, önvezérelt gépkocsit, de a forgalom gyorsan változik-, a vezérlése lassú, ezért csak a kerékpárosok mögött poroszkálhatunk...

Megtehetjük? Igen. Van értelme....?



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Mit jelent a gyakorlatban, ha veszteség mértéke $P_{DMax} \leq 2,3\%$?





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Nézzük meg – betűrendben – mely gyártók műszaki paramétereit közelítik meg legjobban az elvárt, „ideális” értékeket:

ABB

MERUS Power Dynamics

SCHAFFNER

SCHNEIDER Electric

TDK EPCOS

Szubjektív módon - közelítve az ideális megoldáshoz - válasszuk ki a **legkisebb veszteségűt** és a **legtöbb célra alkalmas típust...**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A termékcsalád tagjai feladataik komplex megoldása szerint:



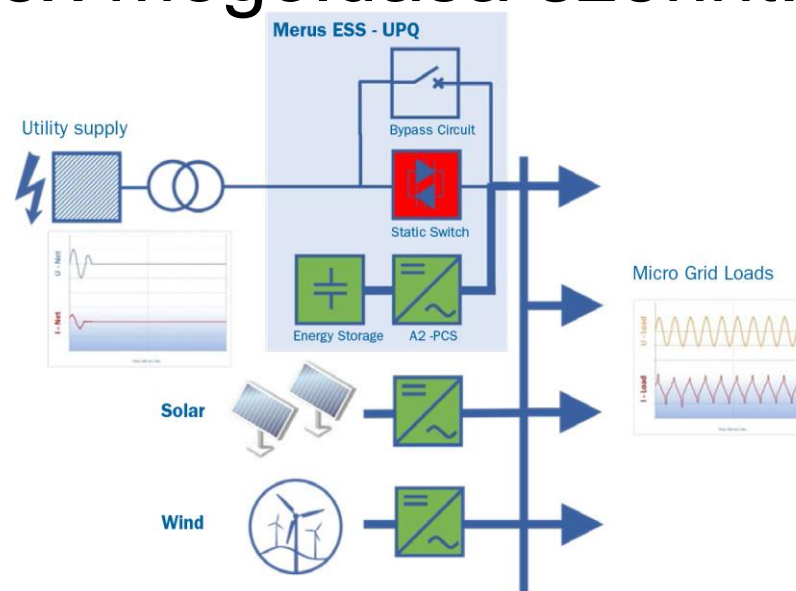
A2



UPQ



STATCOM



ESS

A komplex megoldás gyártója: **MERUS Power Dynamics Oy**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A **MERUS[®] Power Dynamics Oy** az „**A2**” modulért 2016.-ban „**Technology Innovation Leadership award by Frost & Sullivan**” kitüntetést kapott.

A **MERUS[®]** termékei 2010.-től, az „**A2**” modul **2017.-től** elemzést követő méretezéssel kerülnek szállításra és beüzemelésre.
Az **EU-n és Magyarországon belüli referencia listája jelentős.**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Kiindulásunk alapja: az „**A2**” harmonikus szűrő modul



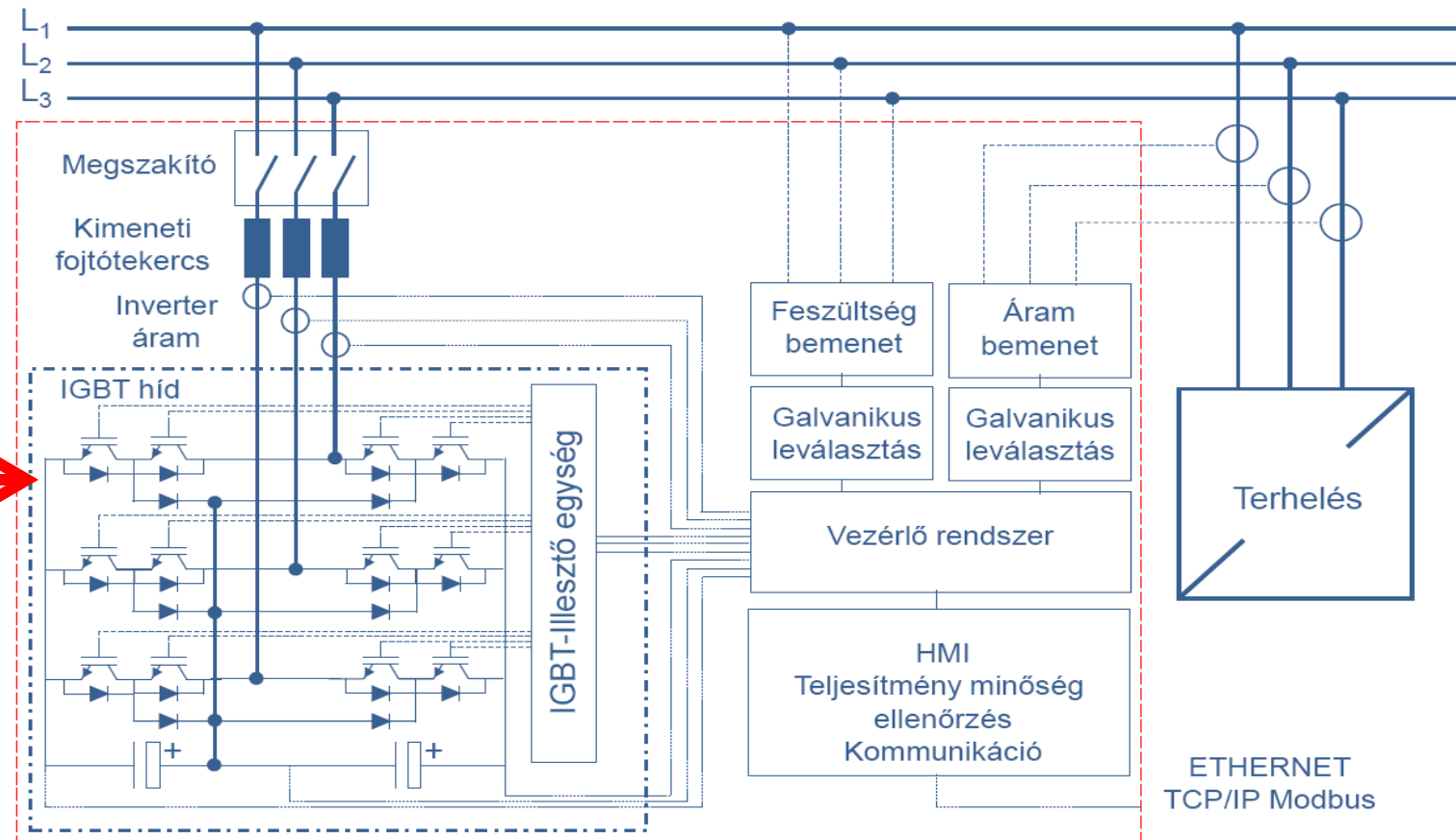
Szerelve:





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az **A2** harmonikus szűrőmodul felépítése:



Háromszintű IGBT,
kisebb feszültségű
igénybevétel, kisebb
veszteség, nagyobb
üzembiztonság!



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

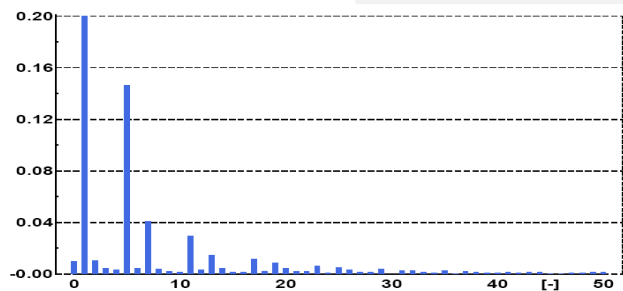
Gyakorlati alkalmazási példa 1:

Változó sebességű hajtások

A vezérlés felharmonikus torzítása



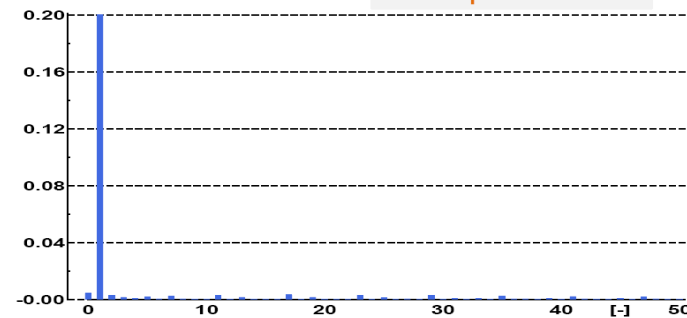
Merus Aktiv szűrő nélkül



$I_{thd} = 158A$



Merus Aktiv szűrő beépítése után



$I_{thd} = 8A$

A nagysebességű beavatkozás, kompenzálás biztosítja az IEEE519-2014 és a G5/4-1 előírásainak gyors teljesítését az elvárt széles zavspektrum tartományában.



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

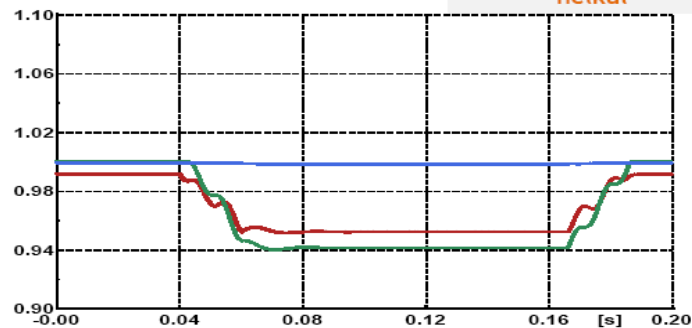
Gyakorlati alkalmazási példa 2:

Hegesztő robotok alkalmazása

Aszimmetrikus terhelés hegesztéskor



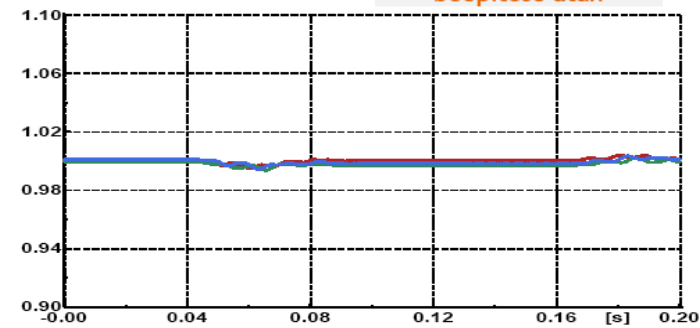
Merus Aktiv szűrő nélkül



$$U_{ub} = 3.7 \%$$
$$\Delta U = 6.0 \%$$



Merus Aktiv szűrő beépítése után



$$U_{ub} = 0.025\%$$
$$\Delta U = 0.7 \%$$

A gyors beavatkozás biztosítja hogy a terhelő áram egyensúlya a három fázisban kiegyenlített legyen.



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Vizsgáljuk meg a **MERUS „A2”** harmonikus szűrő paramétereit:

- beavatkozás sebessége **$t \leq 100\mu\text{sec}$**
- működési feszültség **$3*200 \div 690V_{\text{eff}}$ 50/60Hz**, értéke beállítható!
- az alkalmazható érintésvédelmi mód **TN-C / TN-S** vagy **IT**
- egy modul kompenzáló árama lehet **50-100-150-200A_{eff}** / **fázis- és ennek 300%-a a nulla vezeték áramában**
- veszteségi teljesítménye terhelés függő, de **$P_{D\text{Max}} < 2,3\%$**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Elvárásaink és paramétereit alapján a **MERUS „A2”** szűrő **valós időben, egyidejűleg alkalmas** az alábbi feladatok ellátására:

- **0. - 50.** harmonikus beavatkozásra **50 - 60Hz**-es hálózaton
- $4/4$ -es meddőkompenzációra, kapacitív oldalon **$\cos\varphi \sim 1,00$**
- fázisárami **terhelési aszimmetria** és **flicker** kiegyenlítésére
- fázisáramban **50A**-tól max. **$n \cdot 200A_{\text{eff}}$** , illetve ennek a **300%**-t a **Nulla/PEN** vezetői áramban is képes kompenzálni
- **HMI** egysége több nyelvű, beleértve a **Magyar** nyelvet is



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

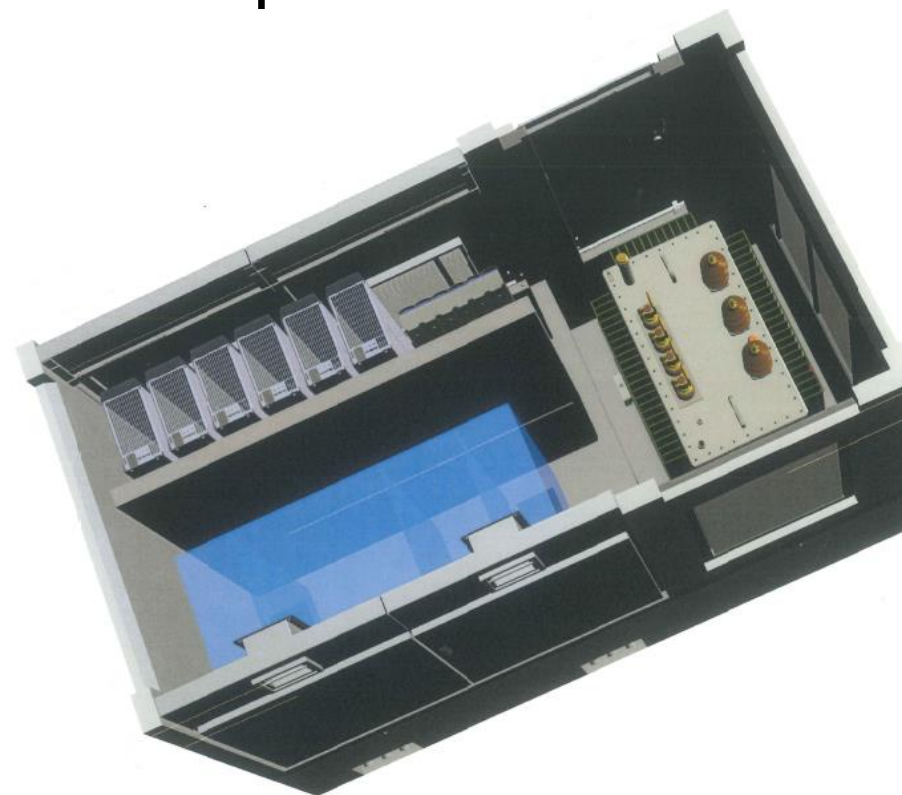
Alkalmazhatjuk
modulárisan



Beépíthetjük
elosztószekrénybe



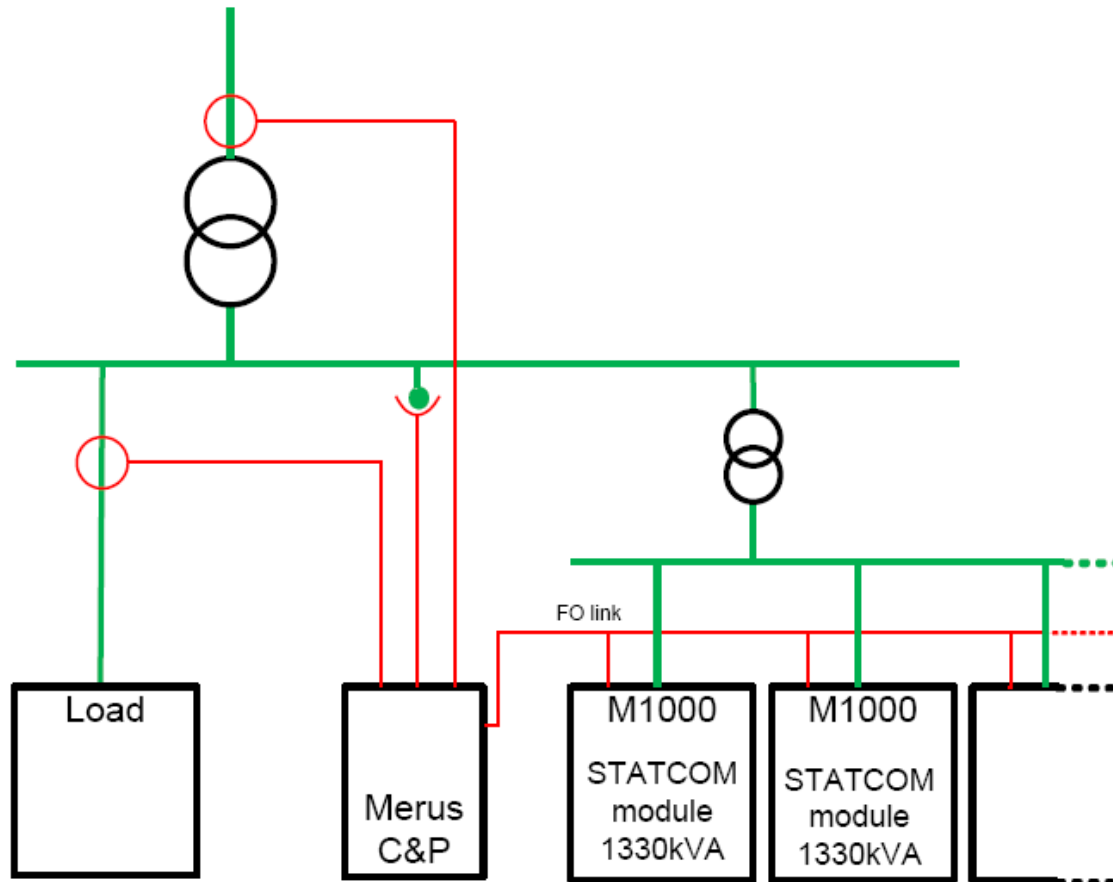
Építhetünk automatikus
kompenzáló állomást





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

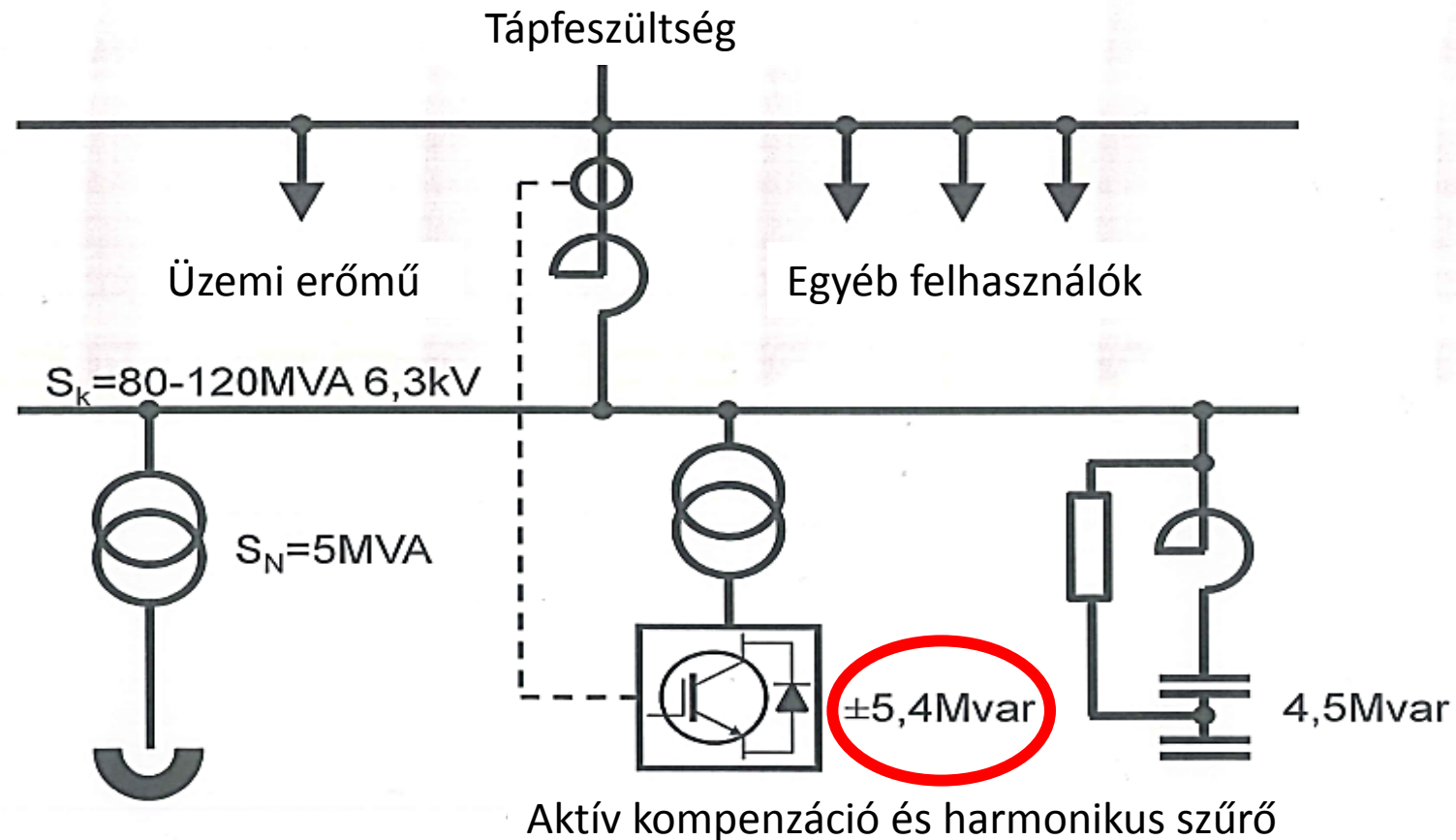
A „**STATCOM**” az extrém meddőenergia szabályozás rendszere





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

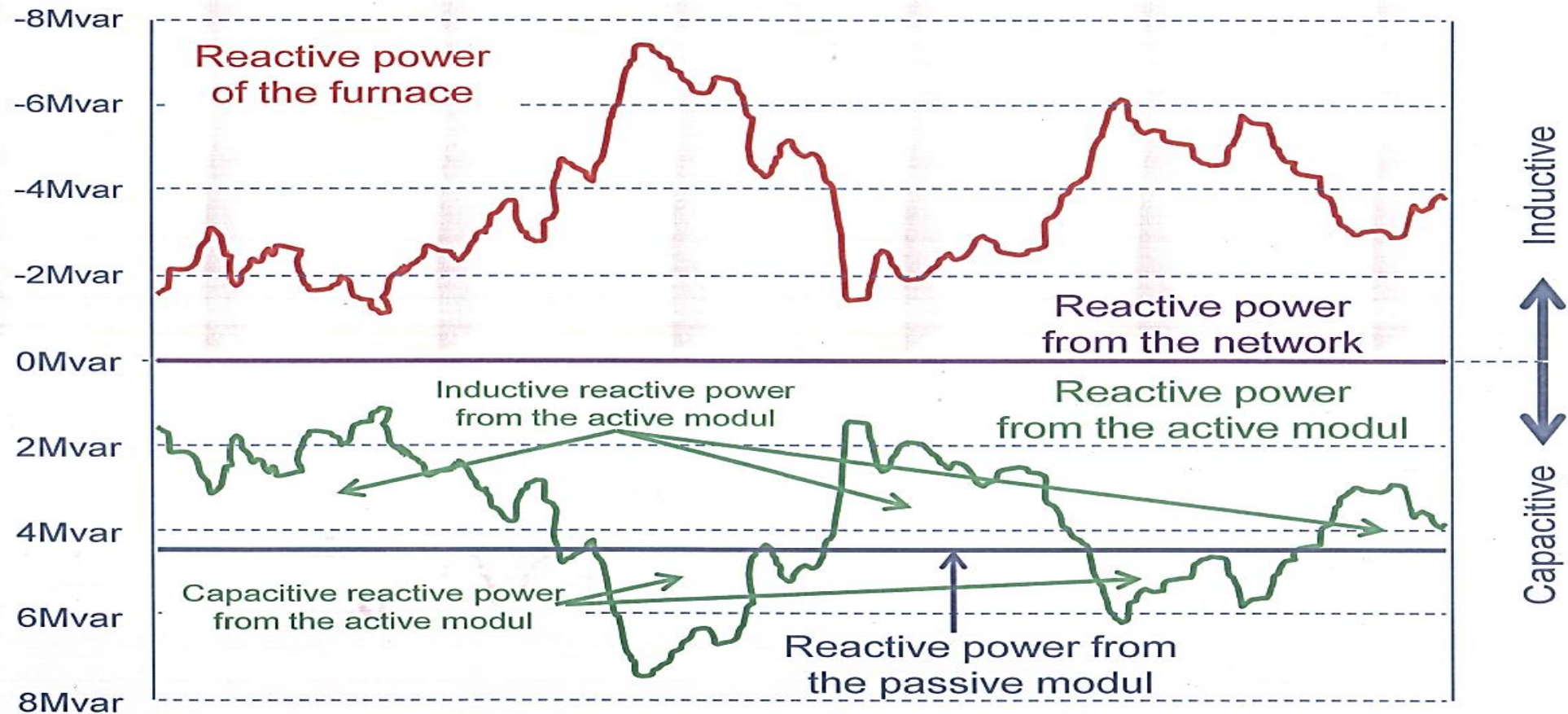
Példa a „**STATCOM**” meddőenergia szabályozó felépítésére:





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A „**STATCOM**” meddőenergia szabályozó rendszer működése:



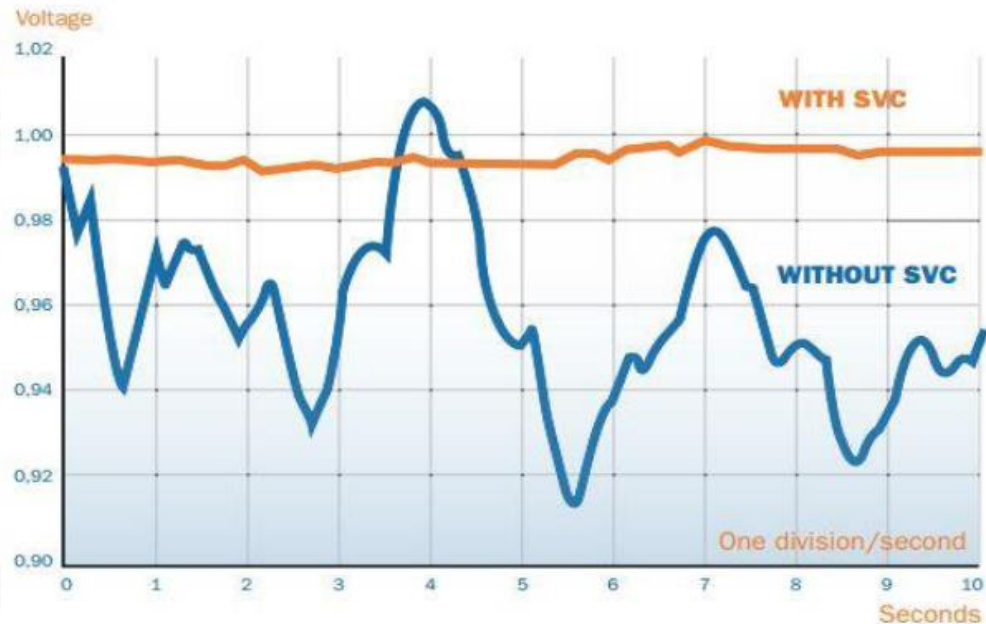


5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Gyakorlati alkalmazási példa:

Elektromos ívkemencék üzeme

Merus STATCOM + SVC rendszer





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A **MERUS „STATCOM”** szűrő **valós időben, egyidejűleg alkalmas** az alábbi feladatok ellátására:

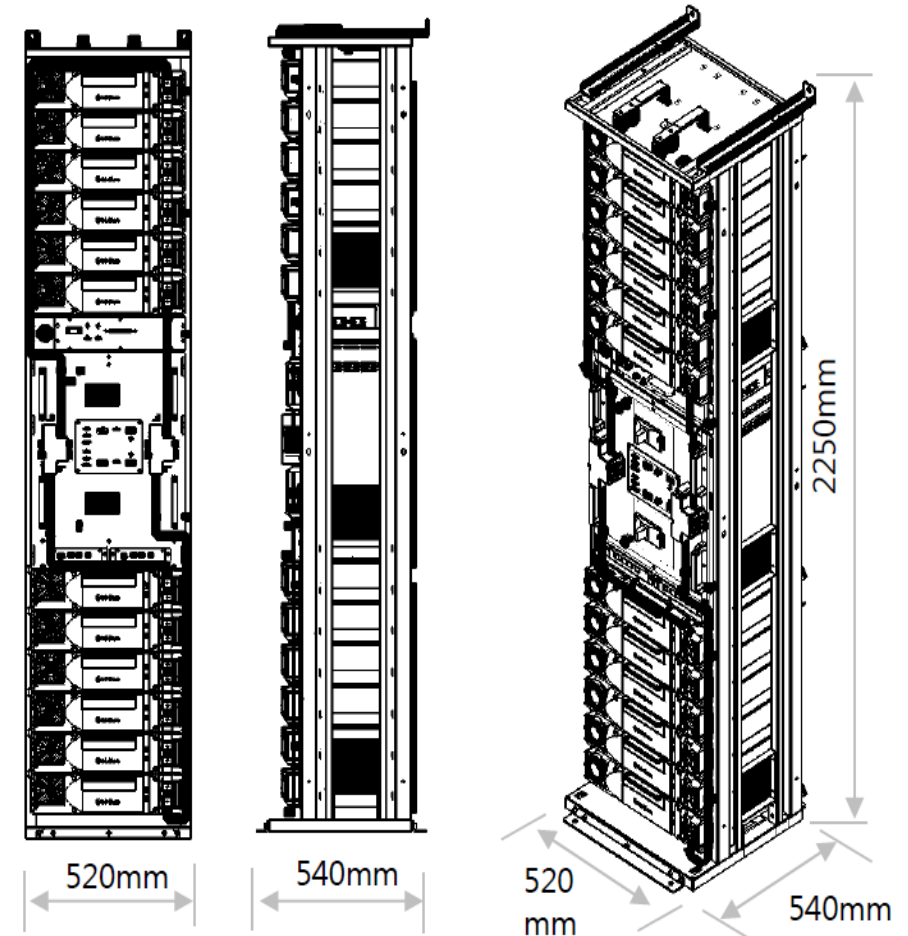
- **valós idejű, $t < 100\mu\text{sec}$** beavatkozási sebesség
- **flicker** (villogás), a ciklikus feszültség hullámzás kivédésére
- **harmonikus** zavarok kompenzálására
- terhelési **aszimmetriák** kiegyenlítésére, valamint
- a **meddőteljesítmény $4/4$ -es kompenzálására**
- minimális, **terheléstől függő teljesítmény veszteség**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A **MERUS** rendszerben cseréljük ki az energiatároló kondenzátorokat **NMC*** vagy **LFP**** alapú Li-Ion akkumulátorra, az eredményként egy új elem, a „**PCS**” az energiaszlop áll rendelkezésre.

A Lithium Ion oszlopokkal, **28kWó**, azaz **280kW**-os csatlakozási teljesítményű egység alakítható ki. Minden oszlop rendelkezik önálló, az energiatároló elemek működését vezérlő elektronikus felügyeleti rendszerrel

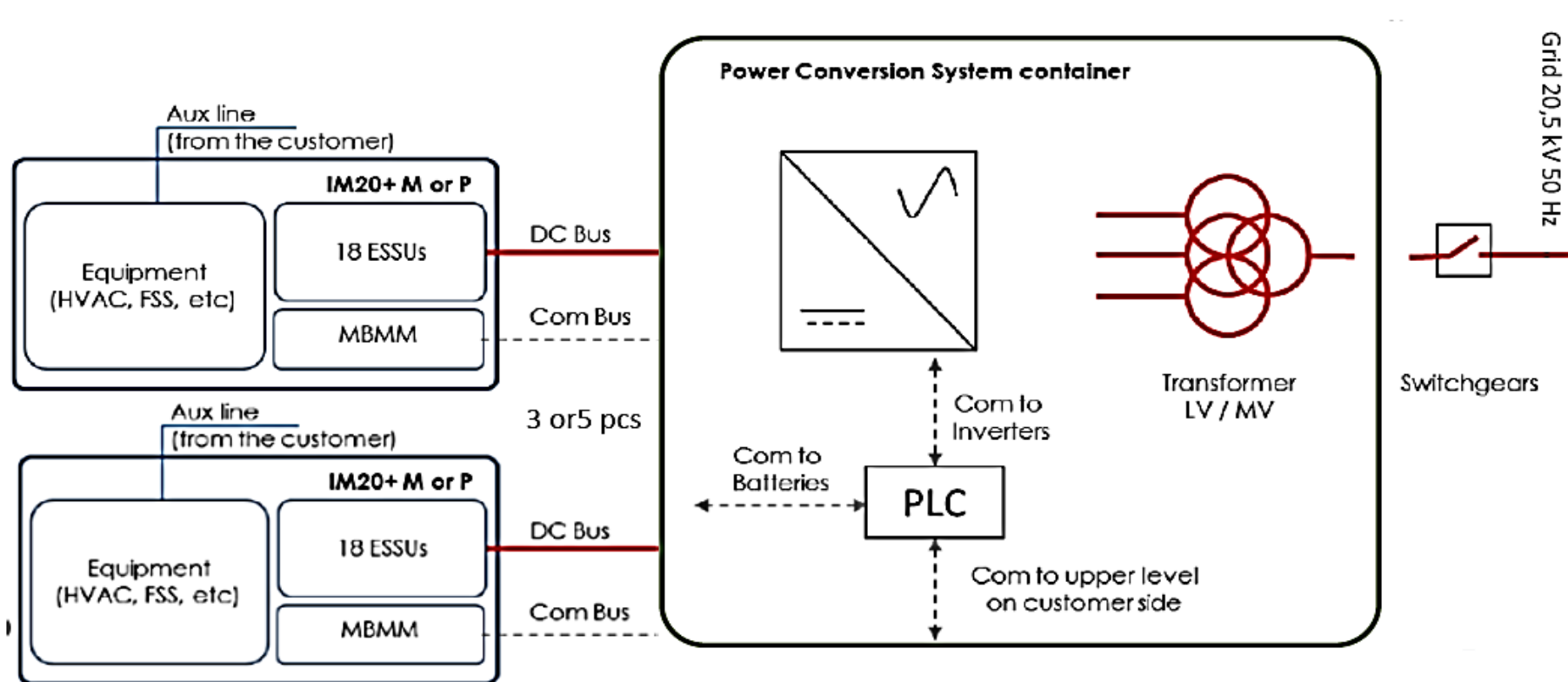


A feltüntetett rövidítések értelmezése: * **NMC** Lithium-Nikkel-Mangán-Kobalt ** **LFP** Lítium-Acél-Foszfát



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

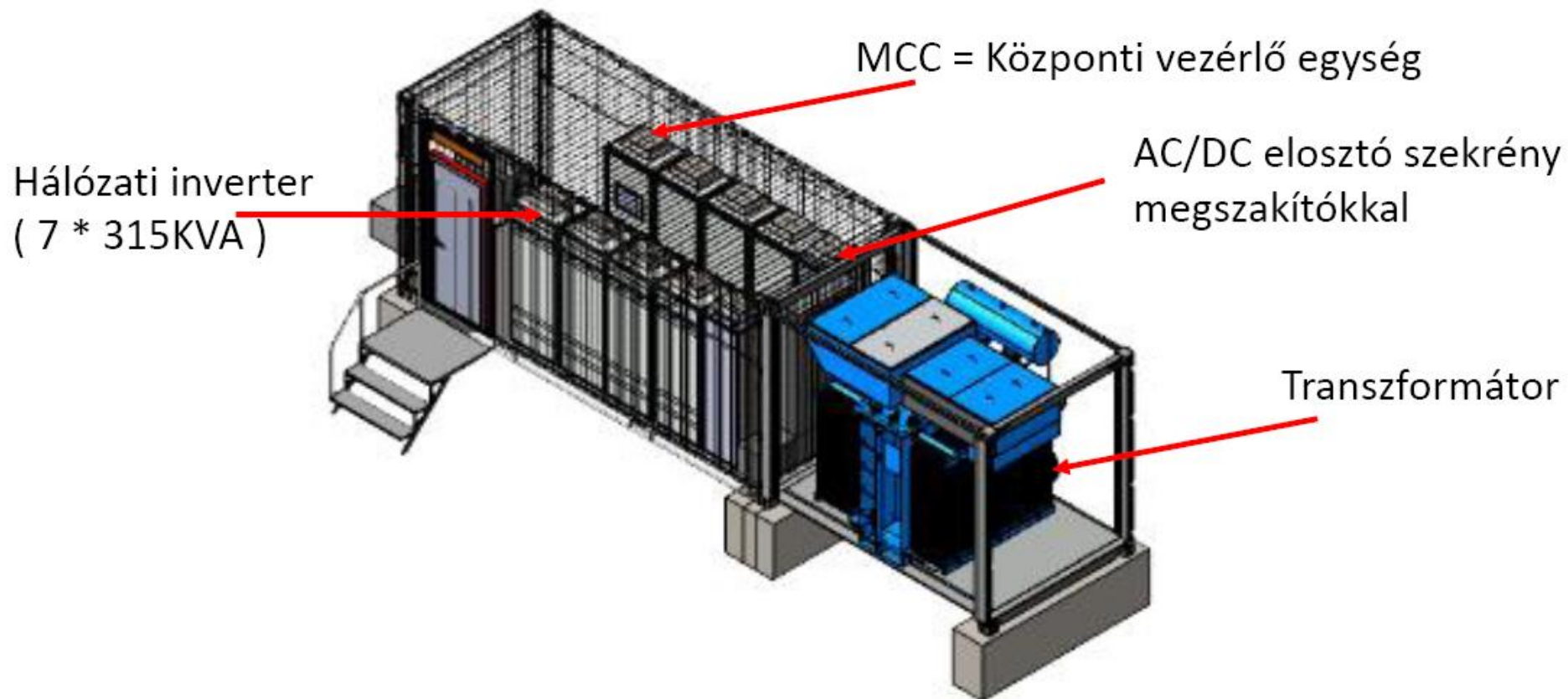
Az energiatároló, az „**ESS**” felépítése:





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az „**ESS**” energiatároló rendszer kialakítása:





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

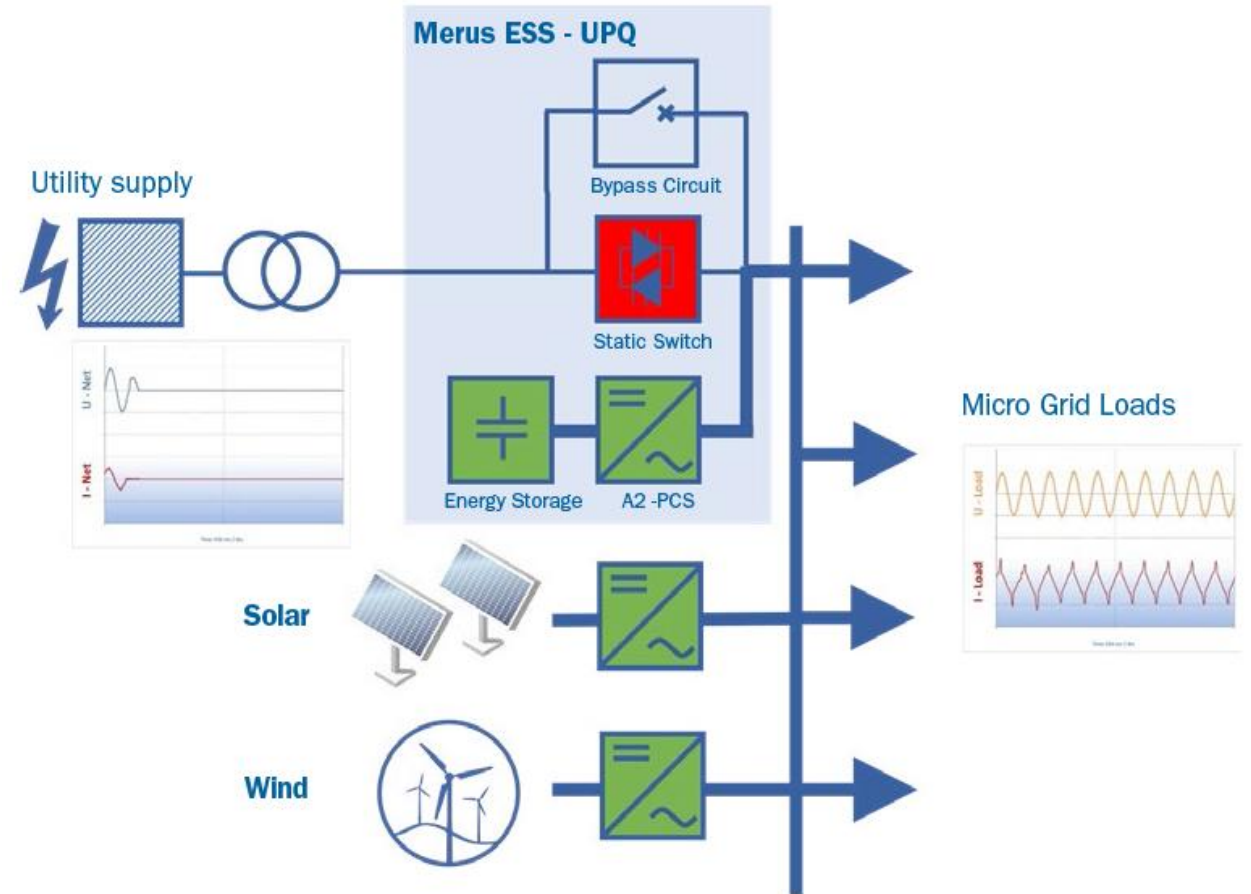
Új termék, az „**ESS**”

Az **EU** szerint energiatároló a foto-voltaikus-, a szél erőmű, az optimális energiatermelés, a **TSO / DSO** vezérlés céljára

Egységjeljesítmény: **2-25MW**

Tárolt energia: **5-50MWó**

Tároló elem: időtartam szerint
LTO vagy **Li-Ion** elem

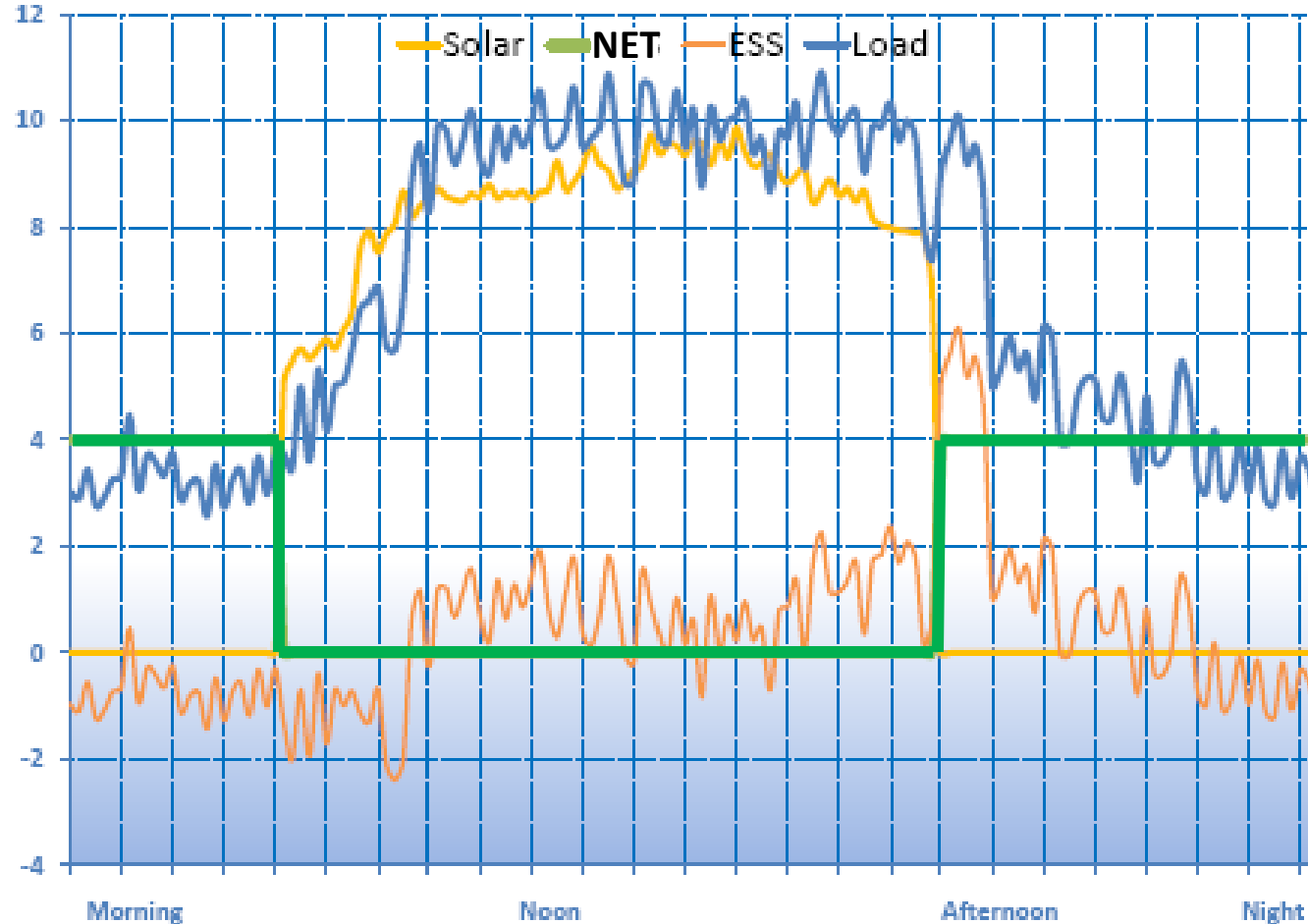




5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az „**ESS**” prioritás elvű vezérlése biztosítja, hogy a **megújuló energia termelés függvényében** minimalizáljuk a fosszilis eredetű energia felhasználását.

Megvalósítható a „**zéró**” **energia egyenleg** a felhasználói igény és az energiatermelés között!





5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az „**ESS**”-t telepíthetjük a villamosenergia elosztó hálózatra mint energiatároló egységet mely alkalmas az alternatív energiaforrások nagy teljesítményű, gyors termelésváltozásának kiegyenlítésére, ezáltal **a hálózati frekvencia stabilitásának megőrzésére (AFC)**!

A nagy egységteljesítményű 5-10MW, vagy akár nagyobb csatlakozási teljesítményű rendszerek és a szükség szerinti, akár több 10MWó méretű energiatárolók képesek felvenni, tárolni a termelési többletet és visszaadni, amikor az alternatív energiaforrások nem vagy korlátozottan állnak rendelkezésre!



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az „**ESS**” alkalmazás célszerű, mivel a Iparügyi-, Technológiai Minisztérium (ITM) célmeghatározása szerint a Magyarországi fotovoltaikus (PV) rendszerek elvárt teljesítményét:

- 2020.-ig 1.500MW
- 2030.-ig 6.000MW
- 2040.-ig 14.000MW

értékben határozta meg, miközben az energia deficit kevesebb, mint 2.500MW! A PV rendszerek teljesítményváltozásainak kompenzálására a jelenlegi TSO/DSO rendszer alkalmatlan!



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Foglaljuk össze az innovatív védekezési lehetőségeit:

- **Harmonikus** zavarszűrés **0.-50.** a Nulla/PEN vezetőben is -> **A2**
- **feszültség-, terhelés** és $4/4$ -es **meddőkompenzáció**, akár **50-60Hz** hálózaton, **TN és IT** érintésvédelem esetén -> **A2**
- **Szünetmentes** energiaellátás **~2sec**-től akár több óráig -> **UPQ**
- **Flicker** (villogás) **kompenzáció** -> **A2 / STATCOM**
- **Villamosenergia** tárolás **35kV** és **~30MVA** értékig -> **PCS**
- **Alternatív erőműi termelés és frekvencia szabályozás** -> **ESS**



5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Konklúzió:

A villamos hálózaton a nemlineáris elemek működéséből származó anomáliák elleni védekezéshez az elavult, hatástalan eszközök helyett **költséghatékony innovatív rendszerek is rendelkezésre állnak!**

Ezek a rendszerek – példánkban – akár egyetlen, energia-veszteségre optimalizált termékcsaládból is tervezhetők és alkalmazhatók a harmonikus zavorszűréstől a komplett energiatároló rendszerig, beleértve az alternatív erőművek komplex prioritáskezelő és terhelés optimalizáló eszközeit is!

Villamos hálózatok minőségi problémái

Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége az 5. résznek

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A jelenlegi műszaki állapotok feltárása

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A szabvány ajánlásai és a rendelkezésre álló technikai eszközök mellett hol tartunk most az anomáliák elleni védekezésben?

Szívesen számolunk be sikeres műszaki megoldásokról, de a jelenlegi műszaki állapotok megismeréséhez és értékeléséhez vizsgáljuk meg, mennyire ismerjük fel az anomáliákat és hogyan alkalmazzuk az innovatív eszközöket a gyakorlatban.

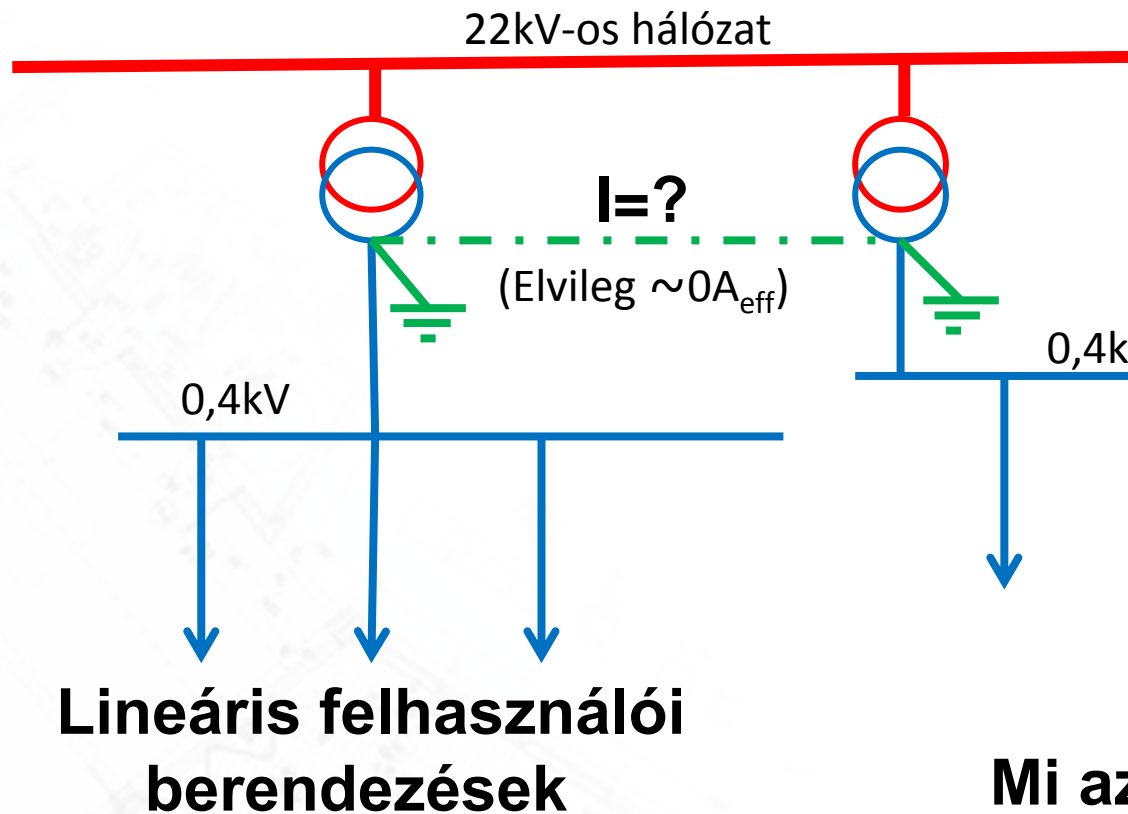
Sajnos a GDPR szabályozás a nevesítéseket tiltja, így csak annyit mondhatunk, példáink termelő cégek, múzeumok, irodaházak, és raktárak stb. vizsgálatakor feltárt valós hibák elemzésein alapulnak.



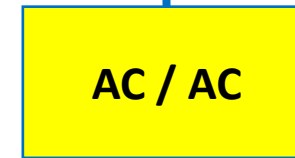
6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

1, Felismerés:

Tervezzünk üzemi hálózatot..



Vegyesen alkalmazott lineáris-
és nemlineáris, szenzitív
felhasználói berendezések



Mi az ami közös? A PE/PEN/Nulla vezető!



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Mi az, amit azonnal fel kell ismerni?

- a nemlineáris elemek jelenlétét:

Elektronikus teljesítményszabályozású elemek, UPS, LED stb.

- a csillagponti potenciál eltolódást, a lehetséges földáramot:

A torzult Nulla/PEN vezetői áram gerjedési jelenséget okoznak

- a felhasználói berendezések zavarérzékenységét:

Az automata gyártósorok nem viselik el sem a $t < 0,5\text{sec}$

időtartamú kimaradást, sem a $>10\%$ -os feszültség ingadozást



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A hálózati anomáliák kialakulása miatt lényeges:

- **Nulla/PEN** vezetéken fellépő potenciálkülönbségek okozta ismeretlen mértékű, torzult, **harmonikus zavarral terhelt áram tehát a sztohasztikus jelenségek kialakulásának fő előidézője**
- a nemlineáris elemek miatt vélelmezhető, ténylegesen is kialakuló kapacitív meddőáram esetén **nincs természetes csillapító elem**
- a védelmi és kapcsoló berendezések üzemszerűen alkalmatlanok a **kapacitív áramok** – különösen a túláramok - **megszakítására**



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

1, A mérés:

A jogszabályok – helyesen - a tudás és a gyakorlat alapján rögzítik a tervezők, műszaki vezetők és a műszaki ellenőrök jogosultságait.

Gyakorlati szakemberek részére meglepő lehet, de sajnálatos tény, a műszaki paramétereket meghatározó szabványok sora nem rendelkezik arról, ki jogosult mérni és értékelni a hálózati paramétereket. A műszer gyártók leírásai szerint az „**olcsó**” berendezéseik mindent (is!) tudnak, s van, aki ennek hitelt is ad!

Lehet TRABANT áron luxus kategóriás gépkocsit vásárolni?



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Nézzünk egy példát a mérést végző által elkövetett problémára:

Egy szenzitív felhasználónál a **22kV-os átkapcsoló automatika** indokolatlan működései miatt a Megrendelő objektív mérésre alapozott szakmai, tényfeltáró vizsgálatot és ez objektív hiba meghatározás alapján tényleges megoldási javaslatot igényelt.

A kiválasztott vállalkozást – állítólag - az egyik egyetem munkatársa is támogatja, PR munkája után ismert, már szakmai cikket is írtak...

A helyes értékeléshez alkalmaznunk kell a „tudás” faktort!

Kérem, hogy csak a hibára figyeljenek, a mérést végző lényegtelen!



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A vállalkozó a jegyzőkönyvében rögzítette:

- a **mérés célját**: *„a létesítményben található alelosztókban elhelyezett feszültségfigyelő relék által adott hibajelzések megmagyarázhatatlanul magas számának lehetséges okainak felderítése”*
- a **vizsgálati pontok számát és helyét**

A helyes működéséhez tartozó műszaki paramétert nem rögzítette, a mérés értékelésekor viszont már azt írta le, hogy **csupán az egyik mérési pont eredményét** kívánja **„általánosítva”** értékelni (!?).



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A jegyzőkönyvet látva tegyük fel a kérdést: hol és mit ellenőrzött?

A mérési mód és eredmények	: <u>Megfelel az MSZ EN 50160 szabványnak</u>
Tápfeszültség	: 230 V \pm 20% , 50/60 Hz
Fogyasztás	: max. 40 W
Tápfesz. mentes működés	: kb. 30 perc
Mérési csatlakoztatás	: 4 huzalos (lakatfogó max 120 mm-es sínhez)
Árammérési tartomány	: AC.:max 5000A
Feszültségmérési tartomány	: AC.: 600 V RMS, 1...600 Hz
Regisztrálási időköz	: 1 perc
Mintavétel RMS méréshez	: 2560 minta 10 ciklusból
Eseményregisztrálás száma	: <u>max. 1000 minta (10 periódus/mintánként)</u>
Tranziens mérés	: 2000 V csúcs 4 csatornán, min 0.5 μ s mintavétel
Tranziens mérés pontossága	: \pm 5% rdg.
Gyors feszültségváltozások	: fél periódus (10 ms) RMS méréséből
Harmonikus kiért. módszer	: gyors Fourier transzformáció
Feszültségmérés pontossága	: \pm 0.2% rdg. \pm 0.1% f.s
Árammérés pontossága	: \pm 0.2% rdg. \pm 0.1% f.s. + lakatfogó pontossága
Lakatfogó pontossága	: \pm 1% rdg. \pm 0.01% f.s.% \pm egy digit
Lakatfogó szöghibája	: 1° vagy kevesebb
Megfelelőségi szabványok	: <u>Biztonság: EN611010-1:1993+A2:1995</u> EMC: EN61326-1:1997+A1:1998 classA EN61000-3-2:1995+A1:1998+A2:1998

Hol vezett el a többi előírás?

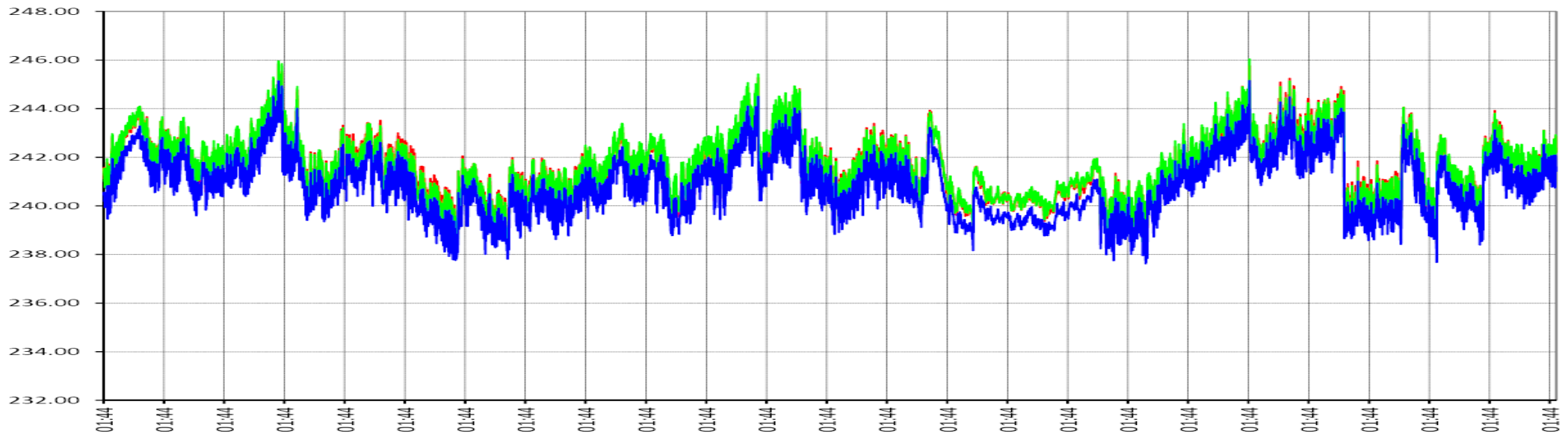
10.000-ből mi lehet ez az 1.000 esemény?

A műszerre vonatkozik!



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A feszültség figyelő relé vizsgálatához – az anomáliák a mérés ideje alatt is érzékelhetők voltak – **ez az egy** feszültség diagram készült:

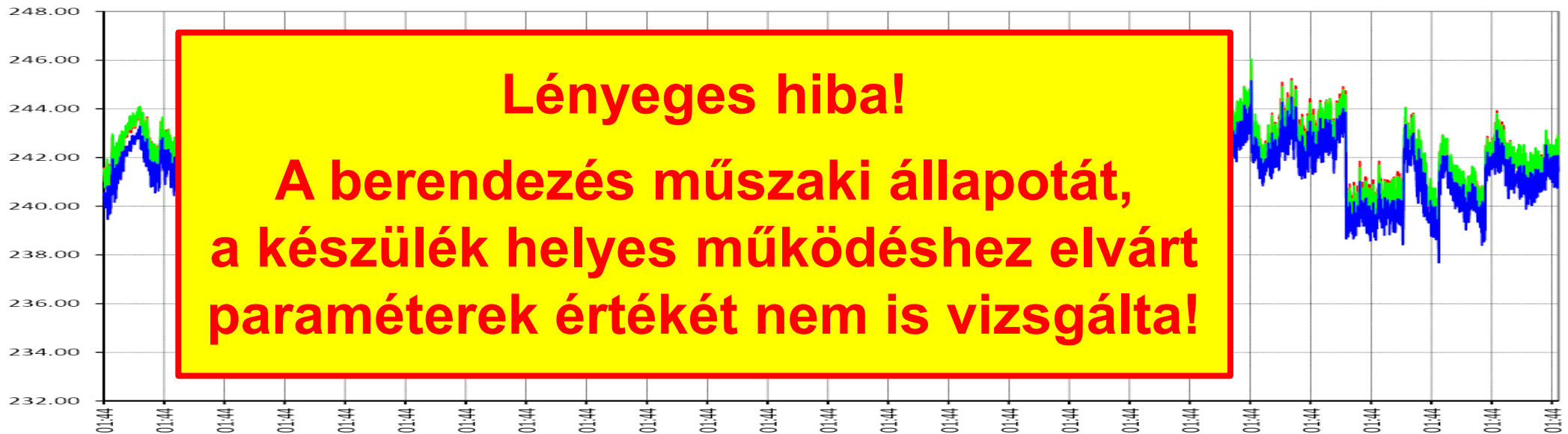


Kérdés: Mikor- és hol volt a mérés és mi a helyes értéktartomány?



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A feszültség figyelő relé vizsgálatához – az anomáliák a mérés ideje alatt is érzékelhetők voltak – **ez az egy** feszültség diagram készült:



Kérdés: Mikor- és hol volt a mérés és mi a helyes értéktartomány?



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A hiba okát – kizárólag az **MSz EN 50160** szabvány adatai alapján - nem találta, bár megállapította, hogy *„Az áram felharmonikus tartalma azonban meglehetősen magasnak mondható.”*

Megoldás: Az anomália kiváltója a nulla vezetéki potenciál volt!

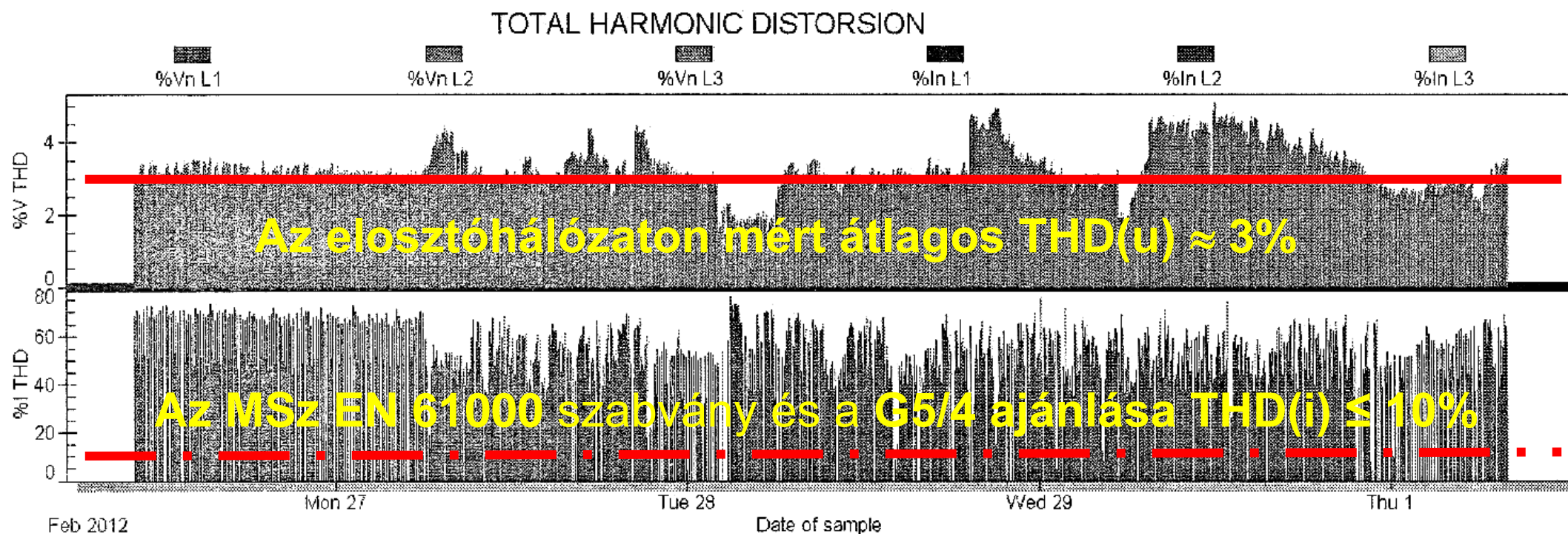
A legnagyobb hiba – reprodukálhatatlanságon túl – annak ténye, **bár a feszültség figyelő relé működését vállalták vizsgálni, azonban – annak típusán kívül – a működés elvárt feltételeit, vagy a hálózati feszültség valós értékét nem is ellenőrizték!**

Bizonyítható a szakmai ismeretek és **„tudás faktor”** teljes hiánya...



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

2, **Értékelés:** Más esetben ez került rögzítésre a betápláláson:



Act : 2012.02.26. 10:19:24
Act : 3.0 (%V THD)

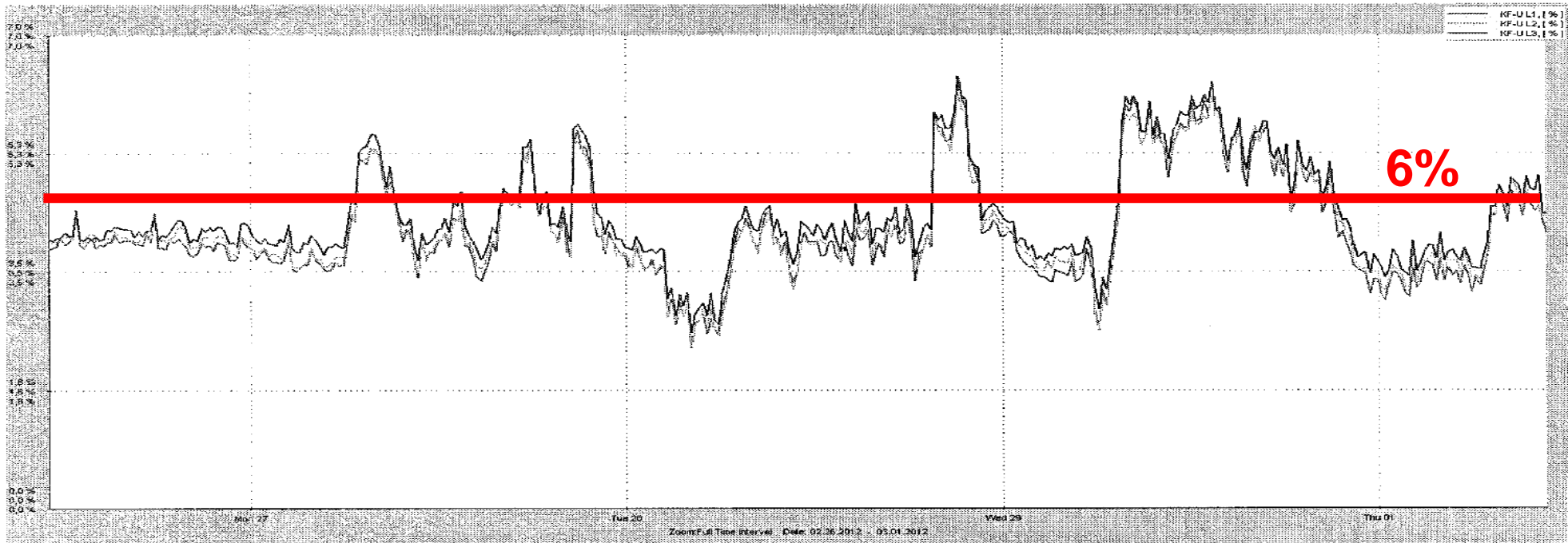
Selected Variable: %Vn L1
From : 2012.02.26. 10:19:24
Maximum : 4.9 (%V THD)

To : 2012.03.01. 07:50:00
Minimum : 1.4 (%V THD)



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A **THD(u)** talán még jó, de a **THD(i)**? Ekkor közelebb mentek a zavar forrásához, azt mindössze 10percig vizsgálva(!) ezt sikerült regisztrálni:



A **THD(u)** 3%-ról 6%-ra nőtt, az értékelés szerint **nincs zavar** a hálózaton..



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

3, A kompenzálás kiválasztása: a beszerzési eljárások csapdája

- legtöbbször szakmai részekre bontják a rendszer egészét, ezért nem látható a feladat, mindenki egyedileg küzd az üzleti sikerért
- a költségvetési kiírások már tartalmazzák a **terméket beszállító meghatározását**, ennek betartása jelentős befolyásoló tényező
- meghatározó a **beszerzési költsége**, ezért „elveszhet” a műszaki tartalom, a megfelelő paraméterű termékre áttevezési idő nincs!
- **az ajánlat műszaki tartalmát a Beruházó nem vonja kétségbe!**



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A beszerzési eljárás így jelentősen **megköti a kivitelezők kezét**, de a **Tervező is kaphat** a lehetséges beszállítóktól kedvező ajánlatot:

- alacsony beszerzési költségű termék, a karbantartás meg úgy is kötelező, egyébként is így szoktuk! Ezzel nyílik lehetőség **olcsó, gyenge minőségű** vagy **szükségtelen eszköz beépítésére is!**
- A **beszállító** segít, leír, kiválaszt, méretez, díjmentesen tervez, de csak a saját termékeiből, a „**tudás faktor**” teljes kizárásával!
A berendezés megfelelőségét nem is vizsgálja, mert **kizárólag a nyereség maximalizálását preferálja...**



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

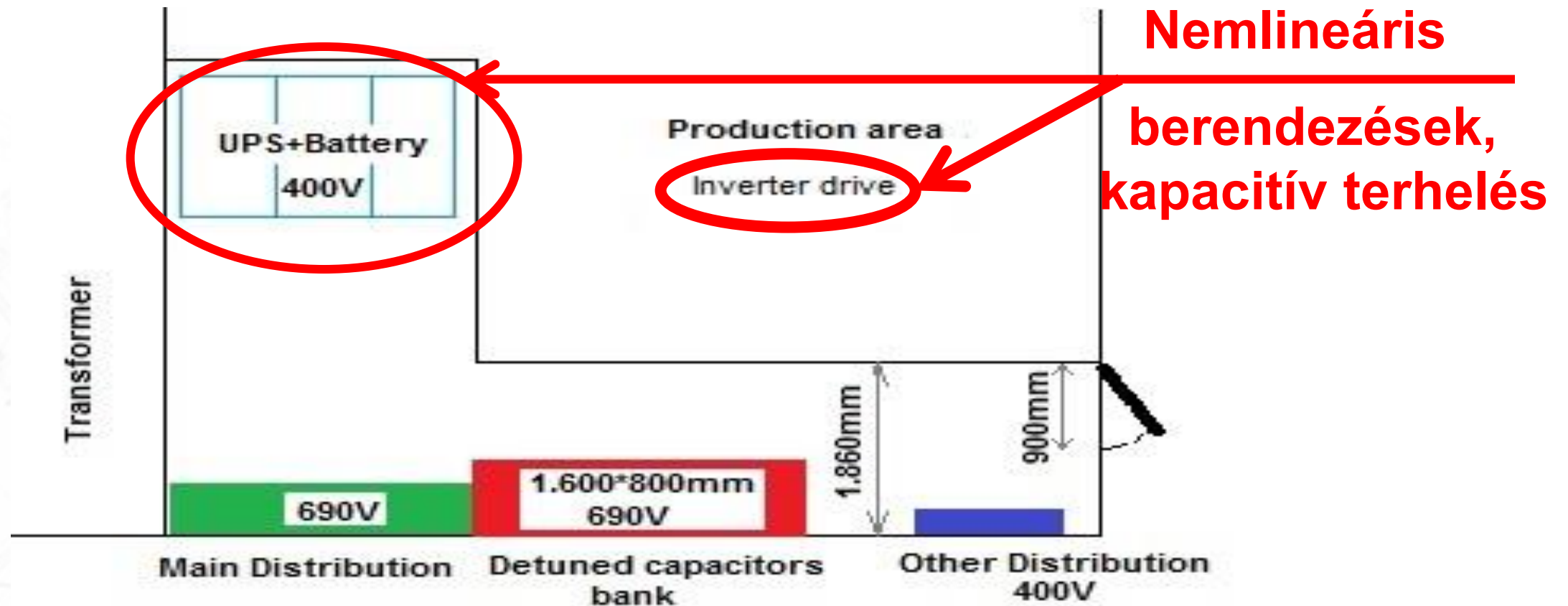
Beépítettek **900kVAr** hagyományos fázisjavító berendezés. **Miért?**





6. Kompenzáció gyakorlati tapasztalatai

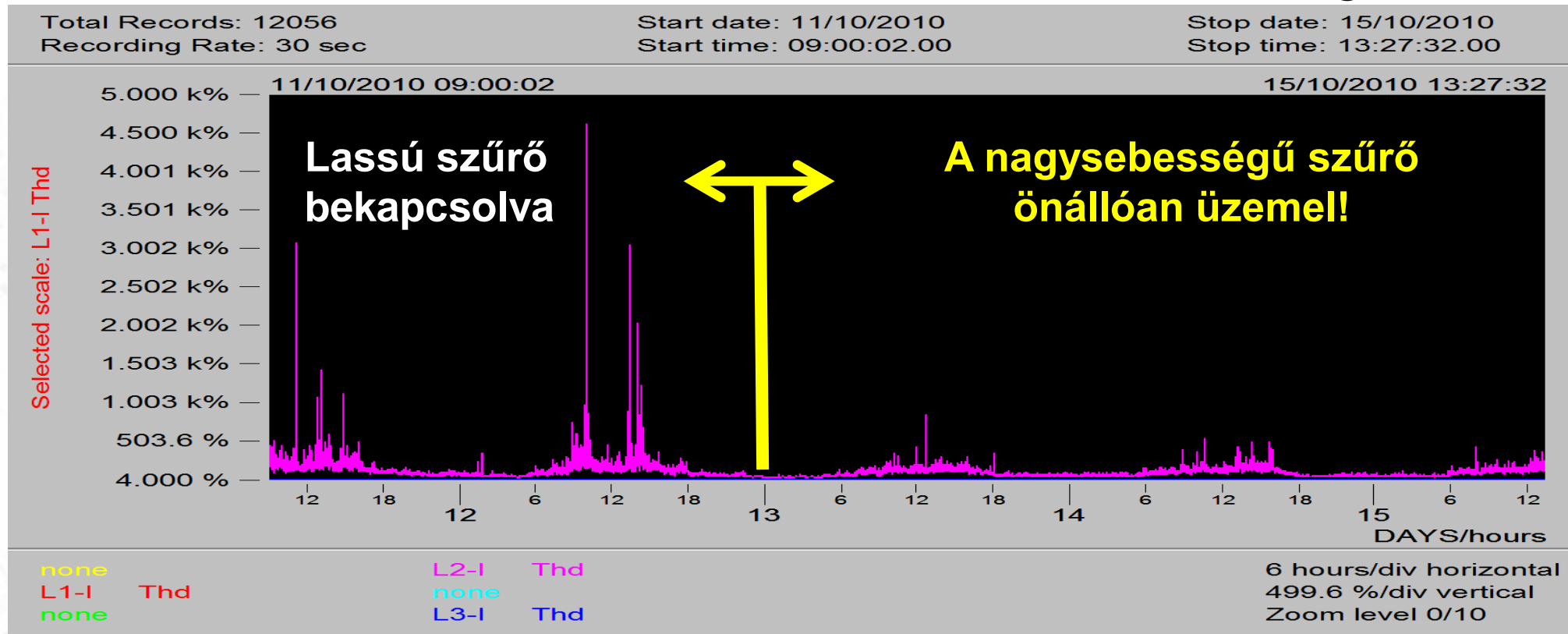
.. mert a környezetet nem vizsgálták, a beszállítói érdek döntött!





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A bővítésnél itt is a **beszállítói érdek döntött**, a kivitelező olcsóbb, lassú eszközt alkalmazott. A hibát az ellenőrző mérés igazolta:

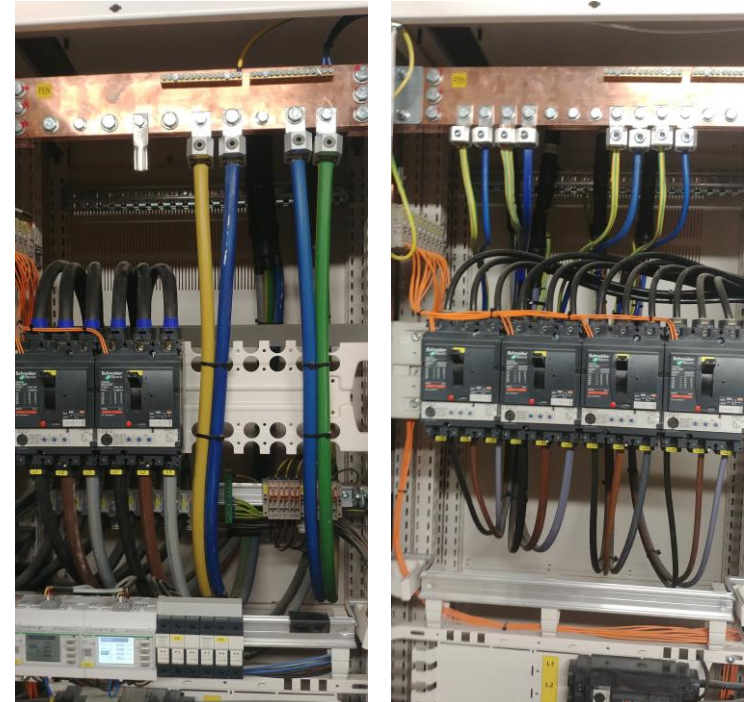




6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Nézzünk olyan példát is, amikor a Tervező kolléga helyesen döntött. Munkája során előírta, hogy a kivitelezést követően zavarvizsgálati mérést kell végezni, a kompenzálást is figyelembe véve a TN-C-S érintésvédelmet határozta meg.

A szekrény gyártója – a magas réz ár miatt – úgy döntött, elég a TN-C, mint érintésvédelmi mód, de a terv szerinti kivitelezést igazolta, a kivitelező szakembere (?) viszont nem szólt semmit, bekötötte az elmenő kábeleket...





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Történetünk csattanója: nincs nyoma, hogy a kivitelezést irányító- és megvalósító, vagy azt ellenőrző bár melyik „szakember” tett volna észrevételt a tervtől eltérő kivitelezés ellen! Gyors vizsgálatot követően beépítettek egy lassú működésű aktív harmonikus zavaroszűrőt, mely **igazolhatóan működik**, azonban

- képtelen a nap minden szakában a jeltorzítás kompenzálására
- tehetetlen sztochasztikus jelenségekkel szemben
- egyébként is teljesítményében elégtelen, rosszul méretezett

Az eredmény: fantom hibák, összeomló hálózat, jelentős kár...



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Látszólag három esetet rögzítettünk, melynél kizárólag **a beszállítói érdek döntött**, de Önök is tudják, az esetek száma rengeteg!

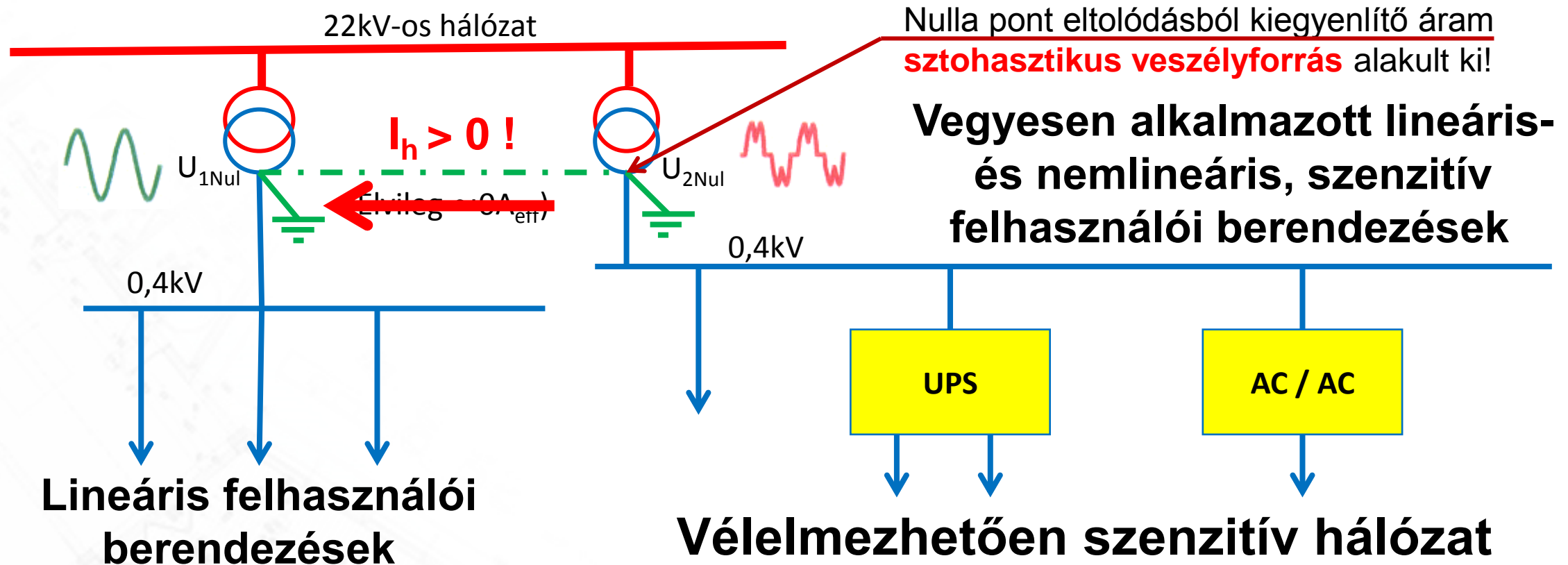
A **Tervező munkáját befolyásolja a Megrendelő** – névre szóló – **elvárása**, valamint munkájához kapott beszállítói támogatás ténye. Sajnos **a kivitelező helyzete sem jobb**, nem végeznek műszaki összehasonlítást, marad a „**baráti**” információ és **a sokszor valótlan adatokat nyújtó beszállítók „meggyőző” támogatása**.

A tervező, a műszaki ellenőr és a kivitelező büntetőjogi felelőssége azonban a rendszer átépítéséig fenn áll!



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Hogyan ismerjük fel a veszélyforrásokat?





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

4, Hogyan alakul ki a sztohasztikus – véletlenszerű - esemény

- harmonikus zavarok **0.-50.-ig** torzult a **Nulla/PEN** áram **gerjedés lehetősége, azaz sztohasztikus veszélyforrás**
- **túlkompenzálttá** vált a hálózat kapacitív hálózaton **csillapítás nélküli a zavarterjedés, illetve a hibaáram nehezen oltható!**
- érzékeny a feszültség letörésre **50kVA alatt** az UPS, felette már az **UPQ** alkalmazása javasolt



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Konklúzió:

A **TN** érintésvédelmi mód esetén a sztohasztikus jelenség jelentős részét a **Nulla/PE/PEN** vezetéken a földhöz mért potenciálkülönbség miatt kialakult, ismeretlen effektív értékű- és torzulású kiegyenlítő áramok generálják!

Kisfeszültségű, közvetlenül földelt – **TN** - hálózaton a **nulla vezetői áram kompenzálást** a véletlenszerű események megakadályozása érdekében **mindig tekintsük kötelező feladatnak, alkalmazzunk a 3 és 4 vezetékes üzemmód között átkapcsolható zavarszűrőt!**



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Meghatározások a sztohasztikus zavarok elleni védekezéshez:

- a harmonikus zavarszűrő részére csatlakozási pont kiépítése a főelosztókban olyan minimális többletköltség, mely **a beruházás költségeit érdemben nem befolyásolja**
- több zavarforrás vagy több betáplálás esetén a **Nulla/PEN** vezetőkben a földhöz mérten több, eltérő spektrumú **nulla ponti potenciál és áram** alakul ki. Az **ismeretlen nulla áram hatására sztohasztikus jelenségek lépnek fel**, ezeket kompenzálni kell



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

- az UPS és frekvenciaváltós hajtást alkalmazó technológiák és a **LED** fényforrások alkalmazása esetén a hagyományos-, vagy a hibrid fázisjavítás helyett $4/4$ -es **meddőkompenzálás** szükséges
- Tervezői feladat a **flicker** védelem szükségességének elbírálása, nagy teljesítményű rendszerek esetén a védelemre a $P_{DMax} \sim 1\%$ veszteségű **STATCOM** rendszer ajánlható
- Szenzitív technológia alkalmazásakor a **harmonikus zavaroszűrő egység beépítése kötelező!**



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Ismerjük meg **a műszakilag nem ajánlható megoldásokat:**

- **hagyományos** elven működő **kondenzátoros** és / vagy **induktív** elemet tartalmazó – ún. „hibrid” - fázisjavító berendezések
- a $\geq 100\mu\text{sec}$ **sebességű** vagy a **nulla áramot nem kompenzáló** aktív berendezés, mert nem véd a sztohasztikus jelenségek ellen
- $P_{D\text{Max}} > 2,3\%$ -os hő-veszteségű, vagy korlátozott, nem bővíthető teljesítményű zavaroszűrők alkalmazása már gazdaságtalan
- az **EU közösségen kívüli** beszállítók a hiányzó garanciák, kétes minőség, elhúzódo javítások, szolgáltatási biztonság hiánya miatt



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Hogyan jelennek meg a „**nem ajánlható**” termékek?

- a **Tervezők** – tudásuk- és az üzemeltetői elvárások alapján - az optimális műszaki paraméterű berendezés alkalmazását írják elő
- a **Beruházók** költség optimalizálást igényelnek, emiatt gyakran elfogadják a **beszállítók** „**Mi megcsináljuk helyetted!**” ajánlásait
- a **Kivitelező** – baráti kapcsolatokkal, a valós műszaki elvárások ismerete nélkül – **keres és kap olcsó** beszállítói ajánlatot

A Beruházó részére az üzemeltetői elvárások ekkor vesztek el!



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Mi a baj a baráti kapcsolatok termékeivel? Közel **50 éves** munkám során egy mondatot megtanultam helyesen értelmezni és kezelni:

Termékünket „XY”, a nagy nevű gyártó készítette!

A „**tudás faktor**” szerint a legnevesebb gyártók is készítenek:

- **gyenge minőségű**, kommersz terméket (tömeggyártás)
- **hibás műszaki paraméterű**, alkalmatlan terméket (visszahívás)
- a specializált-, vagy „**start up**” gyártóknál **rosszabb paraméterű termékeket** is! (költségminimalizálás, „még eladható” termék)



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A nemlineáris elemek gyors terjedése fokozottan igényli a hálózati zavarok és anomáliák elleni magas szintű védekezést.

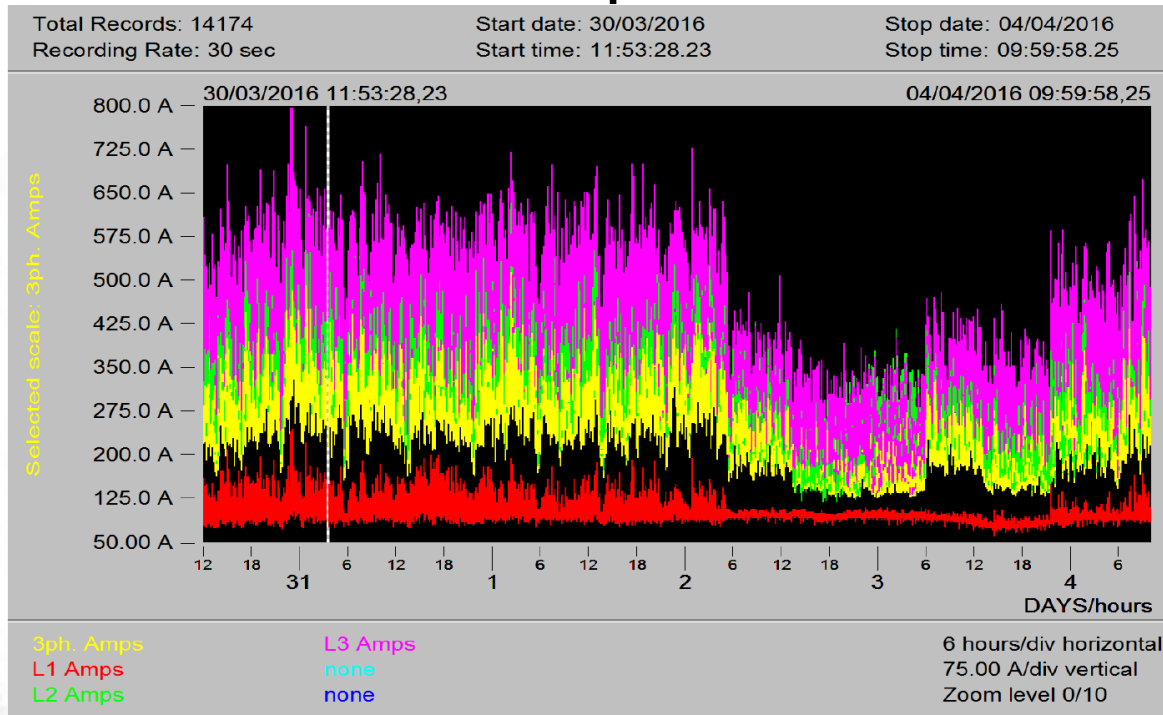
A védelmek megvalósításakor - a hagyományos, illetve a műszakilag már nem megfelelő, valamint nagy energiaveszteségű eszközök alkalmazását felülbírálni célszerű – az innováció eredményeit alkalmazó megoldás lehet kiemelten hatékony!

Bemutattuk a korszerű eszközöket a méréstől a beavatkozásig az anomáliák elleni küzdelem területére, de nem feledkezhetünk meg az állítások bizonyításáról, az ellenőrző mérések szerepének fontosságáról sem.



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

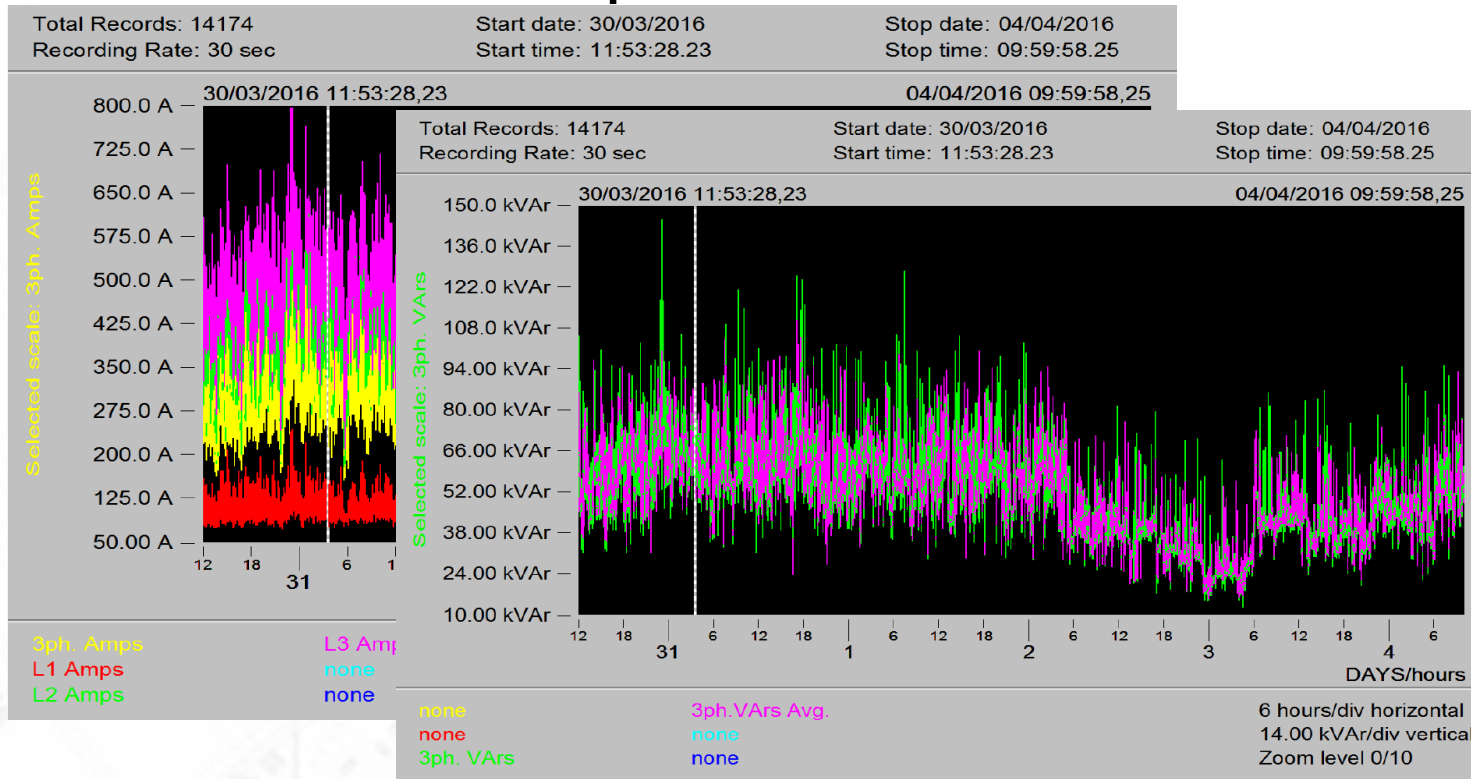
Nézzünk konkrét példát, ezek a beavatkozás előtt mért adatok:





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

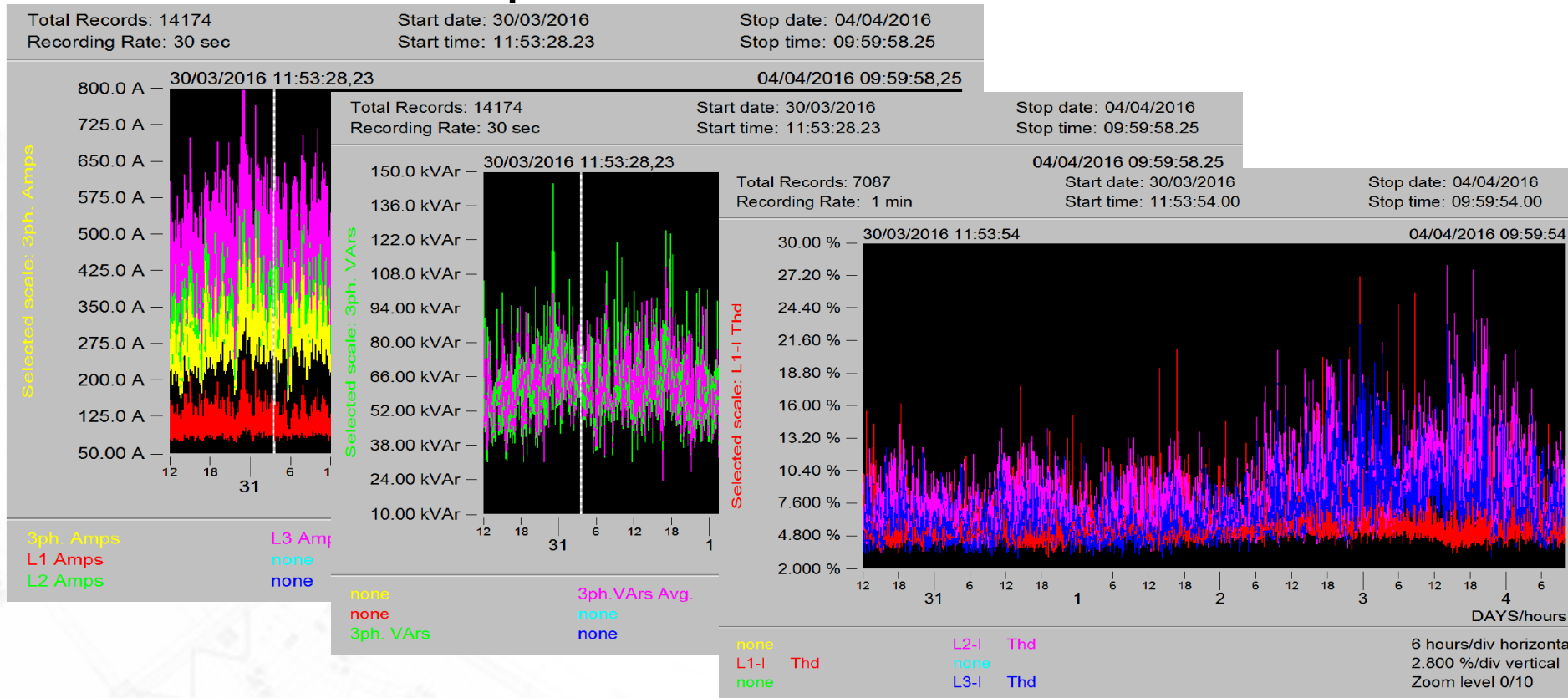
Nézzünk konkrét példát, ezek a beavatkozás előtt mért adatok:





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

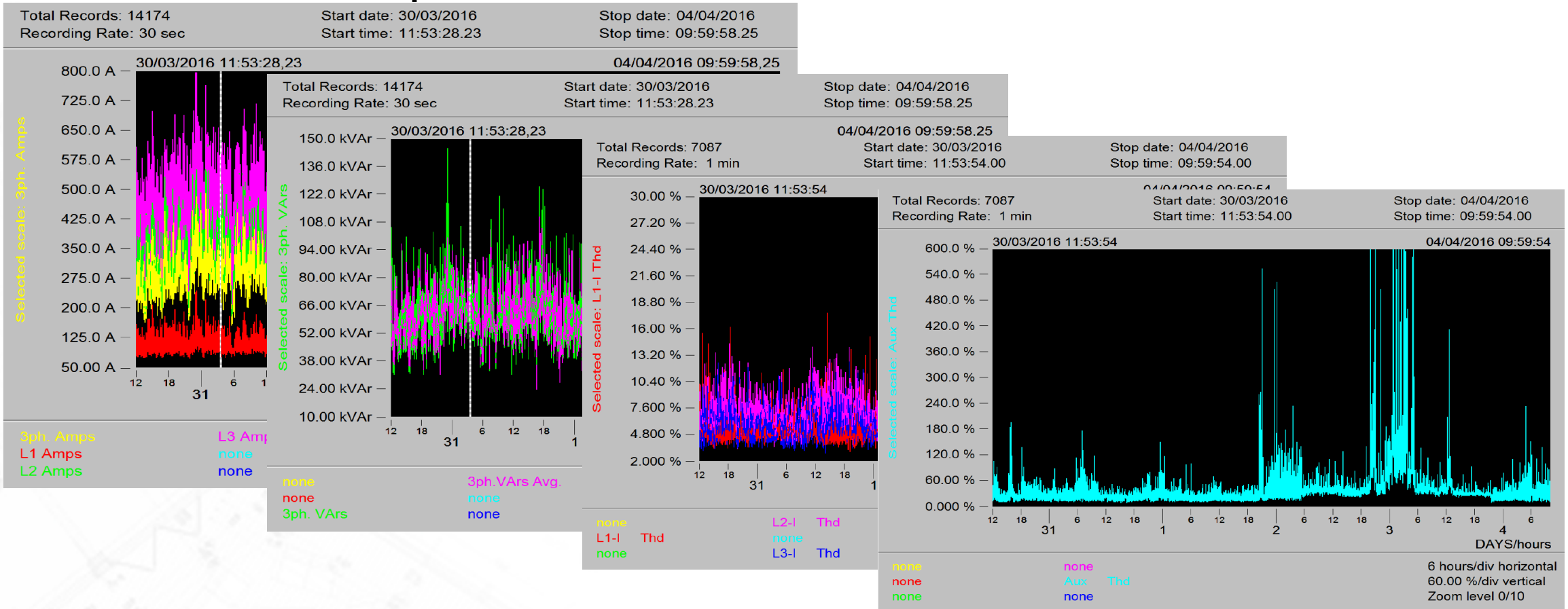
Nézzünk konkrét példát, ezek a beavatkozás előtt mért adatok:





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

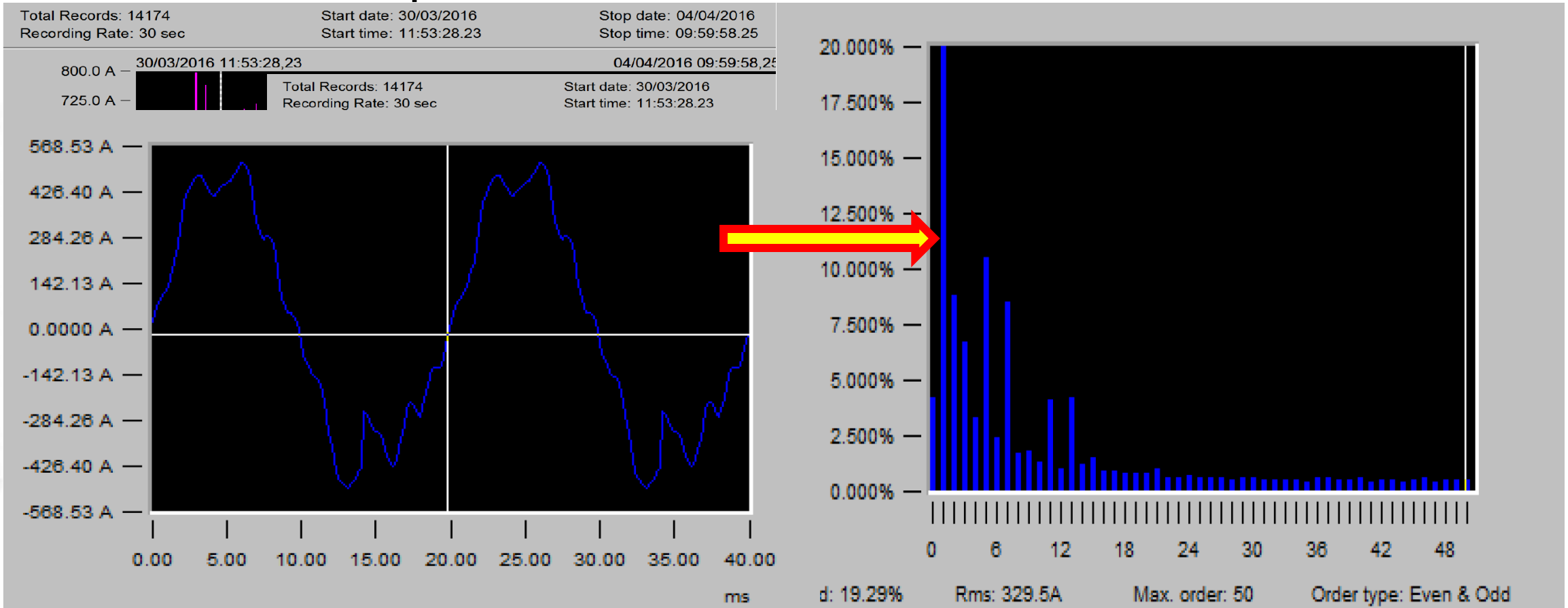
Nézzünk konkrét példát, ezek a beavatkozás előtt mért adatok:





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

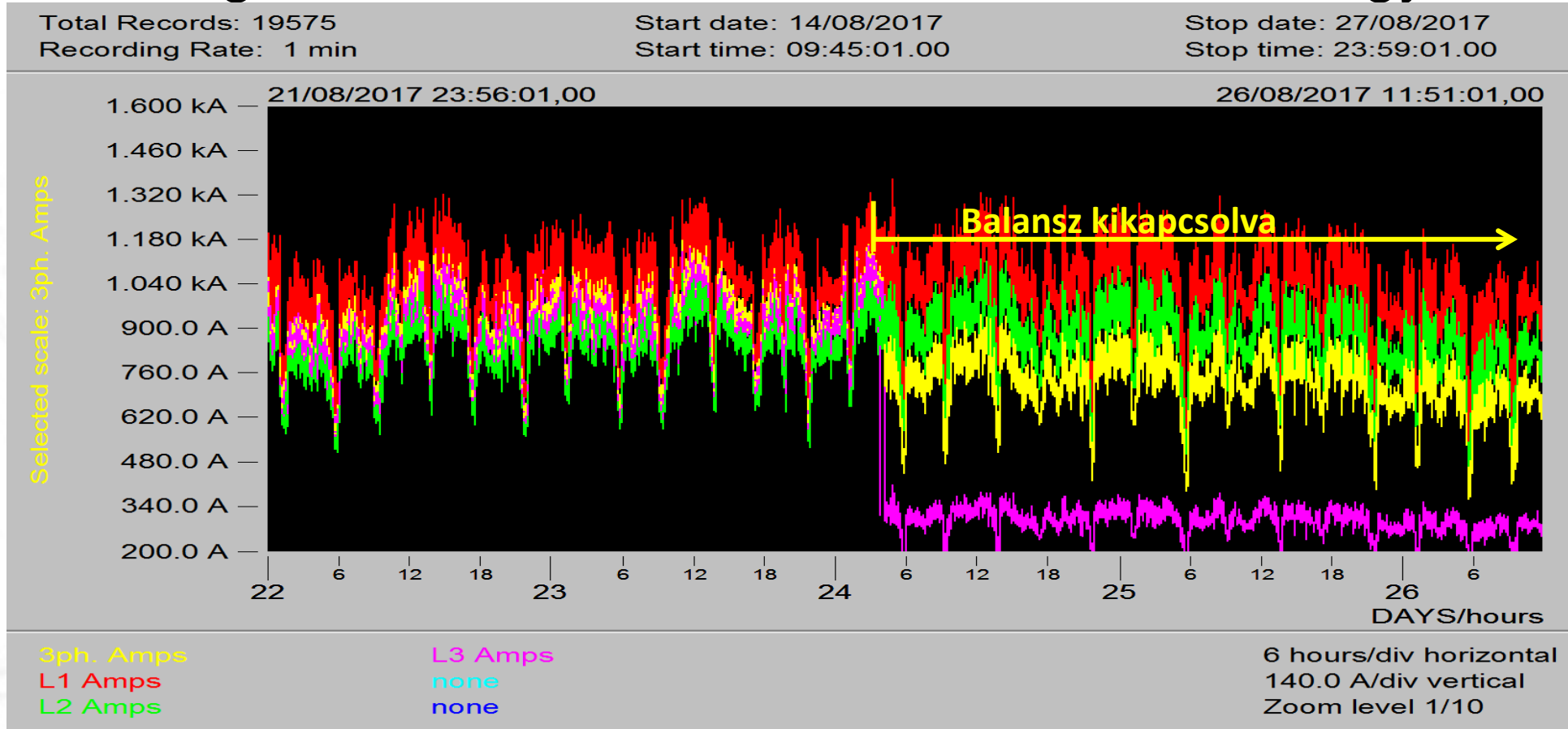
Nézzünk konkrét példát, ezek a beavatkozás előtt mért adatok:





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

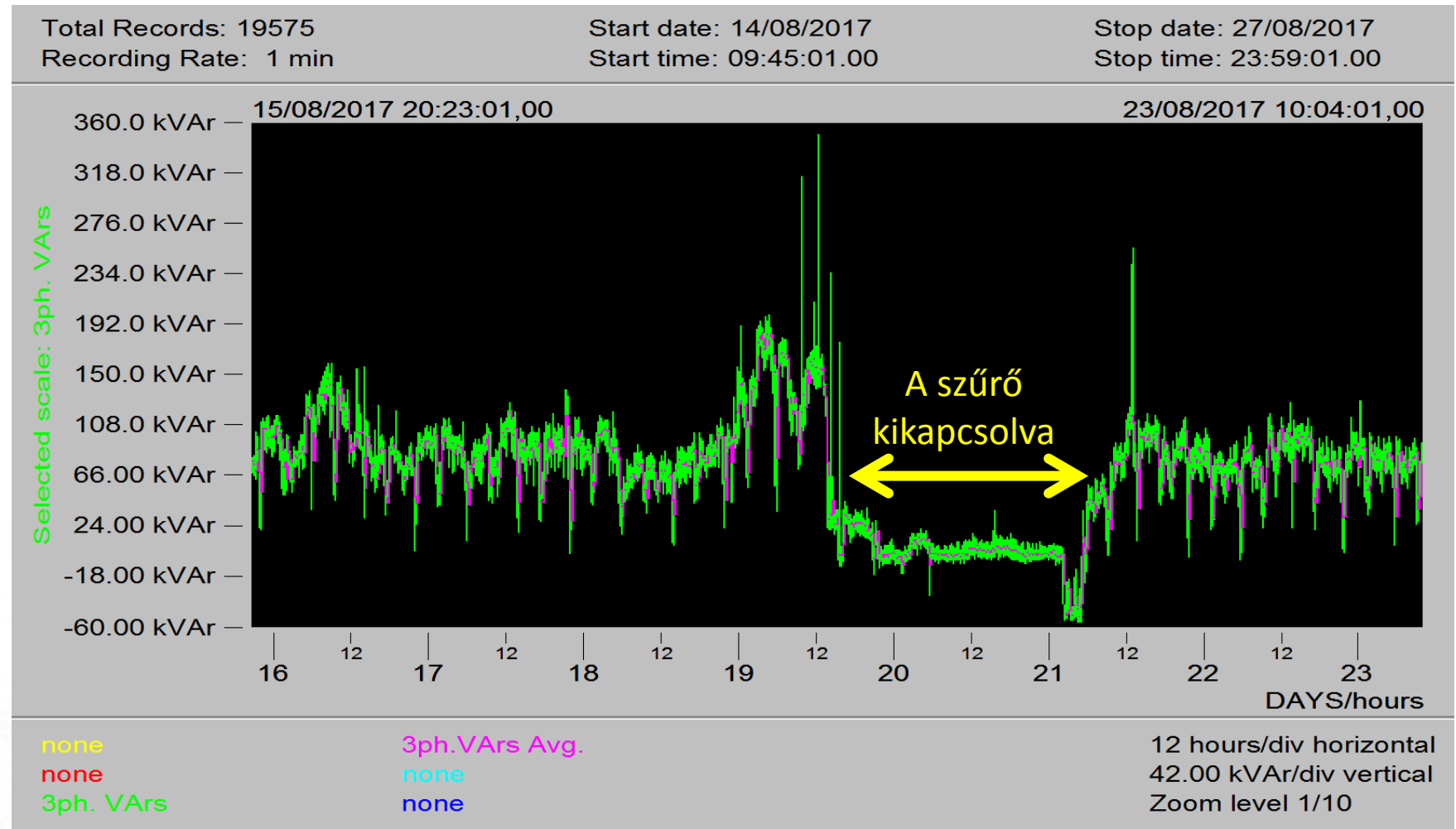
Nézzük meg, mit mutat az ellenőrző mérés terhelési egyensúlyra?





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

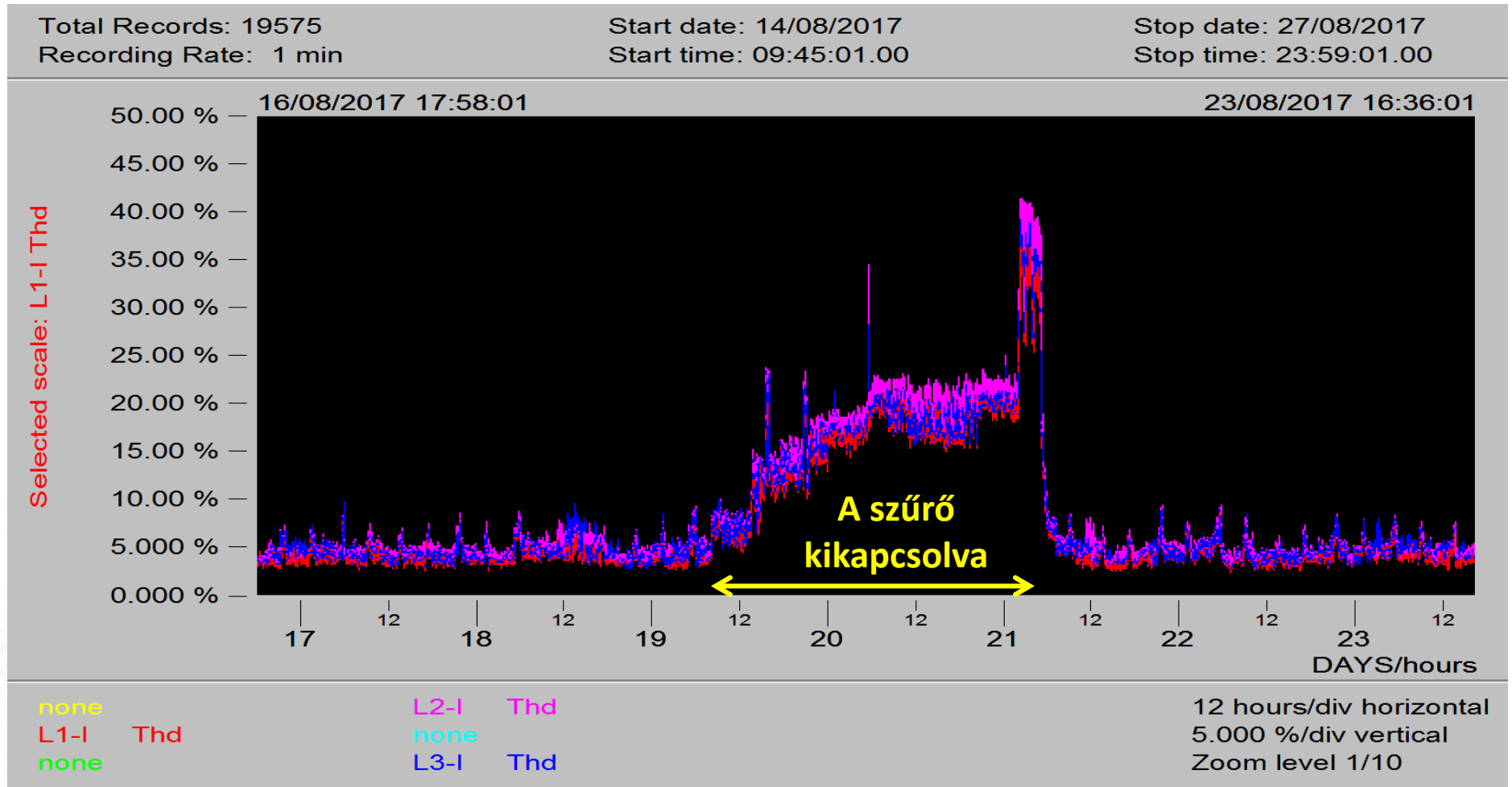
... és meddő-
teljesítményre?





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

... a THD(i) értékére?





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A példánkban szereplő, $I_H \leq 300/900A_{\text{eff}}$ kompenzáló áramot generáló „A2” típusú aktív szűrő **valós időben, egyidejűleg** képes:

- a **THD(i) ~ 40%-os** értékét **THD(i) < 10%-os szinten stabilizálni**, a **sztohasztikus** zavarok kialakulását **korlátozni**, az **MSz EN 62305** nevesített „**gazdasági kár**” valószínűségét minimalizálni
- a **0,2 ÷ 1,2kA** fázisáramok **terhelési aszimmetriáit kiegyenlíteni**
- változóan **induktív / kapacitív** meddőteljesítményt kompenzálni, legalább a **cosφ ~ 1,00** értékre szabályozni

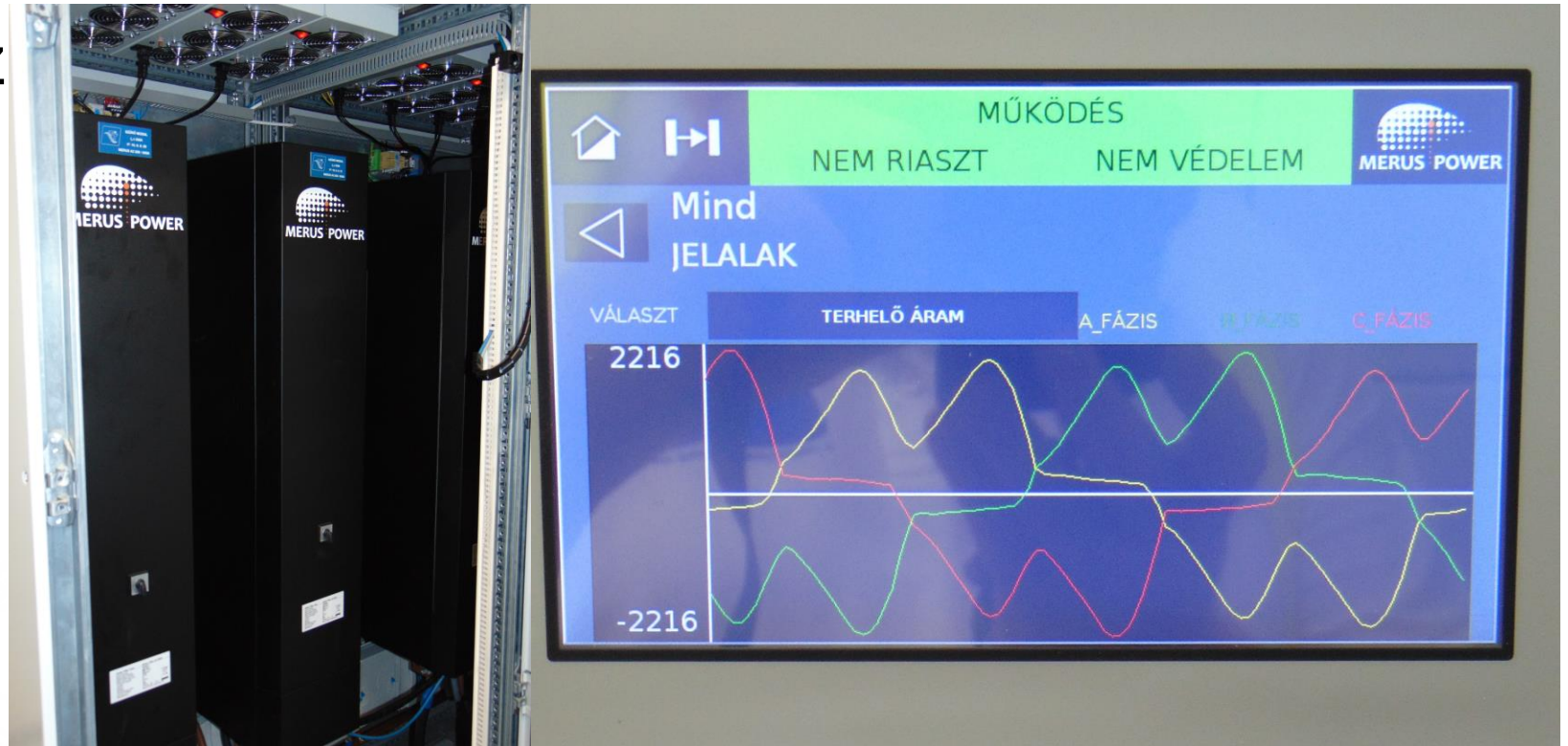
Három feladat is megoldható egyetlen eszköz alkalmazásával!



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Az ideális moduláris rendszernek nincs felső határa, az „**A2**” típusú egység korlátlan számban párhuzamosan kapcsolható!

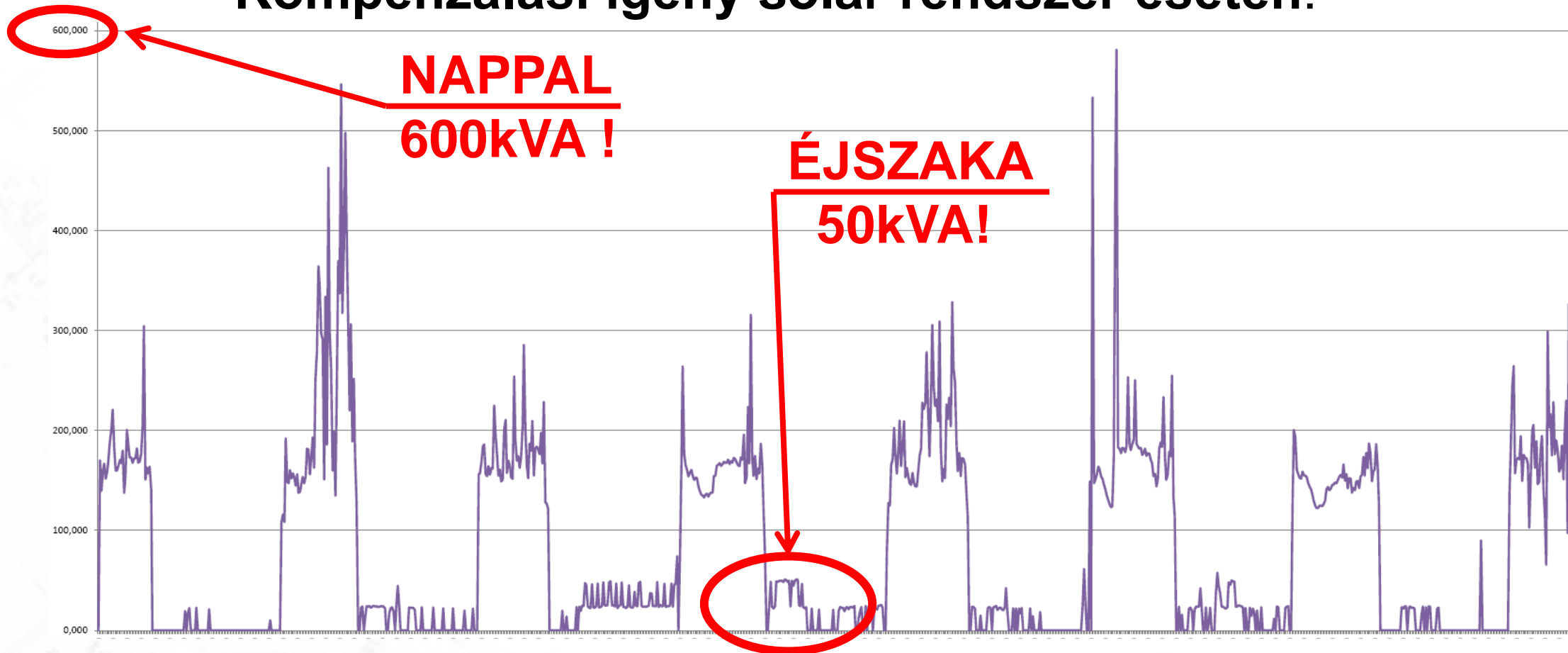
A mellékelt képen az $I_H=800A$ aktív szűrő látható. Alkalmas a jelalak torzulás és a 4/4-es, a kapacitív meddőteljesítmény kompenzálására is!





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

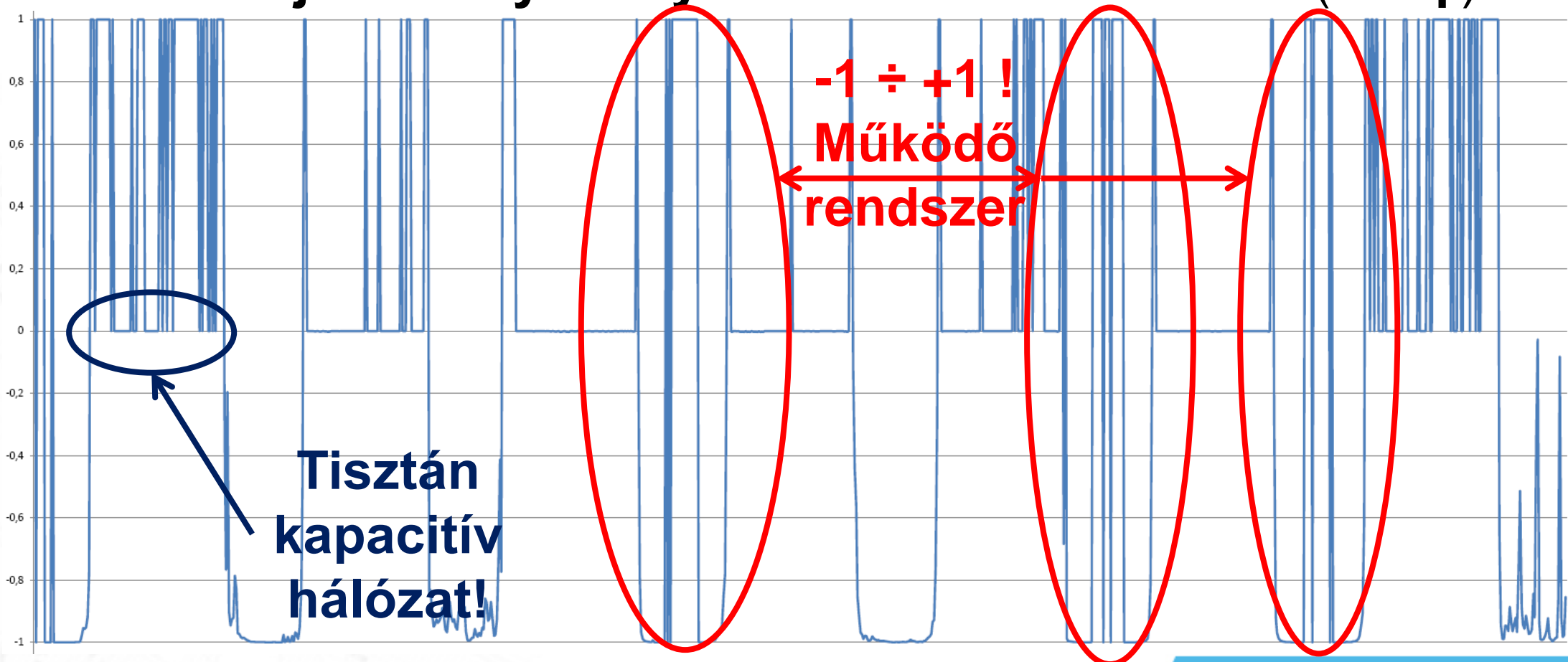
Kompenzációs igény solar rendszer esetén:





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Meddőteljesítmény aránya solar rendszer esetén ($\cos\varphi$):





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A solar telep esetén – igazolhatóan – jelentős kompenzálást kell végrehajtani a harmonikus zavarok, a meddőteljesítmény- és a terhelési aszimmetria helyreállítása, valamint a flicker – a feszültség lengési jelenségek - csökkentése érdekében.

Önök valószínűleg azon gondolkoznak, más miért nem vette észrevette, vagy miért nem ismerte fel a lehetséges anomáliákat.

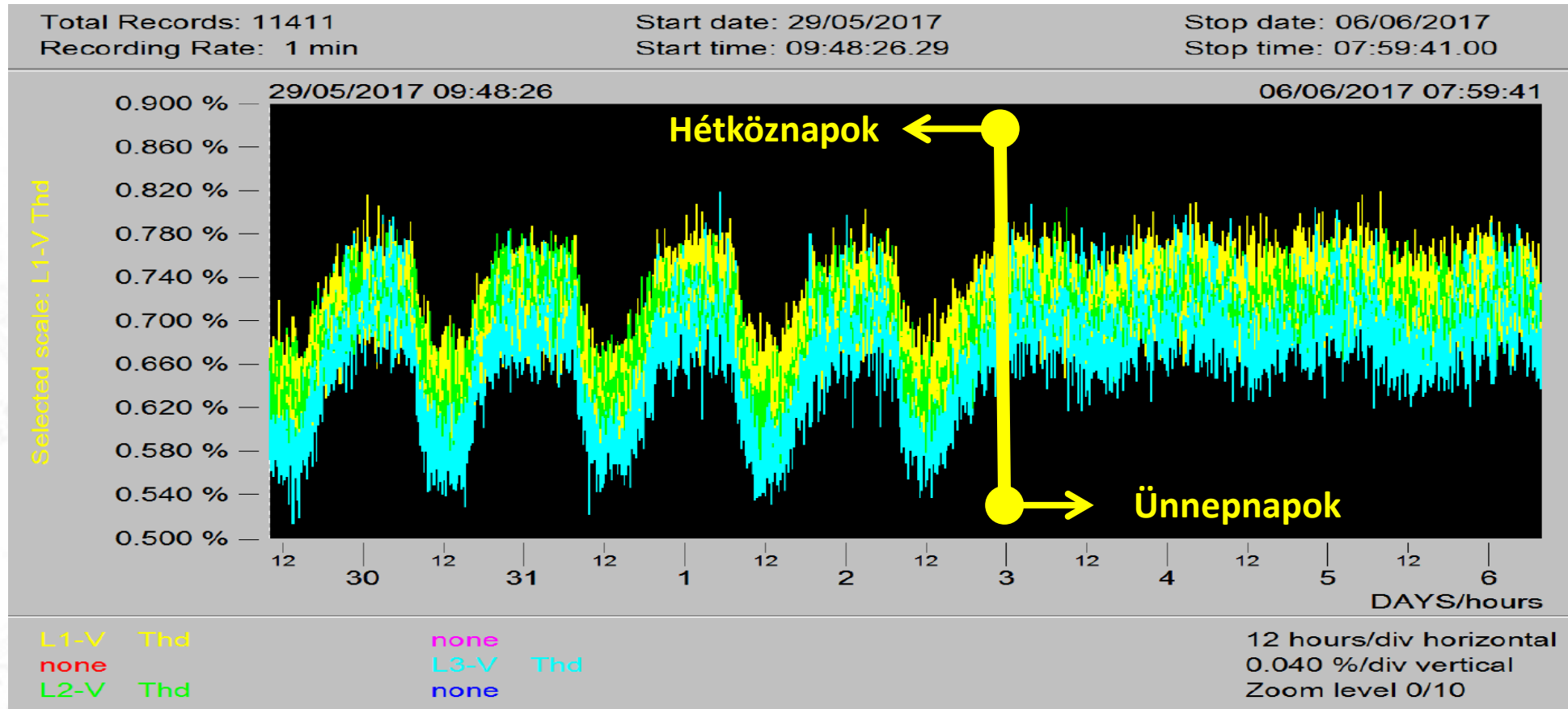
A válasz – mint ma már többször is – a „**tudás faktor**”!

A vállalkozó kényelmes, az **MSz EN 50160** szerinti vizsgálat esetén legtöbbször a feszültség értékén túl nem vizsgál más paramétert!



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Végül egy kakukktojást, igen a **THD(u) < 0,9%** és mégis rossz!





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

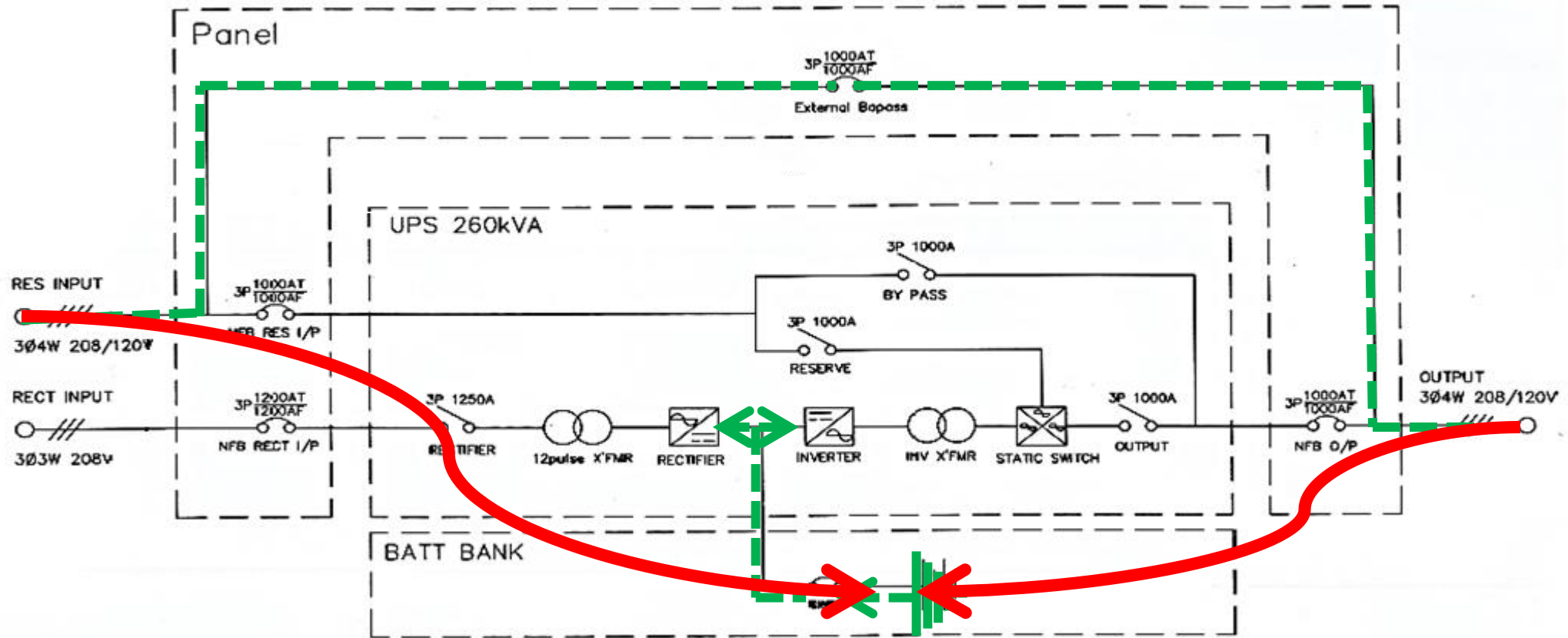
A mérés: A mérést nagy egységteljesítményű – $P > 100\text{kW}$ – UPS egység kimentí pontján végeztük!

Elvárás: A kettős konverzió, a stabil akkumulátor feszültségből előállított kimeneti feszültségen – elvileg - a **bemeneti THD(u) változások nem jelenhetnek meg!**

A tény: UPS zárlatképző bypass ágán keresztül a **bemenet- és kimenet nulla potenciálja és zavarterhelése azonos!**



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai





6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Alapszabályként fogalmazható meg, az **innovatív technológiai rendszerek** esetében - a gyors fejlődés miatt - **célszerűbb a fejlettebb** – gyakran a kisebb fogyasztású - **védelmi rendszerek beépítése**, mivel az üzemeltető a gyártási technológiák későbbi fejlesztéseit **kiegészítő költségek nélkül akarja elvégezni!**

Az üzemeltetés termelési biztonsága a hatályos szabvány ajánlások betartásának, valamint a Tervező, a Műszaki ellenőr és a Kivitelező, tehát a mérnökök, az Önök tudásának, szakmai felkészültségének függvénye.



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Kedves Kollégák!

Kérjük, ne felejtsek el, hogy a dokumentációra adott aláírásuk büntetőjogi felelősségvállalás a megvalósult rendszer Szabványosságáért, a működés megfelelésségéért!

Szeretném emlékeztetni Önöket, hogy feledékenységük, „az így is jó lesz” magatartás következménye az Igazságügyi szakértő munkája, akinek első feladata a Bíróság részére rögzíteni, hogy **a vizsgálatait a Szabványok ajánlásait kötelezőnek tekinti!**



6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Társaságunk részéről 30 év, 1.200-nél több mérés és elemzés, közel száz működő rendszer kiépítési- és üzemeltetési- és üzemzavar értékelési tapasztalatával rendelkezünk.

Várjuk kérdéseiket, segítünk...

turoczi.jozsef@ttemi.hu

turoczi.peter@ttemi.hu

Köszönöm a figyelmüket!

SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU

