

# Villamos hálózatok minőségi problémái

Tervezéstől az üzemeltetésig

Túróczi József

Túróczi és Társa Erősáramú Mérnöki Iroda KFT

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

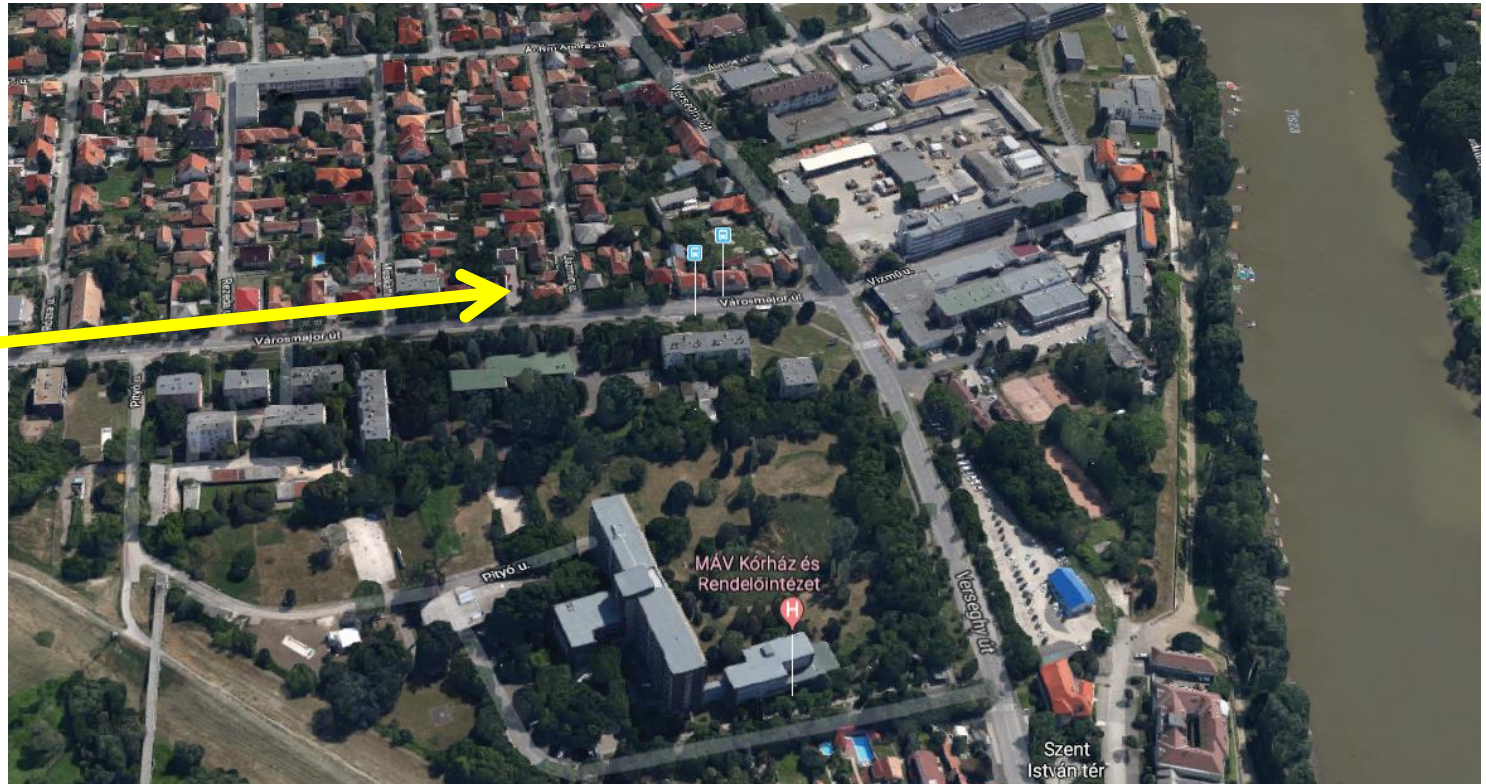
MMK.HU





# Bemutatkozás

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.

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

Szeretnénk elérni az előadásunkkal, hogy Önök tudatosan vegyék észre és szakadjanak el a szépen megszerkesztett katalógusok és a „baráti” tanácsok, valamint az elavult eszközök kritika nélküli elfogadásától és alkalmazásától.

Megmutatjuk, hogy a gyorsan változó műszaki környezet épp úgy jelent megoldandó problémákat, mint ahogyan tartalmazza a problémák megoldását is!

A napi rutinból fogjuk Önöket kiszakítani, hogy bemutassuk, a mérnöki gondolkodásnak igen komoly szerep jut munkánk során!



# 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, 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

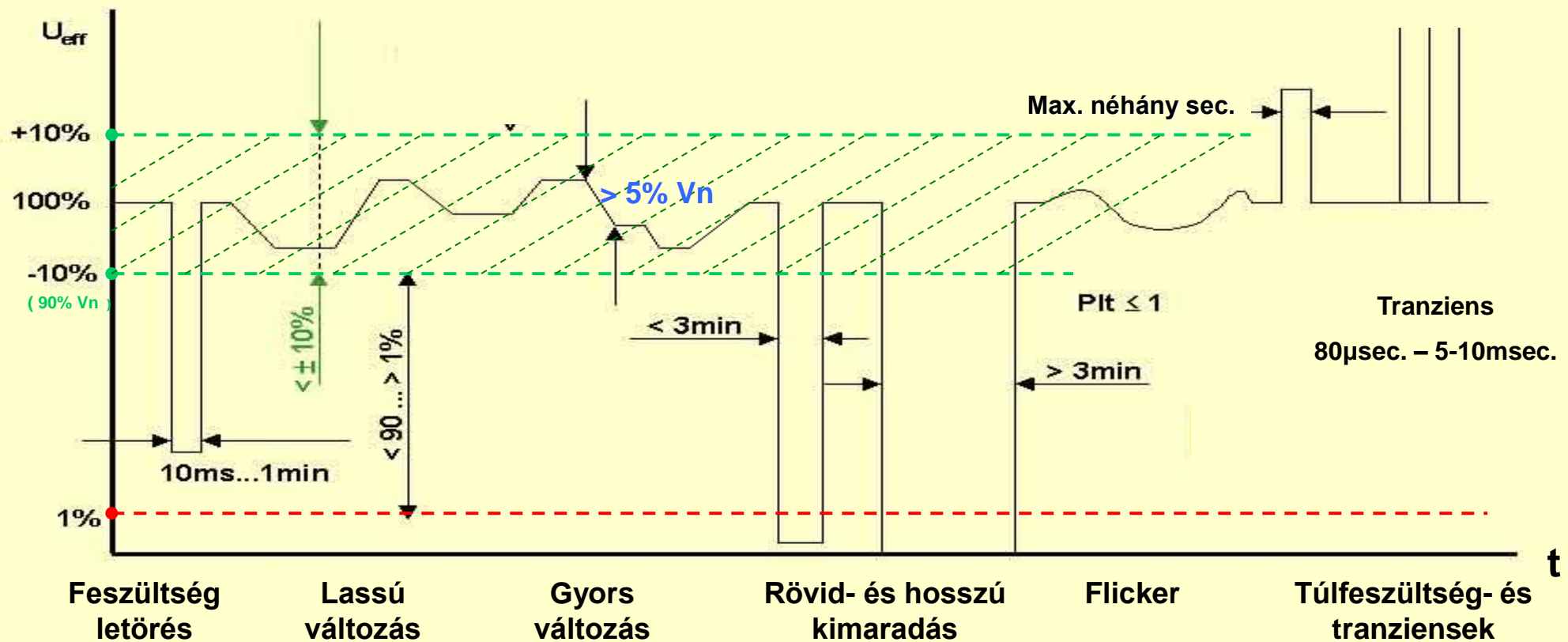
- a **feszültség** letörést és kimaradását
- a **harmonikus zavarkibocsátást** és
- a **flicker jelenségét**, valamint
- a **tranziens** értelmezését





# 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.

Minimális tájékoztatást a **HD 60364** (MSz 2364) biztosít, melyben bevezeti a „**nemlineáris elemek**” üzemeltetési következményét, a jeltorzulást, s harmonikus zavar kibocsátást.



# 1. Szabványi háttér

A létesítési szabvány azonban a hálózat elemeinek védelmében csak a zavar következményére – melegedés, védelmi működés – figyelmeztet.

Nemlineáris elemek esetén **HD 60364** (MSz 2364-523) rögzíti, **a nulla vezeték áramában a fázisáramban mért zavaráram effektív értékének a 300%-a is mérhető!**

Igazolt zavarkibocsátás esetén a szabvány „C” 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**”mm<sup>2</sup> 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

IEEE Standard 519 ajánlásai az  $I_{SC}/I_L$  (zárlati/névleges) arány 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
<b>&lt; 20</b>	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	<b>5%</b>
<b>20 &lt; 50</b>	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	<b>8%</b>
<b>50 &lt; 100</b>	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	<b>12%</b>
<b>100 &lt; 1000</b>	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	<b>15%</b>
<b>1000 up</b>	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	<b>20%</b>



# 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, be szabályozását 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** (MSz 2364) 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

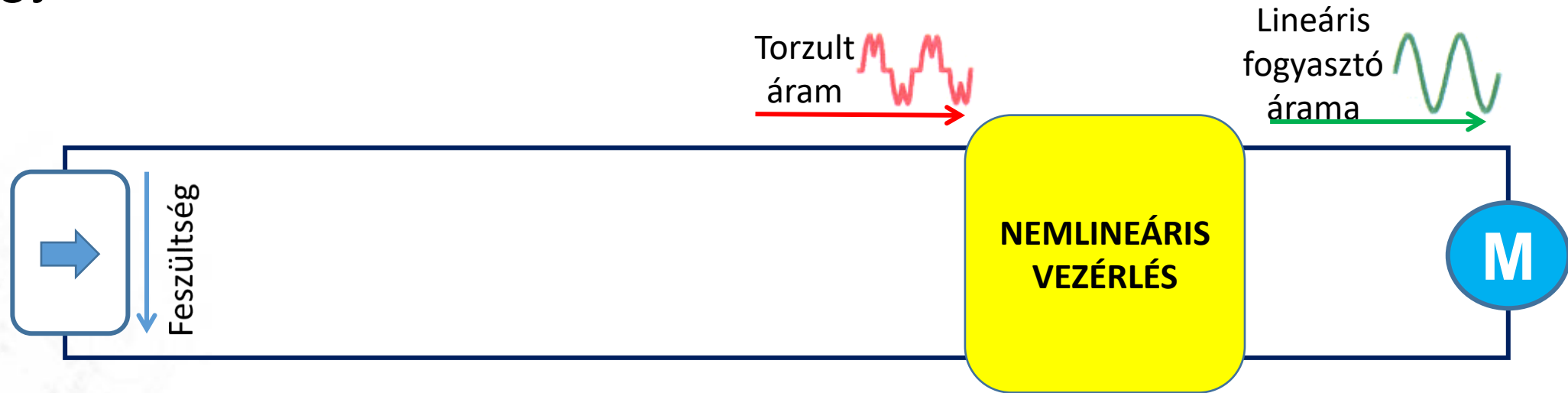
A technológiai rendszerek leírása legtöbbször csupán egy katalógus, melyből még az ellenőrzés során is legfeljebb az tűnik ki, hogy a berendezés PC-s vagy PLC-s digitális vezérlést, esetleg frekvenciaváltóval szerelt szabályozást tartalmaz.

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 bizonytalanokká 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 az ELMŰ, mint **Szolgáltató** válaszát látjuk a felhasználói igénybejelentésre, mellyel **a felelősséget a Beruházóra és közvetve a Tervezőre 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?**

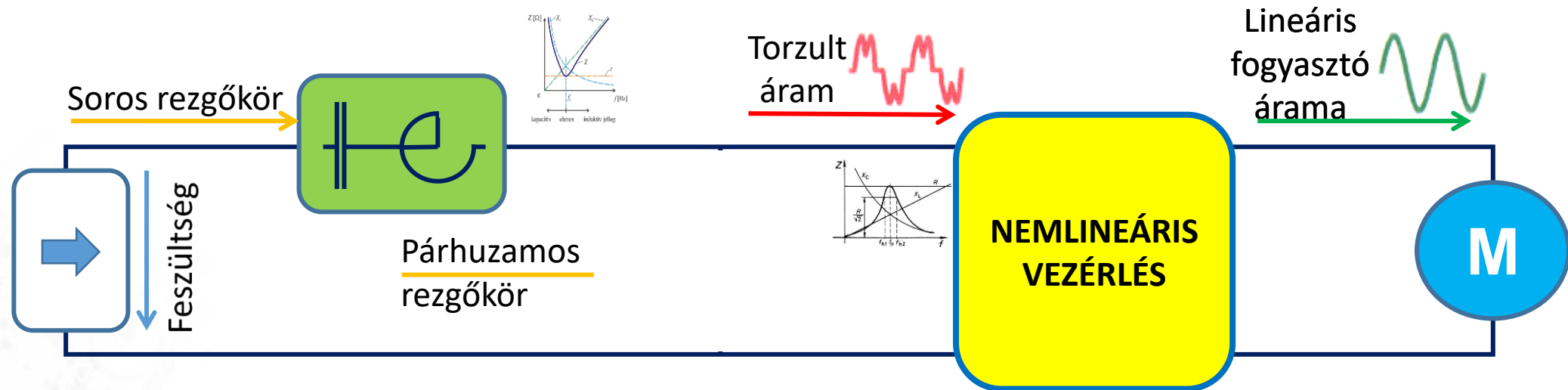
Természetesen objektív mérések alapján – legtöbbször a felelős jogi úton történő megállapítása és költségvállalása mellett - utólag is kiépíthető a kompenzálás, mely lehet:

- **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?

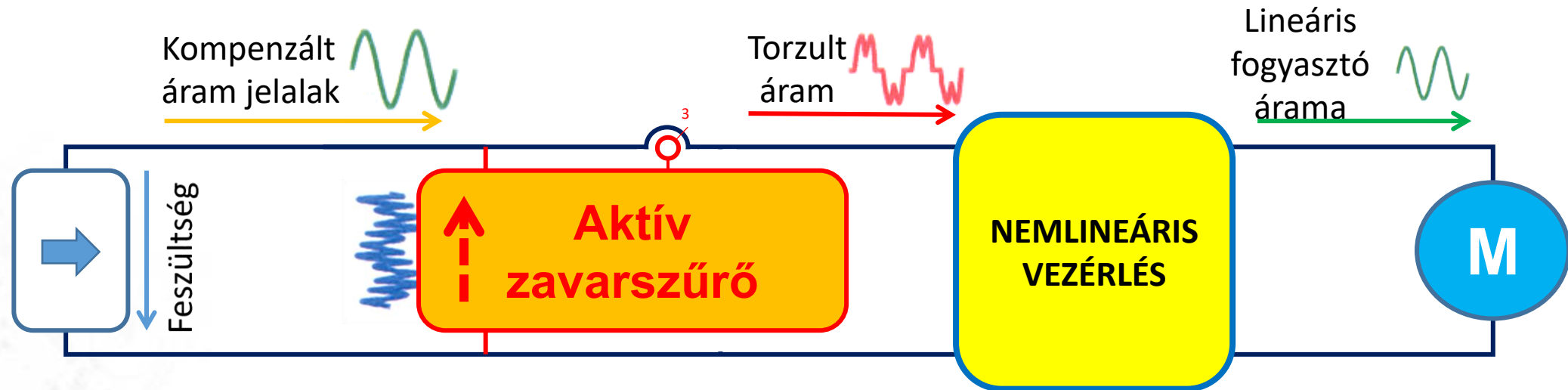


A soros kapcsolású rezgőkör akadályozza az 50Hz-nél magasabb frekvenciás jelek továbbjutását, a párhuzamos rezgőkör viszont rövidre zárja, elvezeti ezeket az összetevőket. Ez a hagyományos, ún. „torló/fojtó” védelem, mely fix frekvenciákra hangolható, de nagy helyet igényel és jelentős veszteséget okoz.



## 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.**



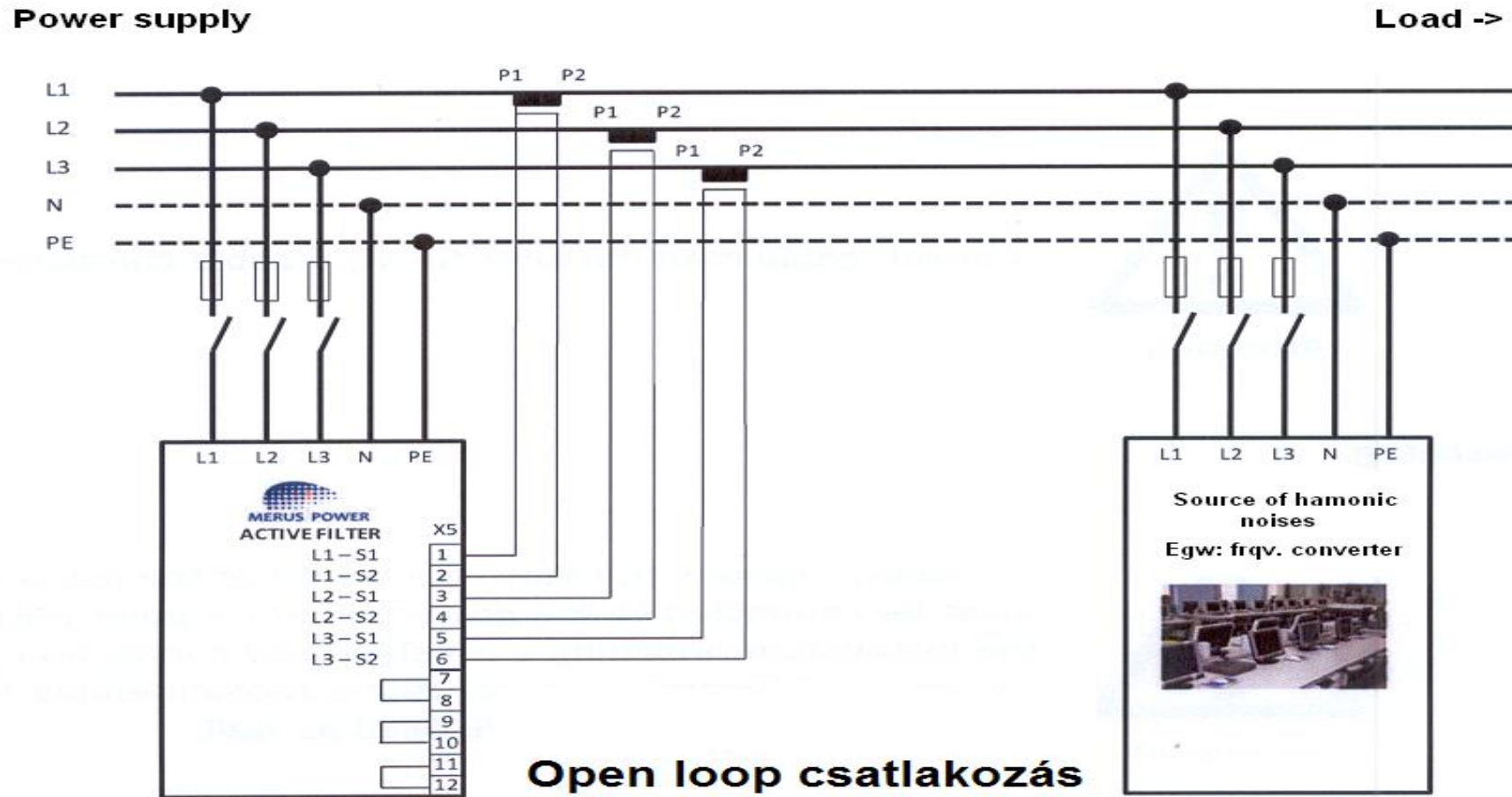
## 2. Tervezői munka befolyásolása

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 kompenzáláshoz** szükséges a gyors beavatkozási sebesség
- a nagysebességű számolás érdekében indokolt , ún. „**Open loop**” csatlakozási mód utólag nehezebben alakítható ki



## 2. Tervezői munka befolyásolása



**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** (MSz 2364) 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  $85^\circ\text{C}$  legyen a méretezés alapja. **Folyamatosan termelő üzem esetén még a  $T = 60^\circ\text{C}$  is kétséges, a  $80^\circ\text{C}$ -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  $80^\circ\text{C}$ -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  $t \leq 100\mu\text{s}$  aktív zavaroszűrővel





## 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 tervezzék be csatlakozási 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 zavarászűrő 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

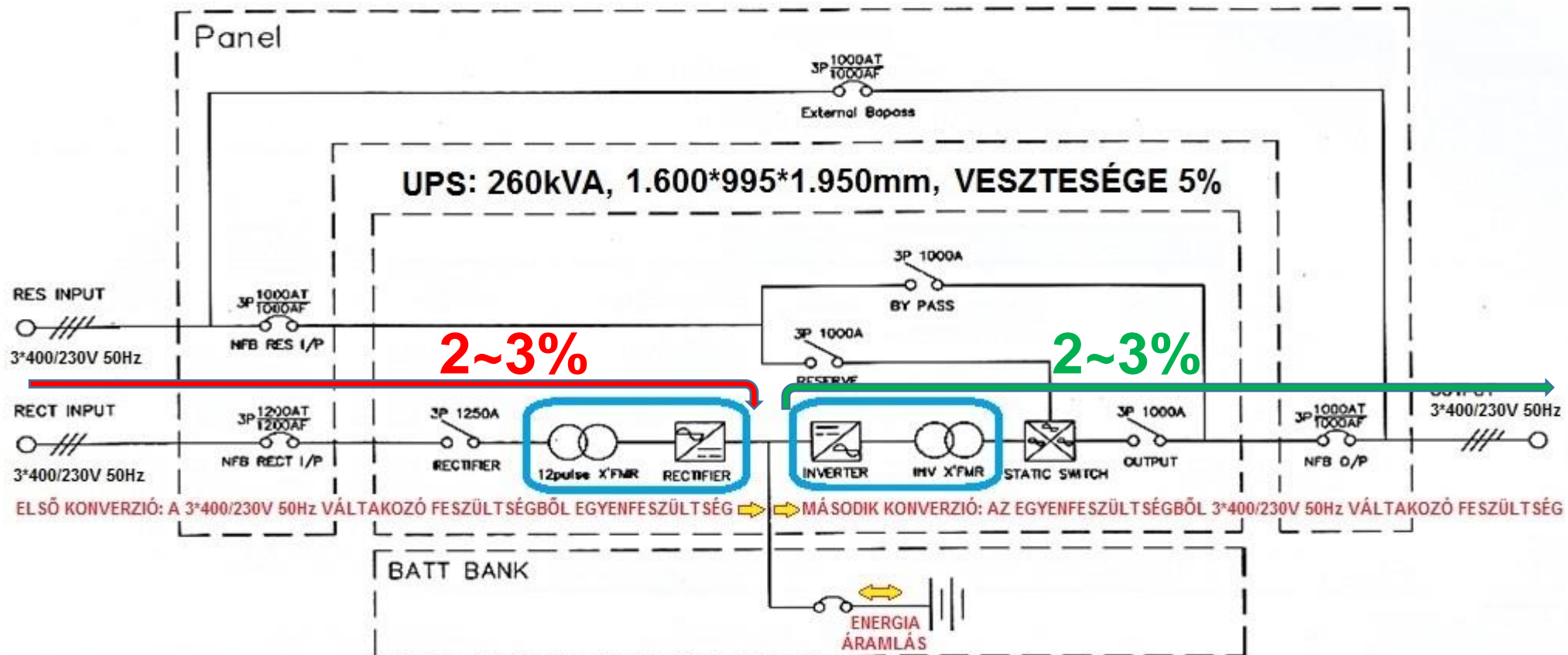
Szenzitív felhasználókat érintő anomália a **feszültségletörés**. Magyarországon a szolgáltatás hosszú fővezetékeken vezetéseken történik, emiatt gyakori jelenség a **100÷500msec** idejű feszültségletörés, mely **az ipari automatákat és robotokat üzemeltetőknél leállási-, újraindítási hibát, veszteséget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

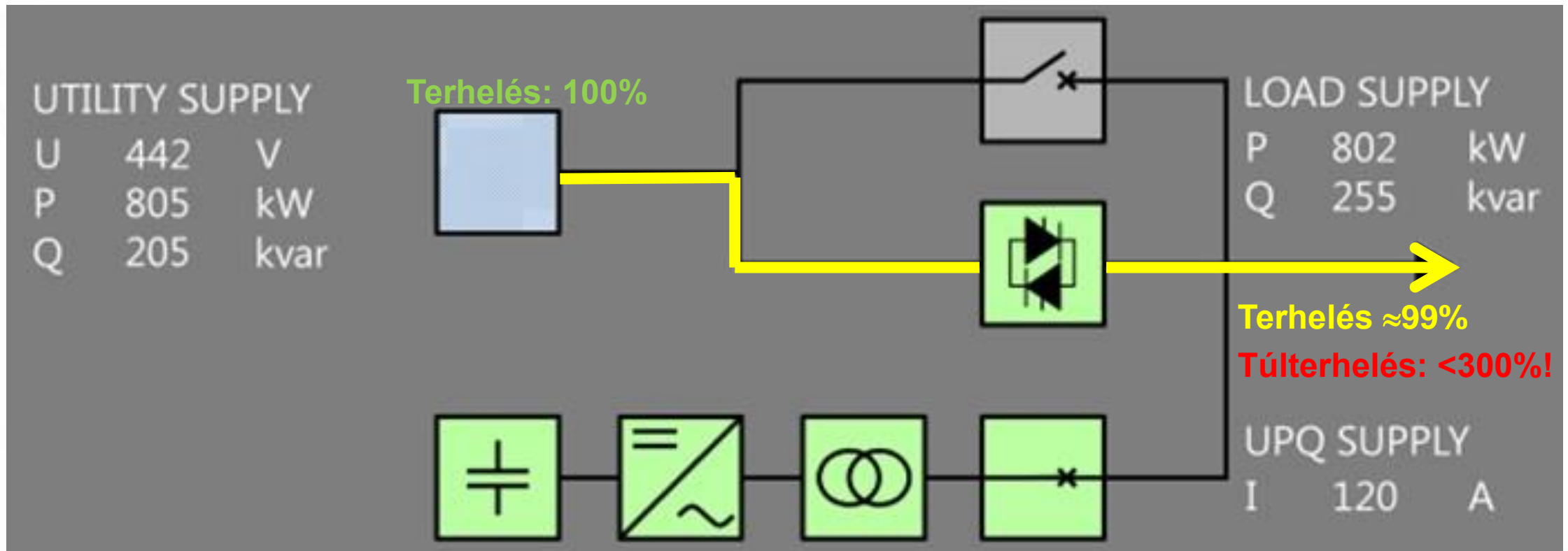
Az UPS **kettős konverziója** miatt a veszteség igen magas, kb. **5%**.





## 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

Létező hálókörnyezeti fogalom a műszaki előrelátás, de határozatlan

A gerjedés nem definiálható, véletlenszerű jelenség, sztohasztikus zavar, mely esetében 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!

TECHNOLÓGIÁK



## 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)  $\leq 30\%$**

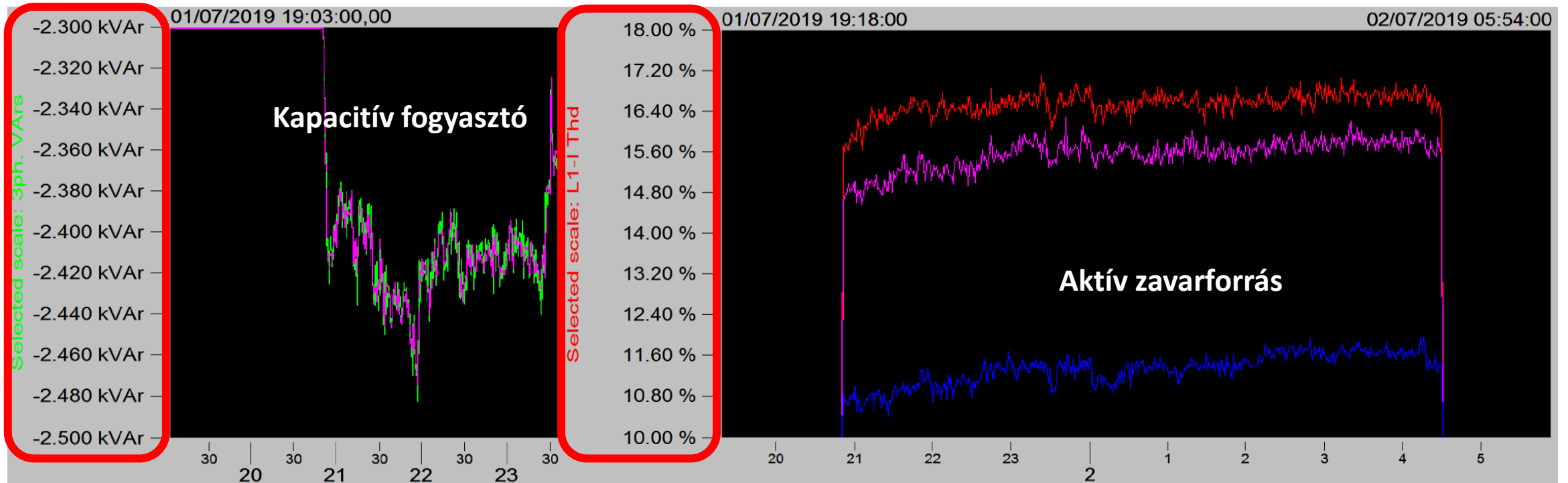
**A LED fényforrás bemenete azonban mindig kapcsolóüzemű tápegység, emiatt nem teljesíthető sem az elvárt induktív terhelési tartomány, sem a  $THD(i) \leq 10\%$  határérték!**



# 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:



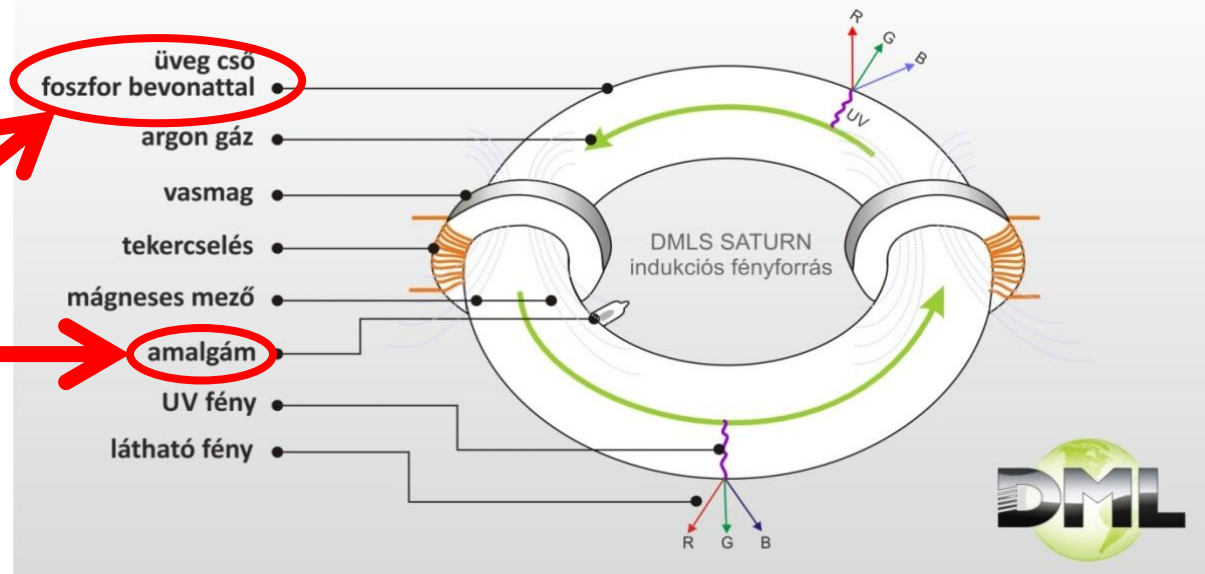


# 3. Műszaki előrelátás

## Világítás: DML 1

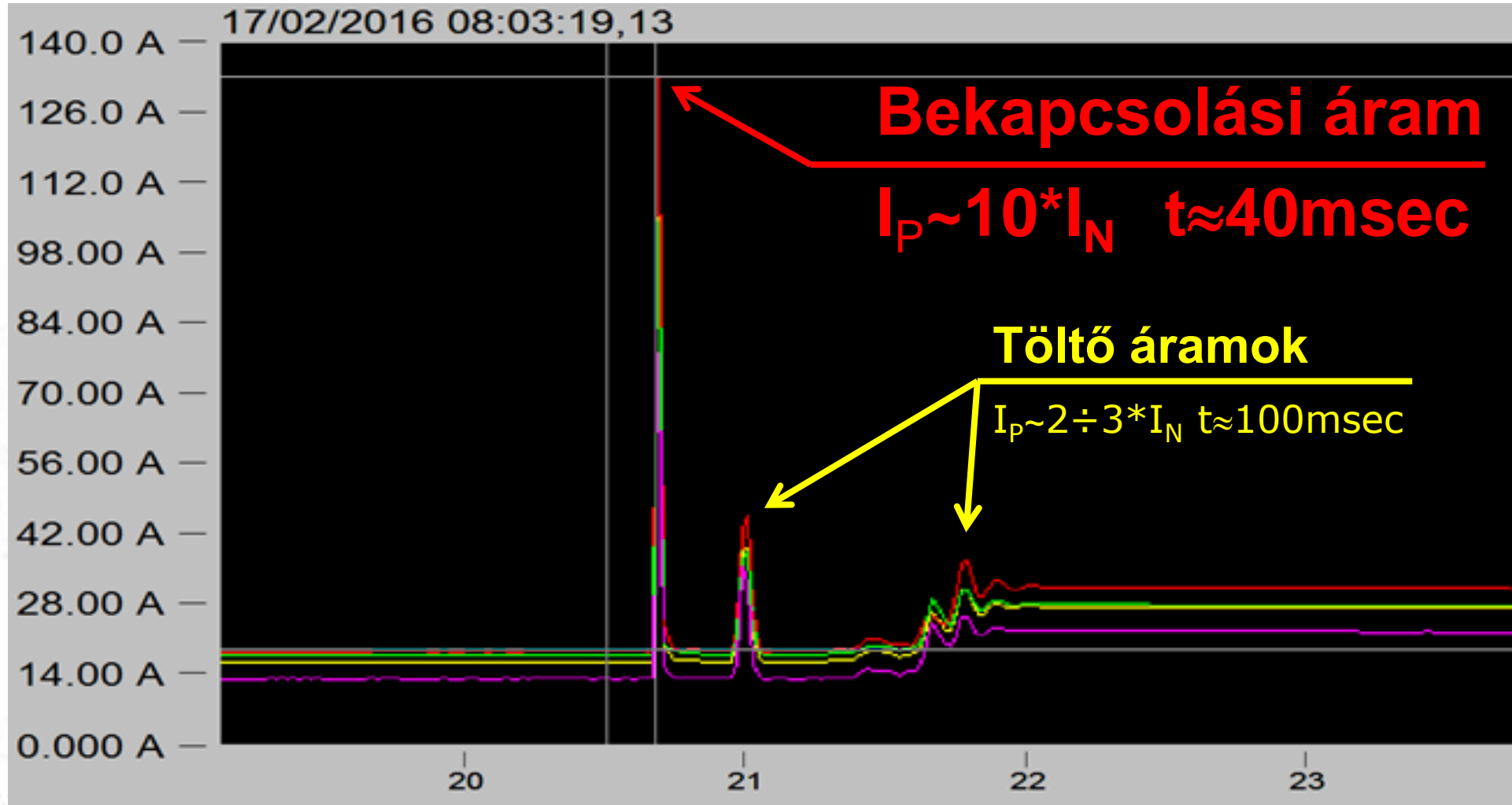
Korszerűnek tekintett, nagyfrekvenciás üzemű, gázkisüléses fényforrás, jelentős a nehézfém tartalma, emiatt, **újrahasznosítása kötelező.**

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

### Fotovoltaikus erőművek:

Talán meglepő, de **a fotovoltaikus 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

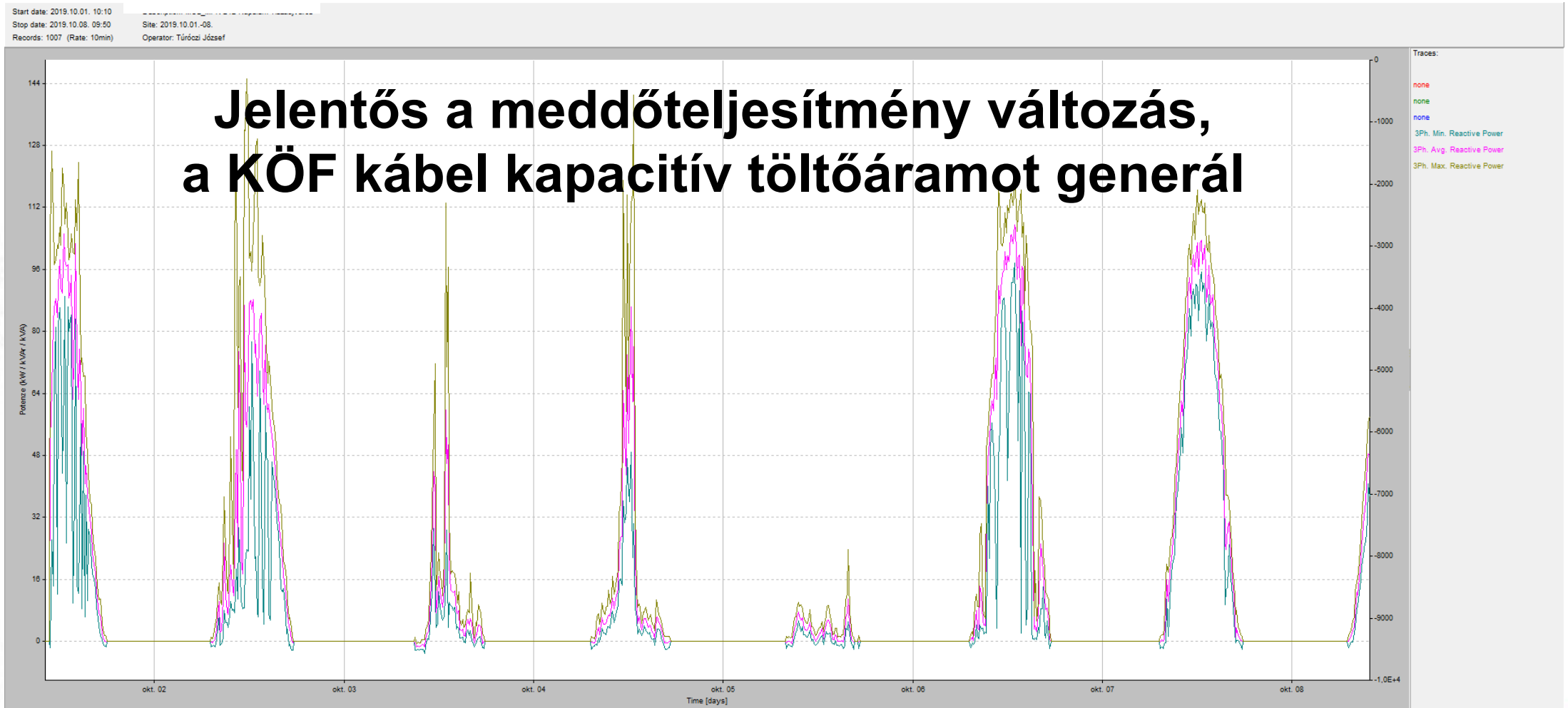


# 3. Műszaki előrelátás



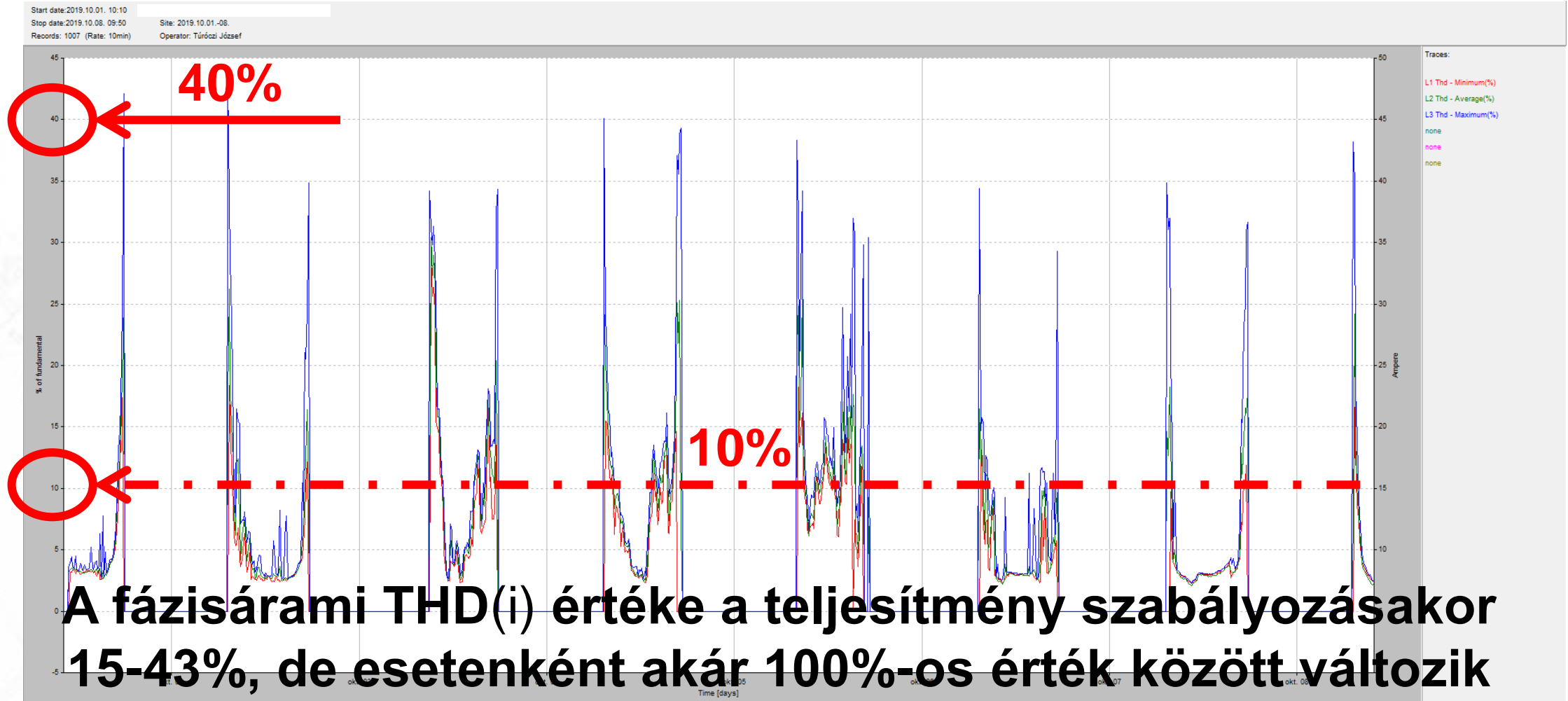


# 3. Műszaki előrelátás



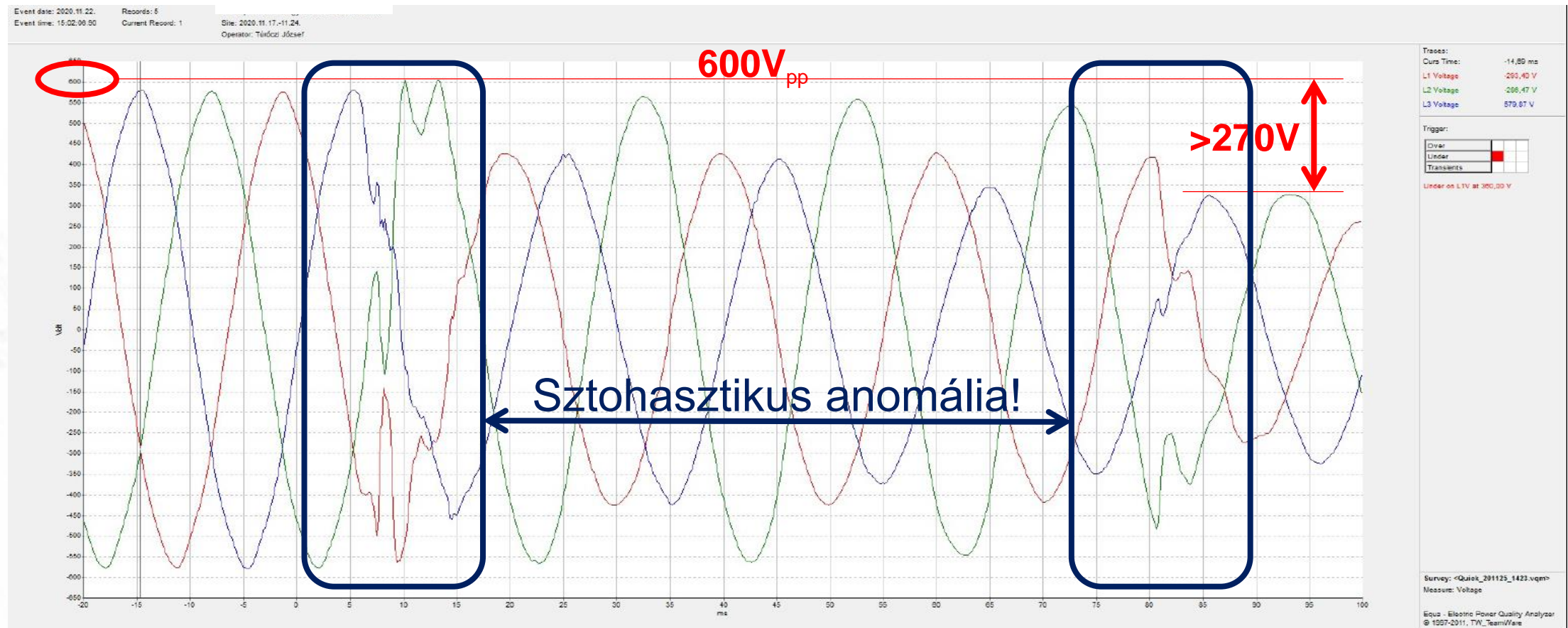


# 3. Műszaki előrelátás





# 3. Műszaki előrelátás



**Fázisfeszültség csúcsértéke 80%-al a megengedett felett!**



## 3. Műszaki előrelátás

Meghatároztuk a szükséges kompenzáció értékét, amely közepes, kb. 4-5MW teljesítményű fotovoltaikus 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,  $\Sigma P_{pp} = 0,5 \div 5MW$  fotovoltaikus erőmű üzembiztos ellátása **50 ÷ 1.200A kompenzáló áramot igényel.**



## 3. Műszaki előrelátás

Ma  $500\text{kW}_{\text{p-p}}$  felett sem kötelezi a fotovoltaikus rendszer építőjét semmi a gazdálkodásra, emiatt országos szinten a reggeli/esti termelésváltozás már több, mint **300MW kiegyenlítetlen** 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.

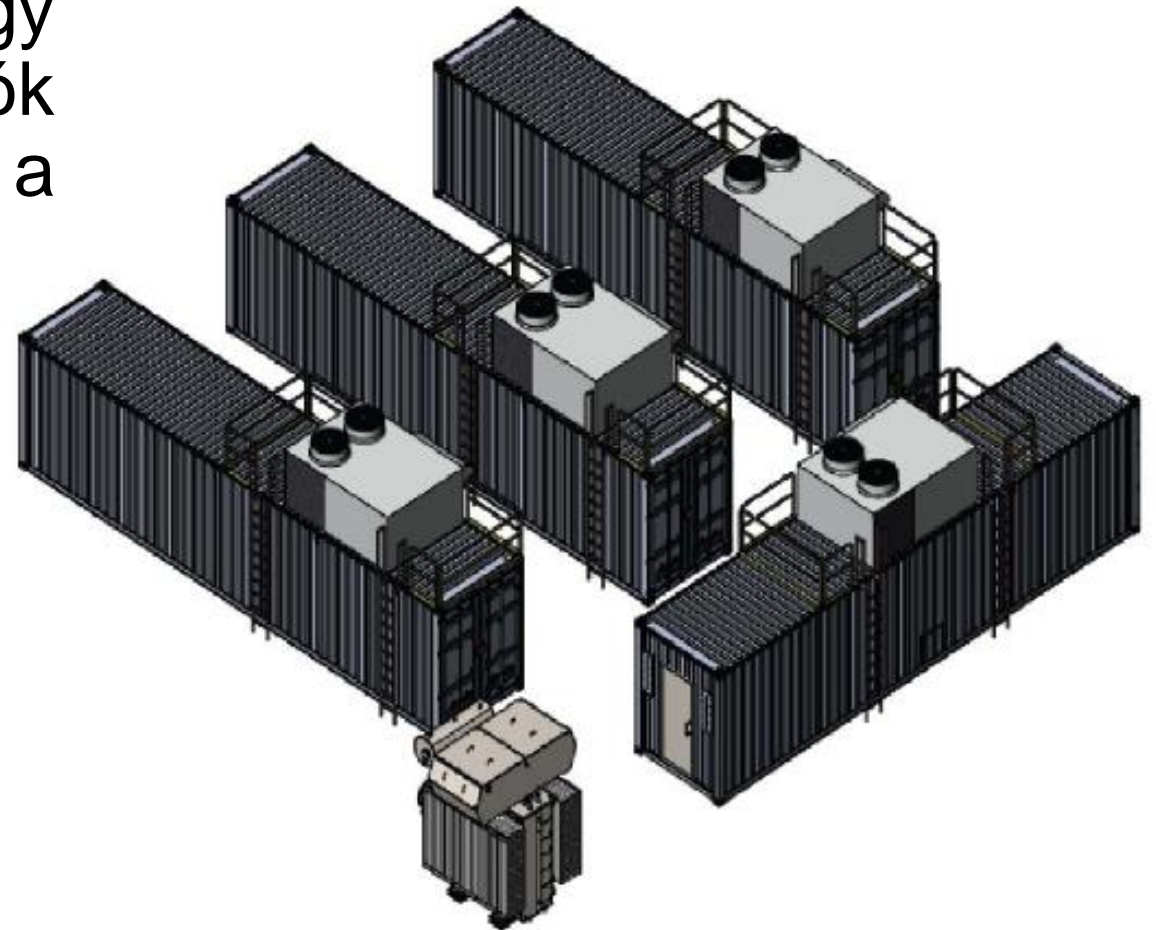




## 3. Műszaki előrelátás

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

## 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:

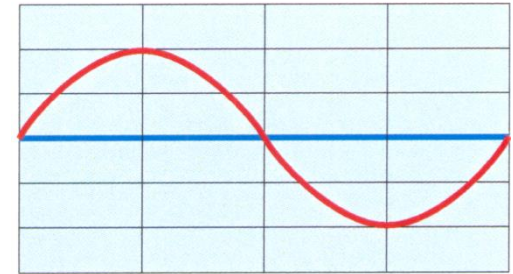
A harmonikus – vezetett - zavar a hálózati feszültség vagy áram szinuszos **jelalak torzulási arányának** %-os mértéke, ennek megfelelően a jelölése **THD(u)** illetve **THD(i)**.

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.**

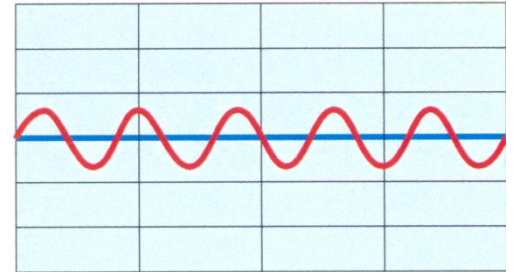


# 3. Műszaki előrelátás

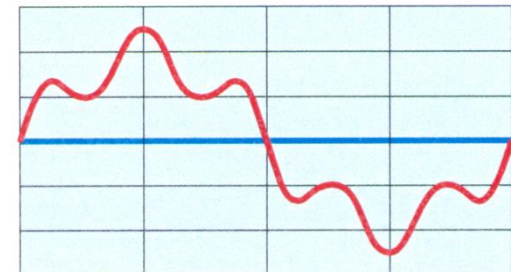
Nézzük meg az  $f_{(1)}=50\text{Hz}$ -es alapjelet:



0ms 20ms



0ms 20ms



0ms 20ms



## 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:

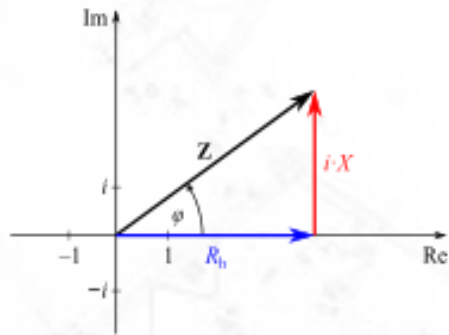
Az **EMC** (>500kHz) nem azonos a **harmonikus zavarral** (≤2,5kHz)!



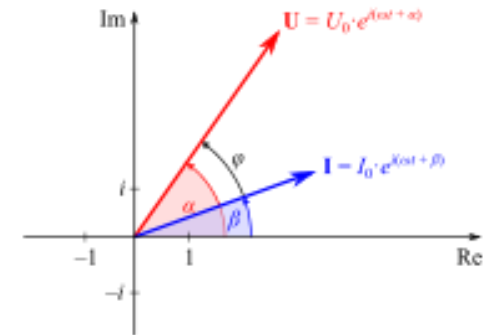
# 3. Műszaki előrelátás

## 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 „ $\lambda$ ” 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** (MSz 2364) 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
<b>&lt; 20</b>	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	<b>5%</b>
<b>20 &lt; 50</b>	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	<b>8%</b>
<b>50 &lt; 100</b>	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	<b>12%</b>
<b>100 &lt; 1000</b>	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	<b>15%</b>
<b>1000 up</b>	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	<b>20%</b>



## 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

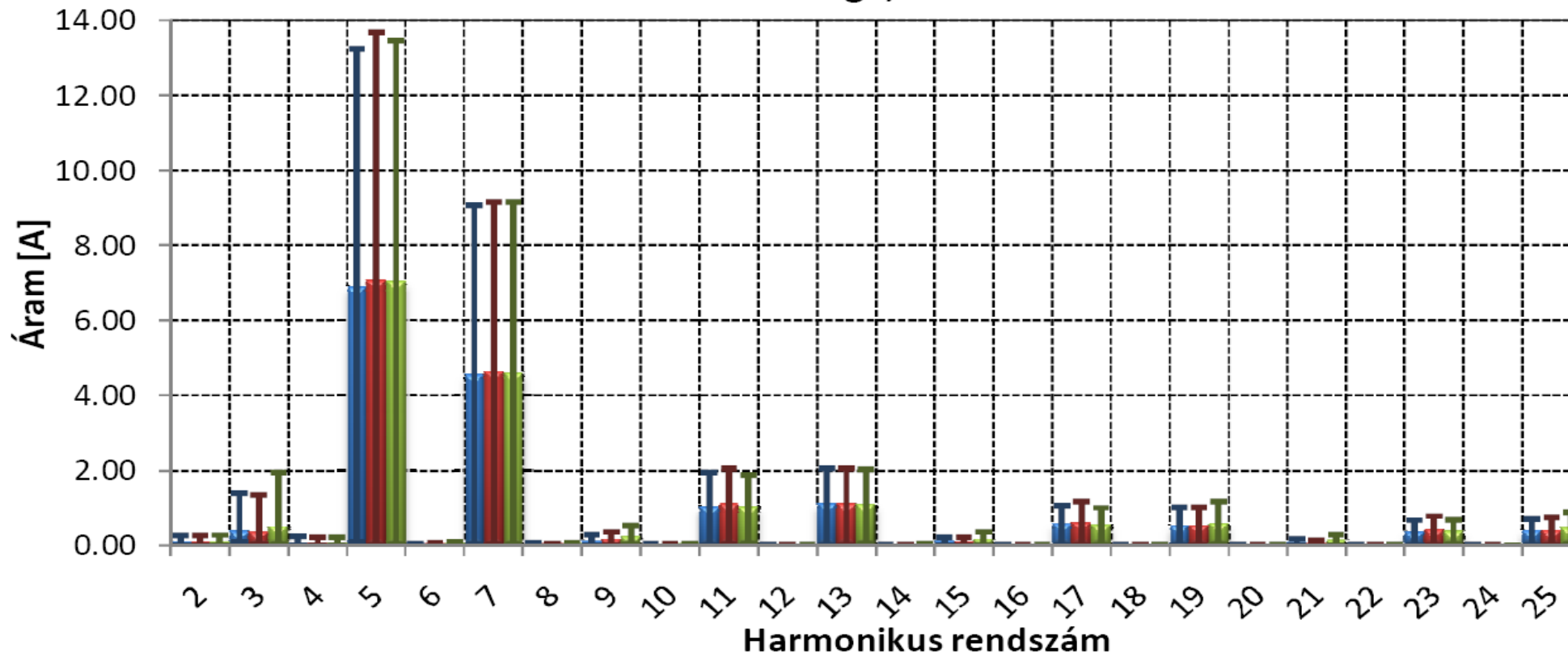
- a feszültség esetében a **0. - 40.** harmonikus rendszámú-, illetve
- az áramoknál **0. - 50.** harmonikus rendszámú tartományon belüli mérési-, elemzési elvárás biztosítja



# 4. Mérés és vizsgálat

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

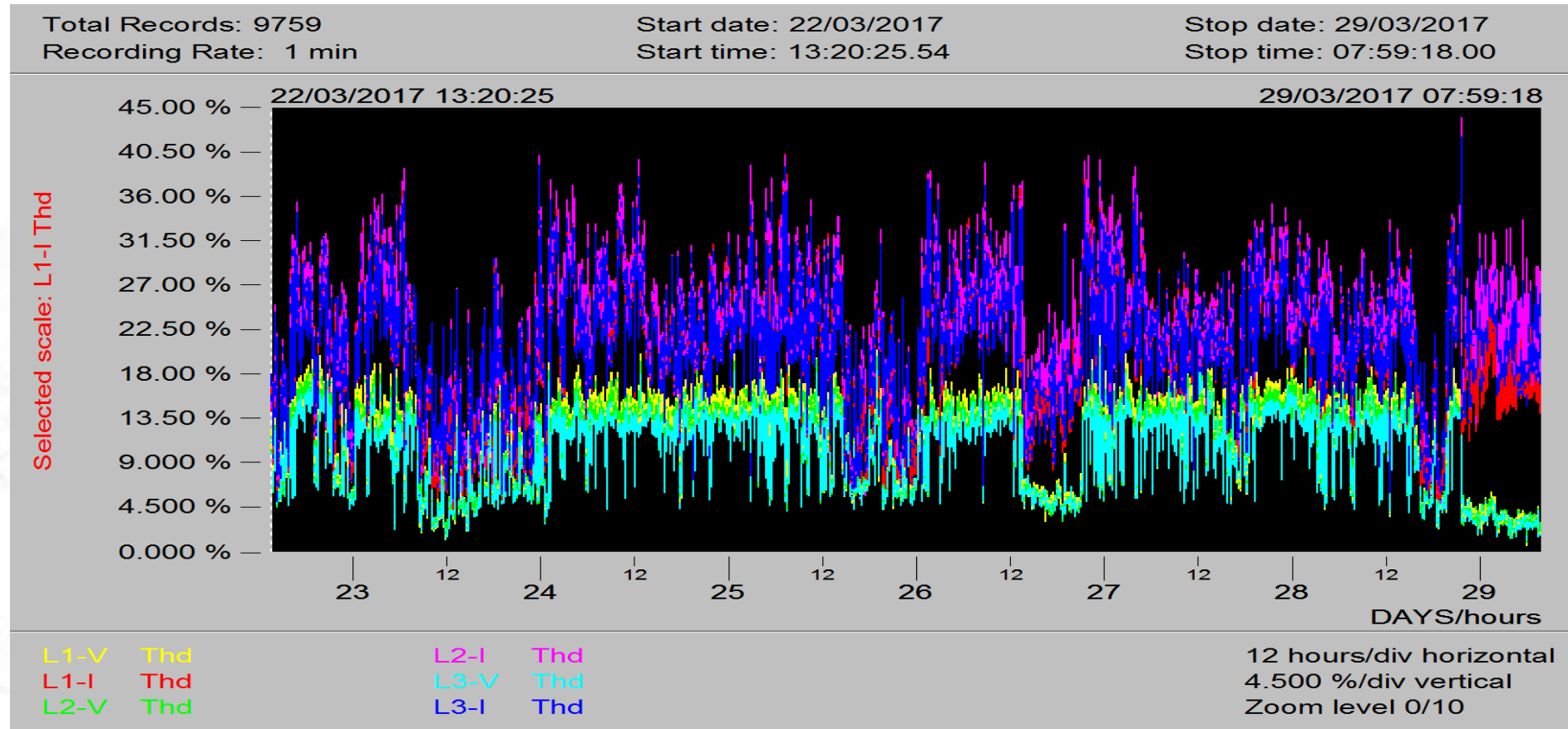
A mért harmonikus áramok átlaga, maximuma és minimuma





# 4. Mérés és vizsgálat

A megfelelő értékelésekhez részletes adatok szükségesek





## 4. Mérés és vizsgálat

Általunk használt, bevált műszer: **EQUA Wally\_ip**

**Wally A<sup>3</sup>**

- 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

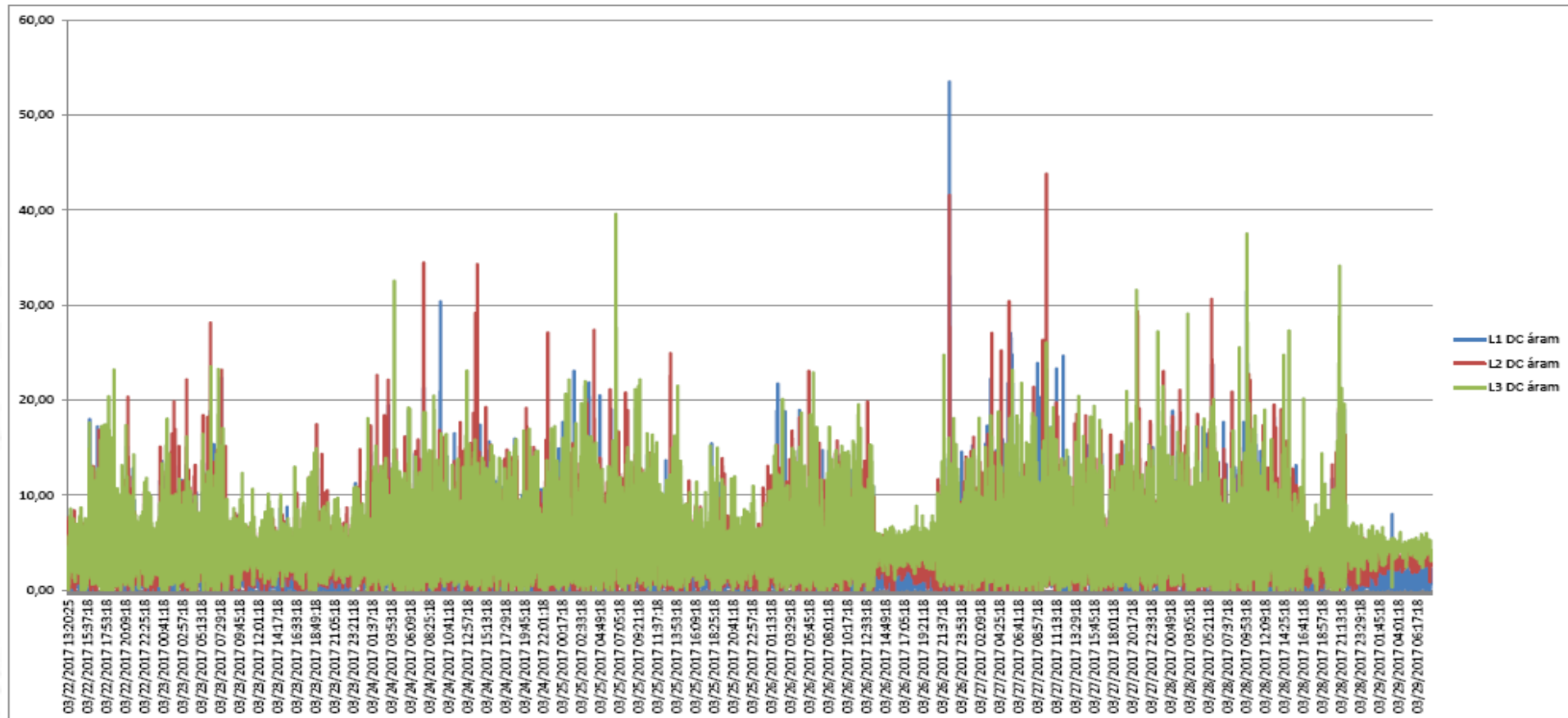
Korrekt adatokból számítható: - a zavaráram effektív értéke





# 4. Mérés és vizsgálat

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

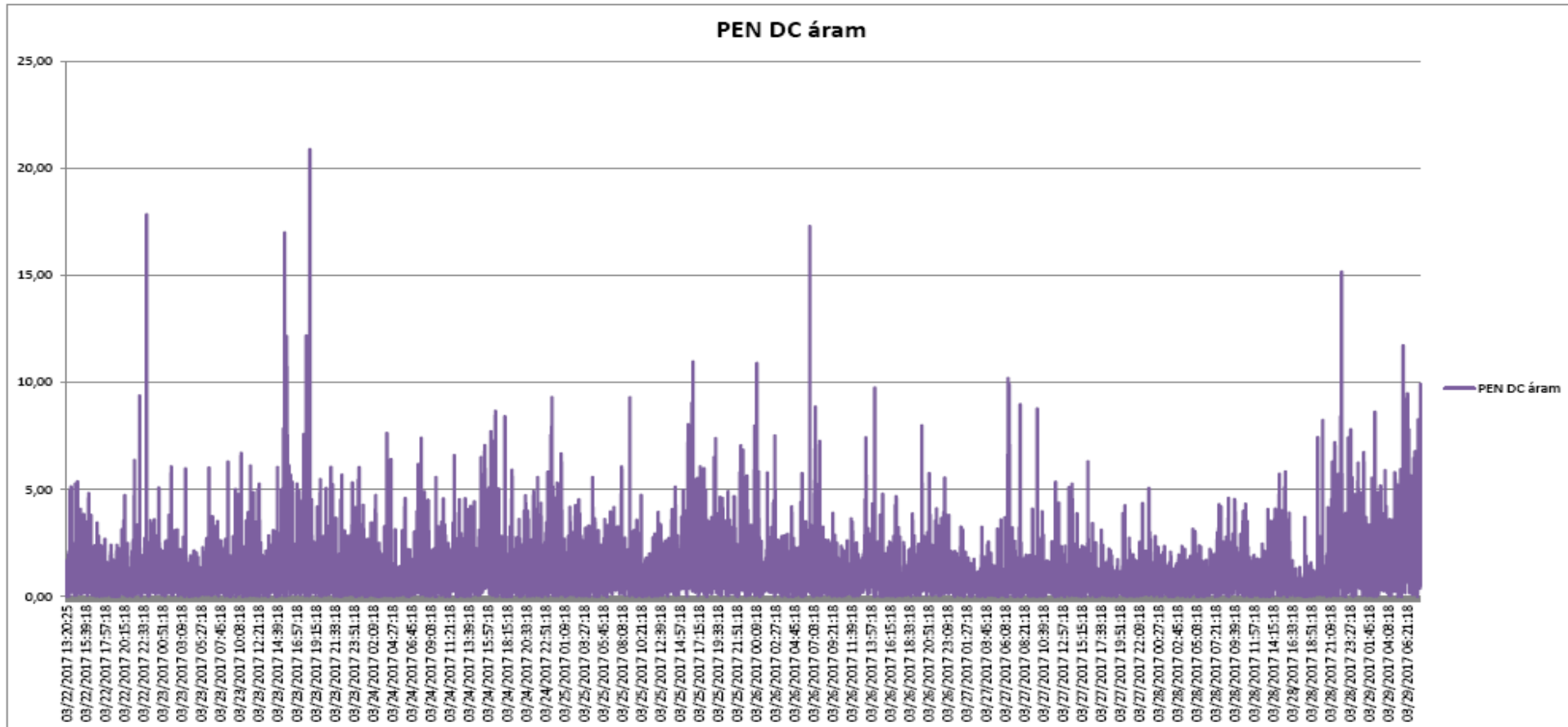






# 4. Mérés és vizsgálat

Korrekt adatokból számítható: - PEN DC zavaráram effektív értéke

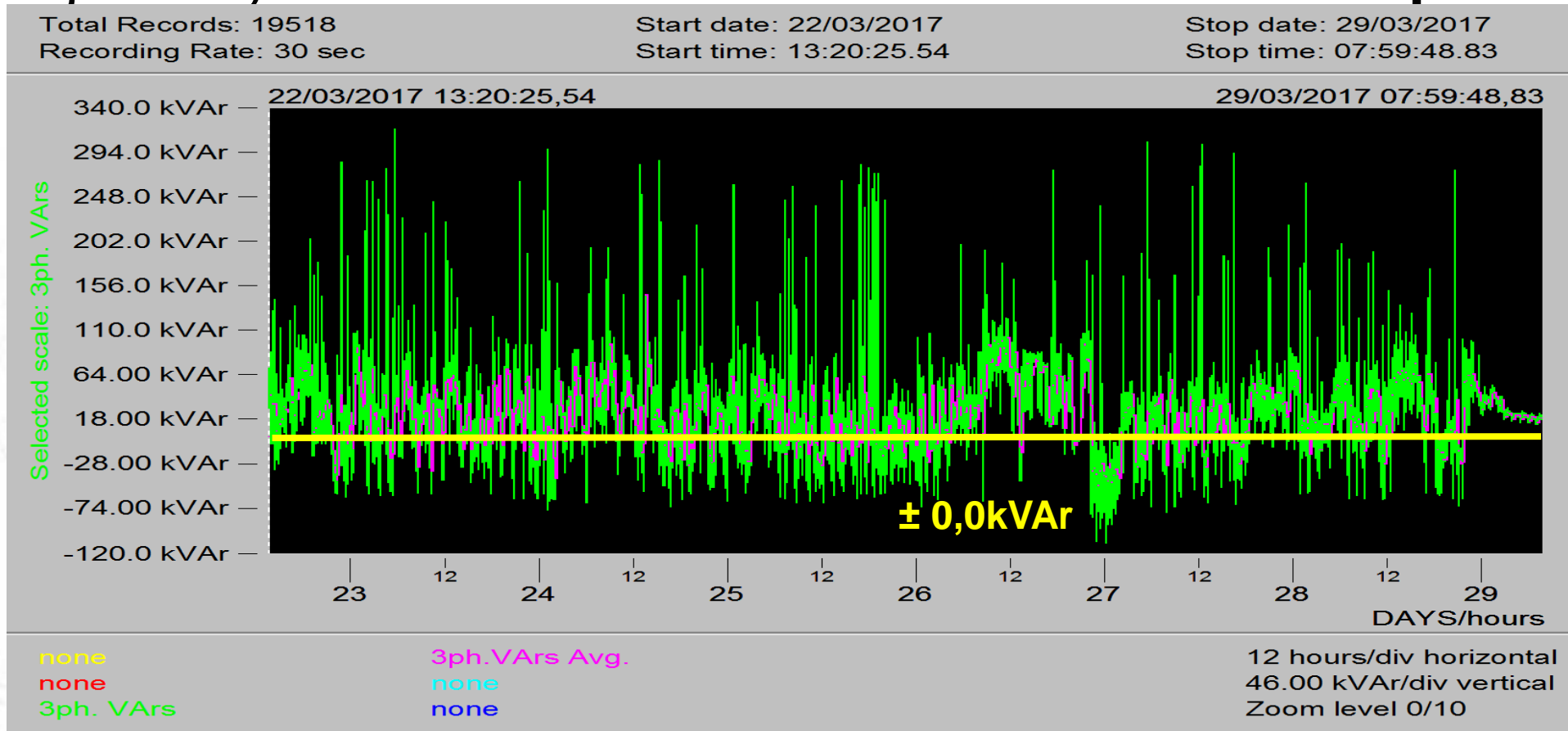






# 4. Mérés és vizsgálat

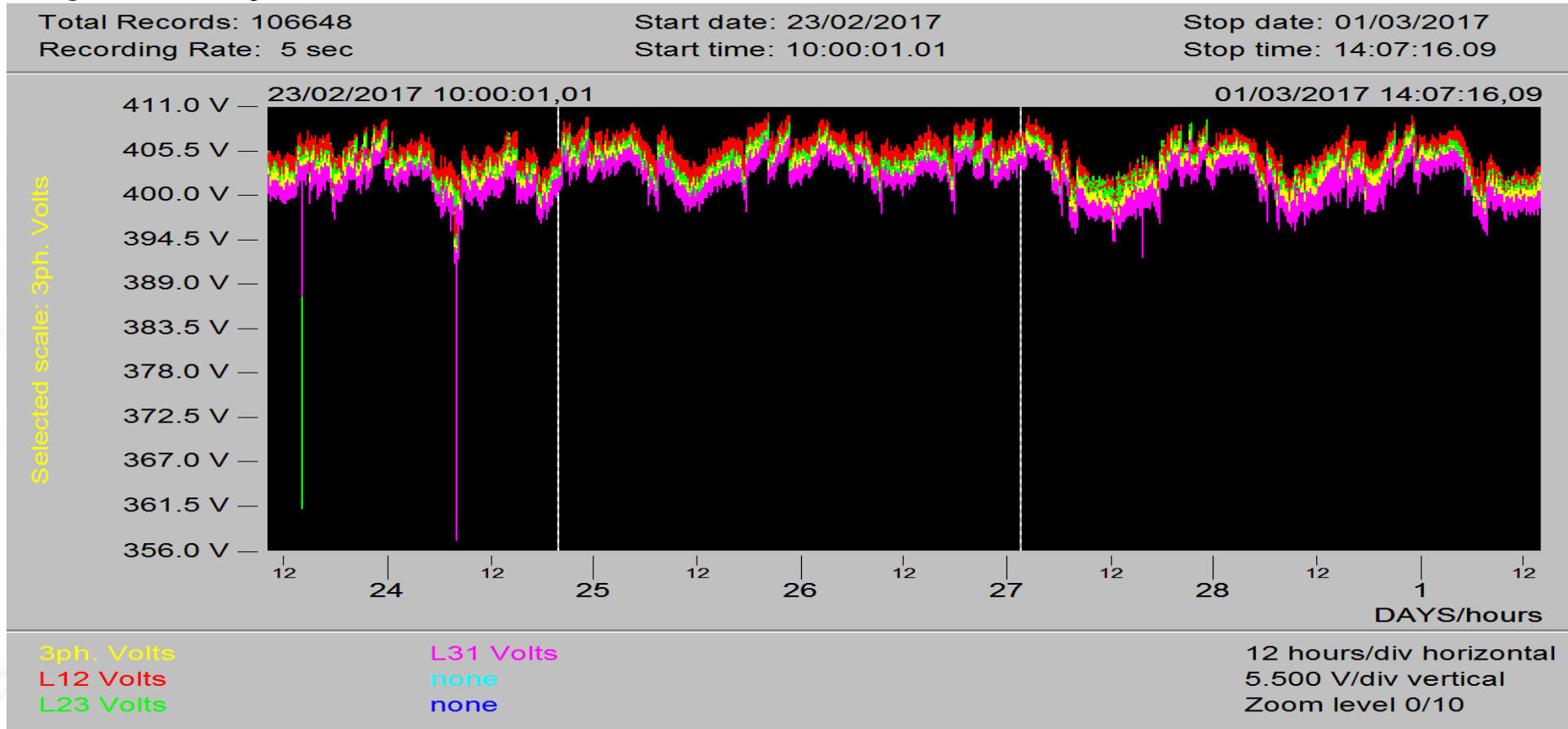
Értékeljük helyesen a mérést: - az elosztó hálózat **kapacitív!**





# 4. Mérés és vizsgálat

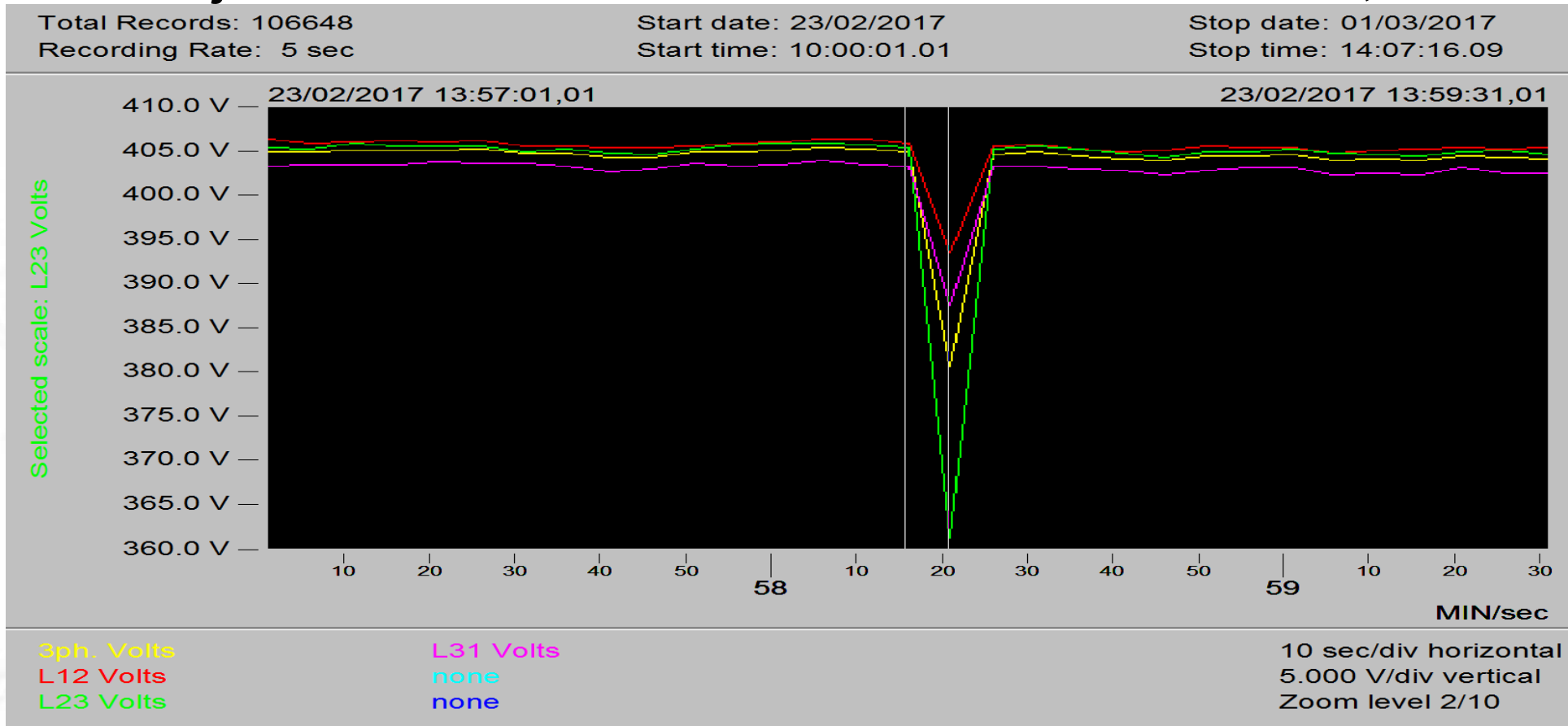
Értékeljük helyesen a mérést: - **külső anomália a hálózaton!**





# 4. Mérés és vizsgálat

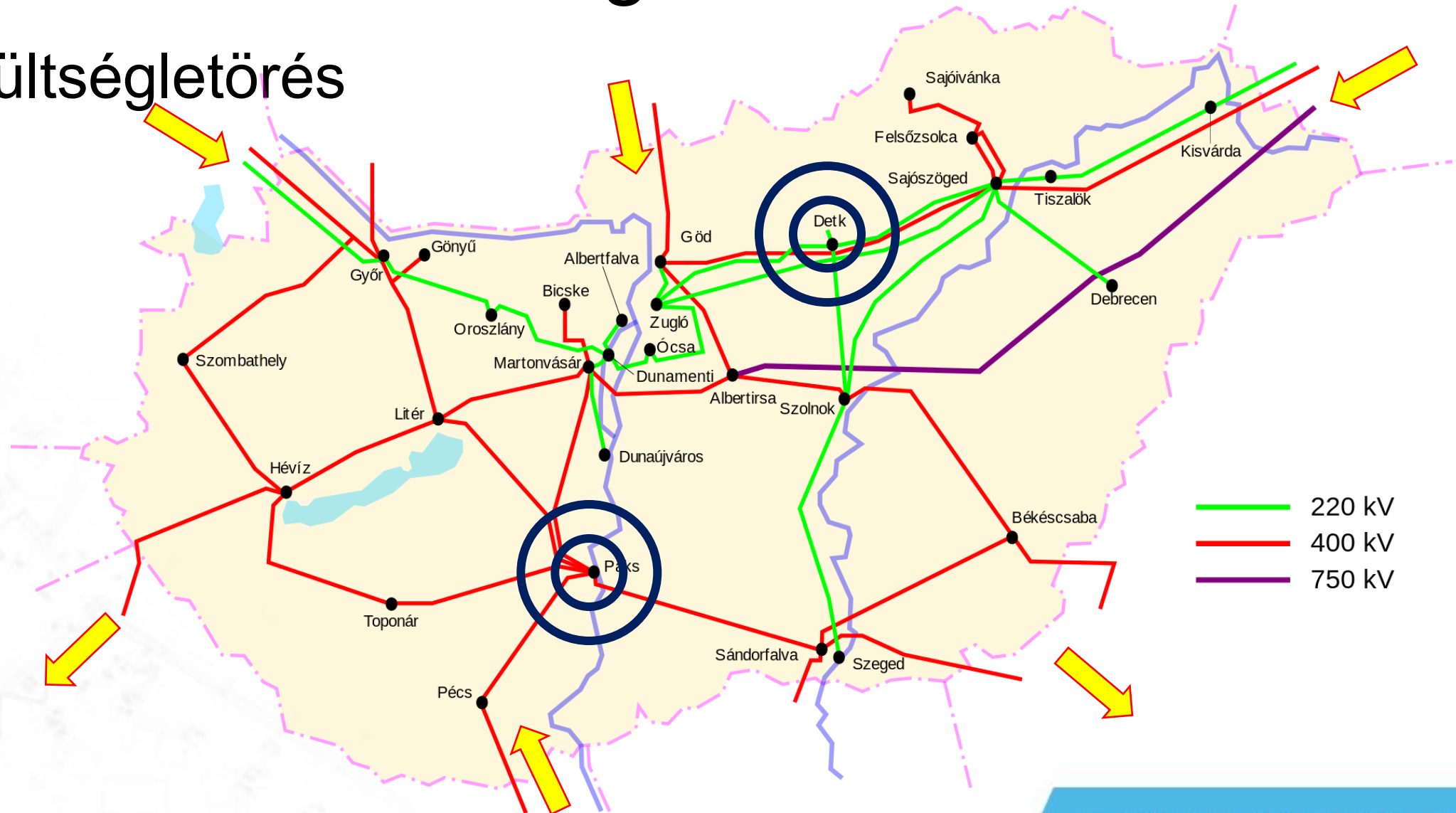
A rövid idejű kimaradás 70%-ban az időfaktor **kisebb, mint 1sec**





# 4. Mérés és vizsgálat

## Feszültségletörés





## 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:

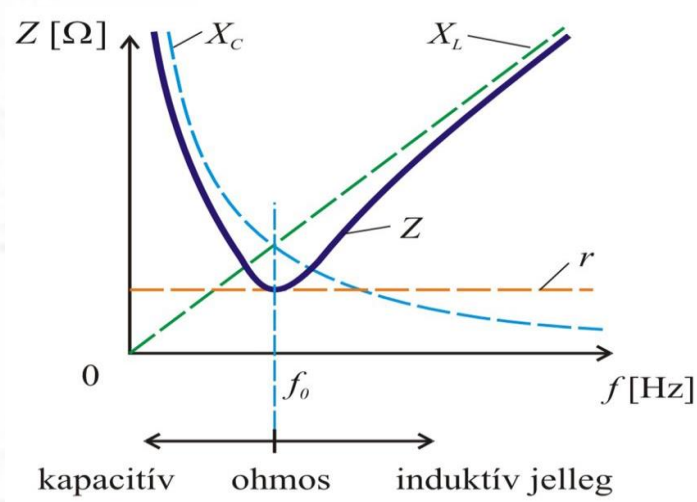
A fenti anomáliák közül szinte kizárólag a **feszültségletörés** a külső eredetű, **hálózati zavar**! A **harmonikus zavar**, valamint a **túlkompenzált hálózat** azonban a felhasználói **nemlineáris berendezések működésének természetes következménye**. Hagyományos eszközökkel a feltárt anomáliák csak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

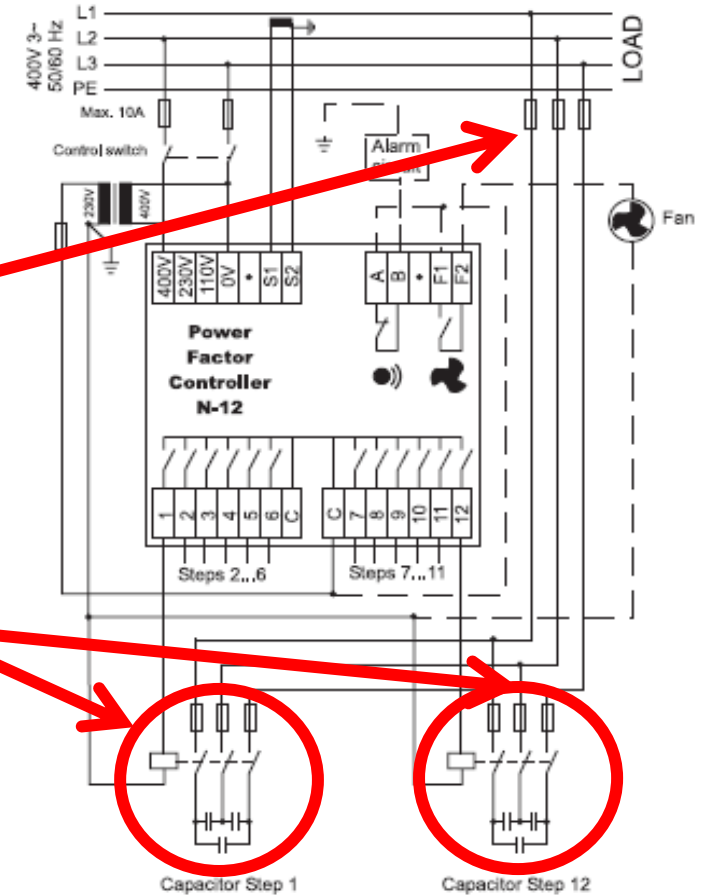
A harmonikus zavarok kompenzálására fojtózott fázisjavítást ajánlanak, mivel az  $f_0 = 139\sim 145\text{Hz}$  frekvencia felett induktívra módosítja a leágazási impedanciát.





# 4. Mérés és vizsgálat

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





# 4. Mérés és vizsgálat

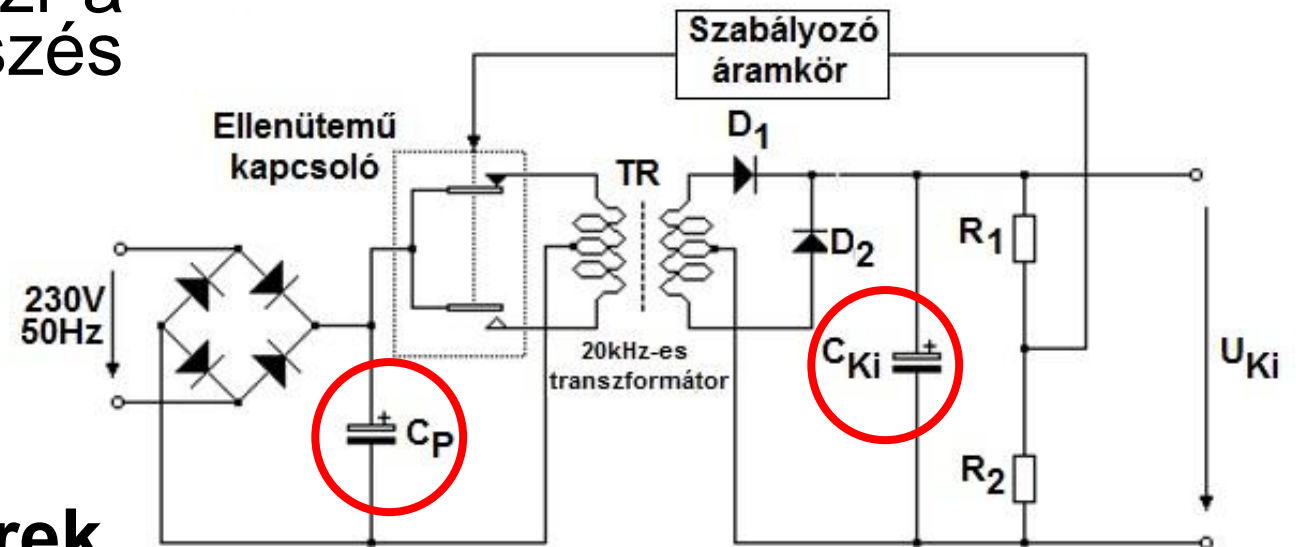
A korszerű nemlineáris elemek, pld. a frekvenciaváltós hajtások vezérlése elvben lehetővé teszi a bemeneti impedancia tetszés szerinti változtatását, akár a

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

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](http://wiki.ham.hu/index.php/Kapcsolóüzemű_tápegység)



## 4. Mérés és vizsgálat

### Foto-voltaikus rendszerek:

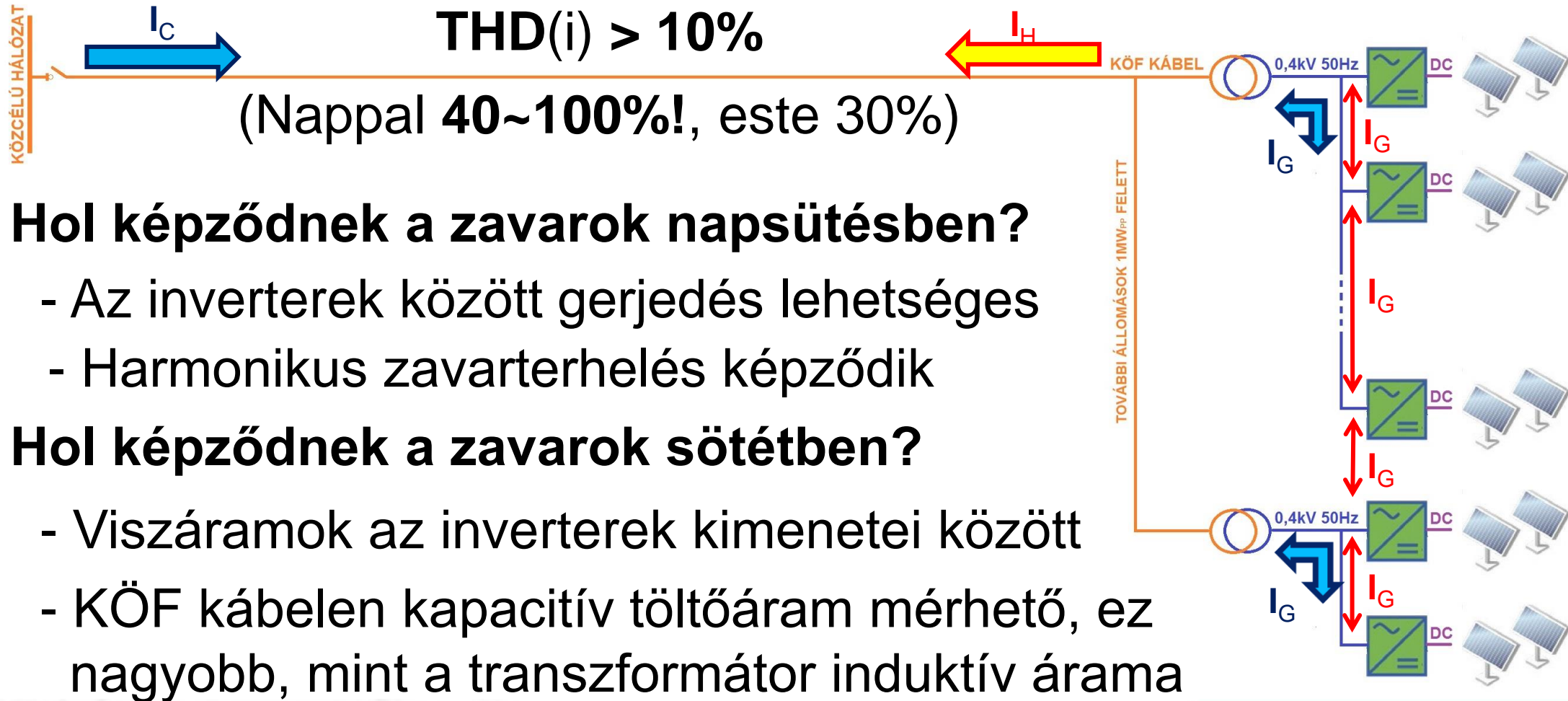
Látszólag nem illenek ide a napelemes-, solar-, más néven foto-voltaikus (**PV**) rendszerek. Külön érdekessé teszi a vizsgálat szükségességét, hogy a **napelemek csatlakozási feltételeit a közcélú hálózathoz a Szolgáltató határozza meg, épp úgy mint az alkalmazható – bevizsgált – DC/AC inverterek választékát.**

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

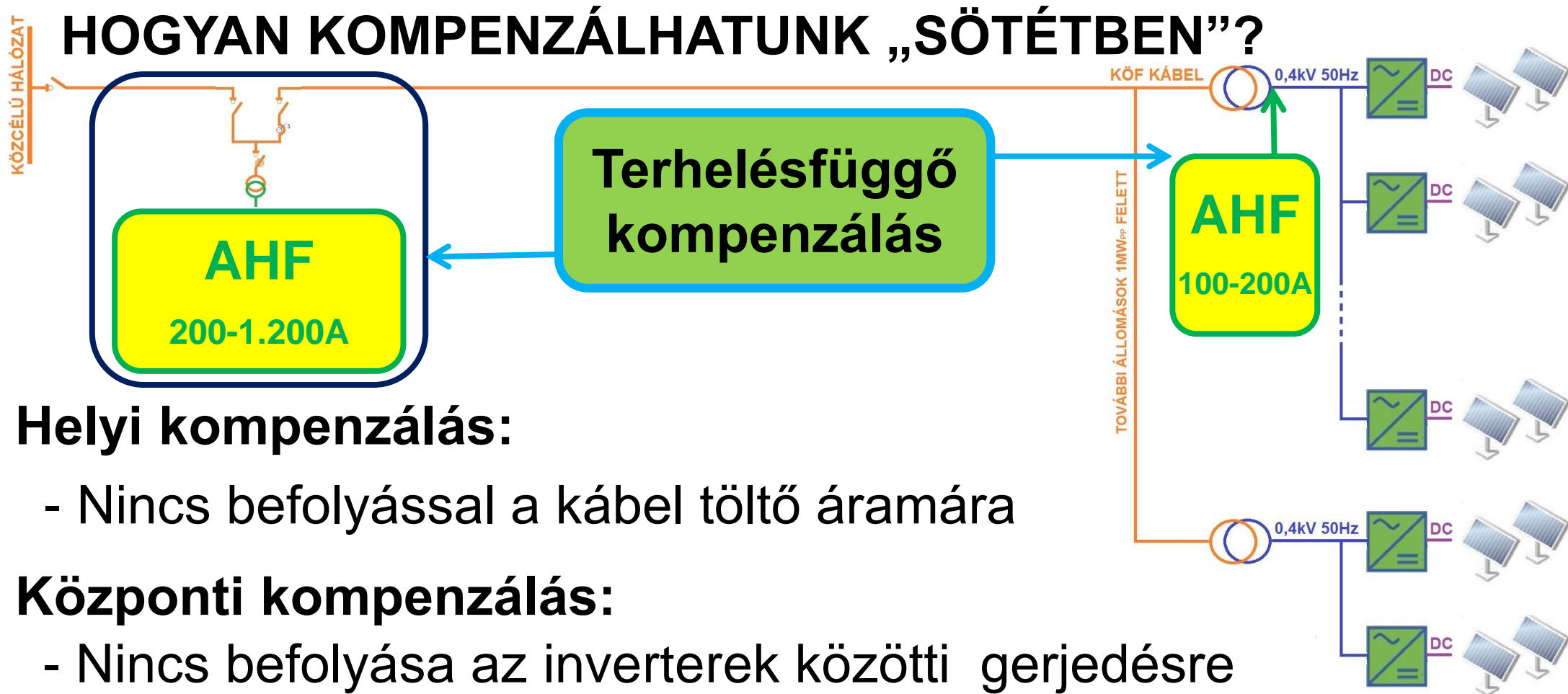
A nemlineáris elemek, a teljesítmény elektronikus szabályozása miatt **a hagyományos fázisjavító berendezések alkalmazása szükségtelen**, mivel nem alkalmasak az időszakosan kapacitív meddőteljesítmény vagy a harmonikus zavaráram kompenzálására.

**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



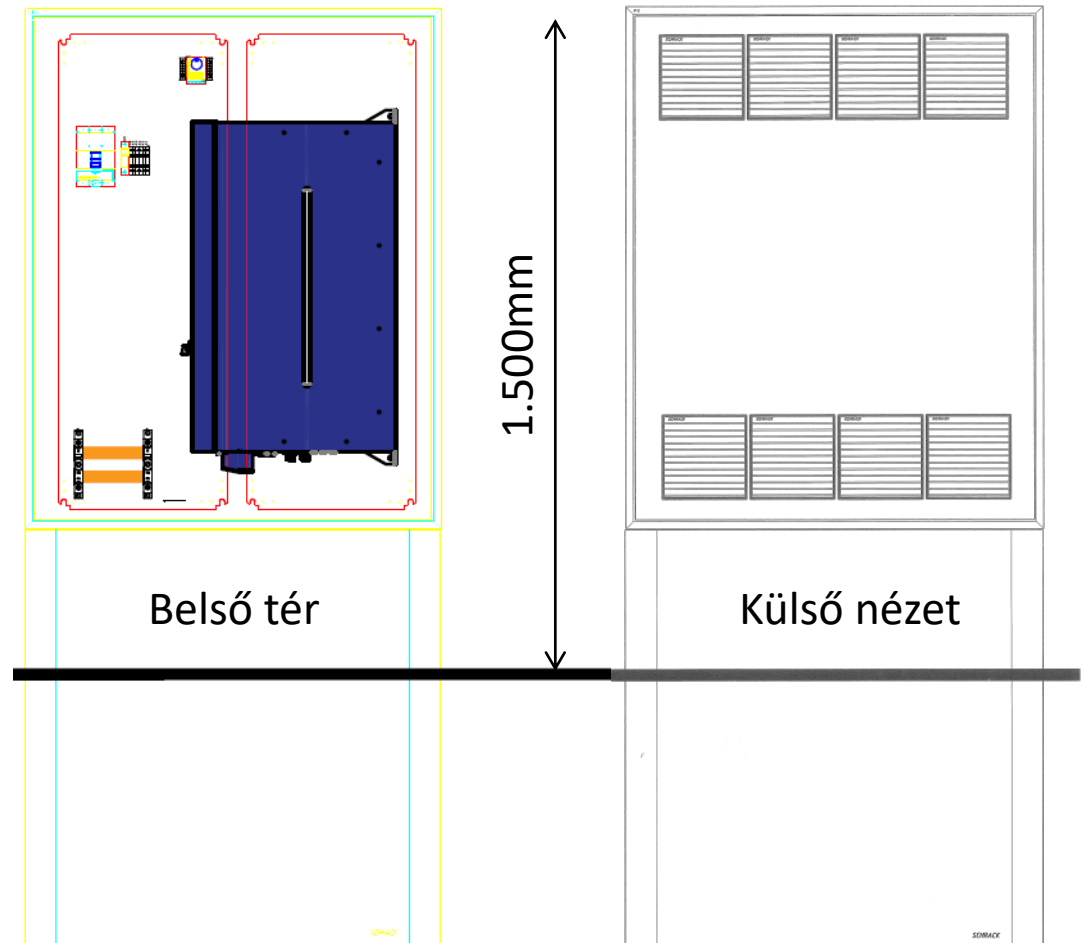


## 4. Mérés és vizsgálat

**Belső kompenzálásra 500W<sub>P-P</sub>** részére fejlesztettük ki a kültéri kivitelű aktív szűrőt. Ezen kívül alkalmazhatunk „menetrend” tartásra is tárolót

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

**A Beruházó részére többletköltség, de a termelt energia eladási értéke magasabb!**

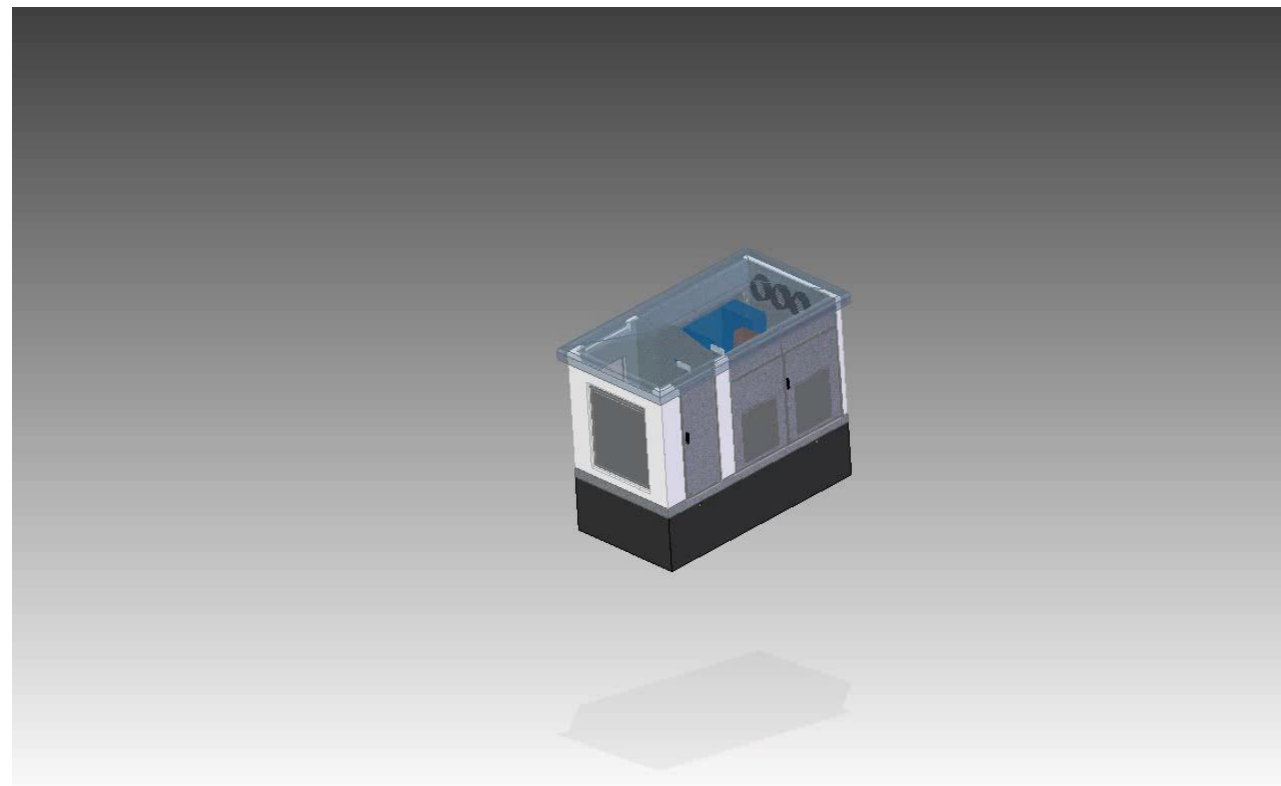




## 4. Mérés és vizsgálat

**Külső kompenzálásra lett kifejlesztve a 0,4kV-on 1.200A, 22kV-os feszültség szinten 20~24A<sub>eff</sub> 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

### 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

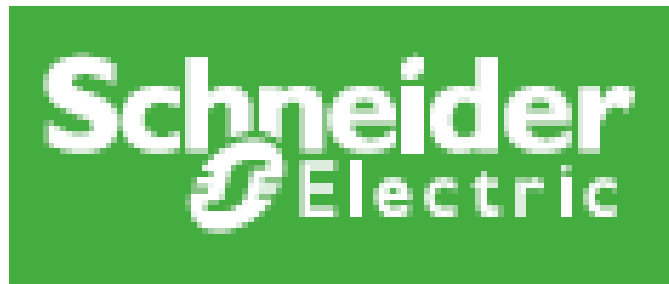
Két hibajelenséget és az **MSz EN 62305** szabvány által definiált „**gazdasági kár**”-t nem vizsgáltuk, melynek okozója, a **harmonikus zavar**, valamint a **rövid idejű,  $t \leq 2\text{sec}$  feszültség letöréseket**. Védekezéshez az UPS egységek alkalmazása költséges, a zavarok ellen hatástalan.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







## 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 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 ~ 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 zavaroszűrők 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, válasszunk ki egy 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

### Párhuzamosan üzemelő modulok száma:

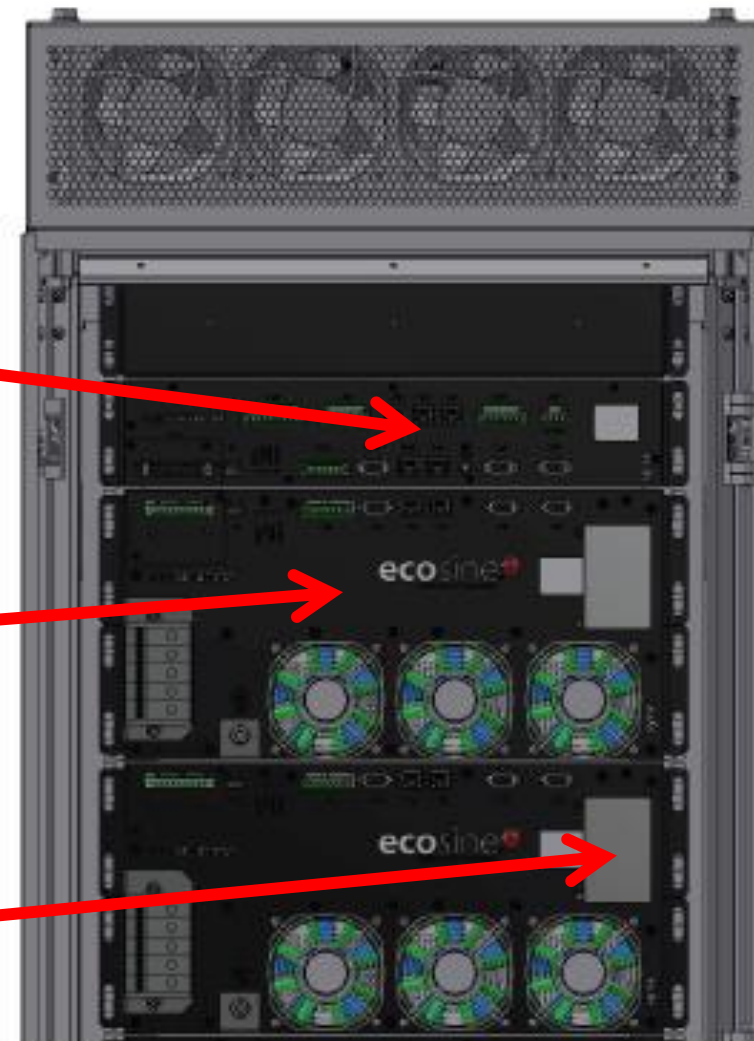
Egyes gyártók előre definiált szűrtető elosztószekrényben elhelyezett **vezérlő** és, pld. **60A teljesítményű** szűrőmodulokat alkalmaznak.

A modulok szinkronizálás **szűrő** ponti elem **végzi**, viszont a központi elem **vezérlő** elemek párhuzamos kapcsolása nem lehetséges, emiatt a rendszer szintű, teljes **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 teljesítmény értéke magas,  $I_H = 50 - 200A_{eff}$ , a külső vezérlőegység alkalmazása szükséges, az ellenőrzéshez lehetséges, de nem ajánlott.

A jelenleg ismert legjobb műszaki megoldás a párhuzamos kapcsolásuk egységes teljesítményük széles tartományban megvalósítható, 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

**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
<b>A számított veszteség értéke</b>	<b>&lt;3,13%</b>	<b>&lt;2,89%</b>	<b>&lt;2,81%</b>	<b>&lt;2,77%</b>	<b>&lt;2,74%</b>
<b>Eltérés mértéke a katalógus adattól</b>	<b>+20,38%</b>	<b>+11,15%</b>	<b>+8,08%</b>	<b>+6,54%</b>	<b>+5,38%</b>



## 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

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

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

A számítást elvégezve láthatjuk, minden  **$I_H = 100A$**  értékű kompenzáló áram esetén megvalósított **0,1%-os veszteség csökkentés** már mérhető költségcsökkenést eredményez!

A veszteség **3%-ról 2,3%-ra** történő csökkenése **már öt éves élet- ciklus esetén is a beruházás értékének kb. 3%-t jelenti!**





## 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

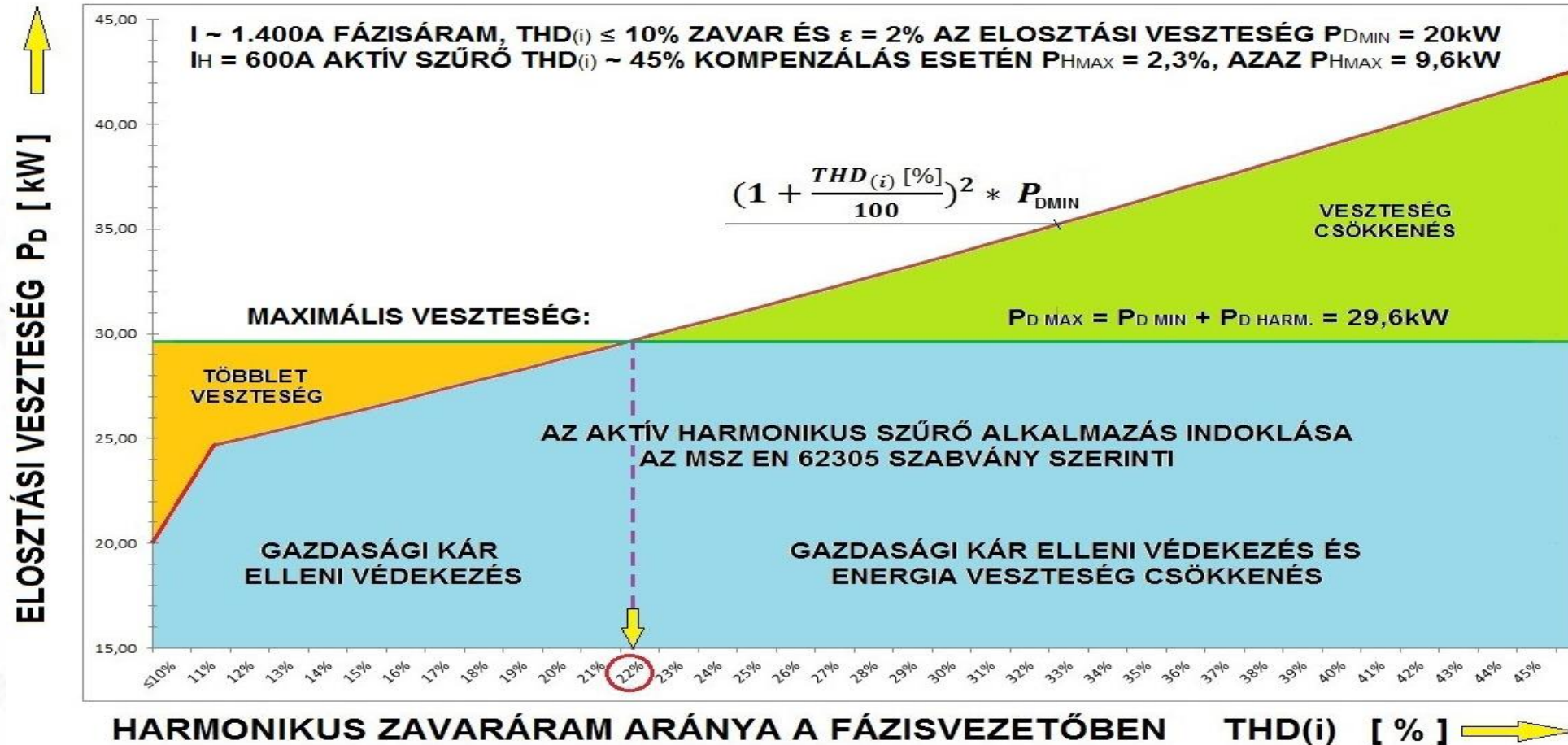
Természetesen a teljesítményveszteség csökkentésének szükség-szerűségét a gyártók felismerték, megvalósítására egyesek jelentős munkát fordítanak, mások az adatokat inkább „**rugalmasan**” kezelik. Ismert olyan termék, ahol a **<2,3%** veszteséget úgy mutatják ki, hogy „**üzemszerű**”-nek nevezett - ismeretlen mértékű – **azonban a névlegesnél kisebb terhelésnél mért veszteségi értékét a maximális terhelés értékéhez viszonyítva adják meg!**

Kérem, határozzák meg Önök az érték valóságtartalmát, hiszen ezen az elven kimondható, az adott szűrőtípus vesztesége **0%!**  
**Kikapcsolva...**



# 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:



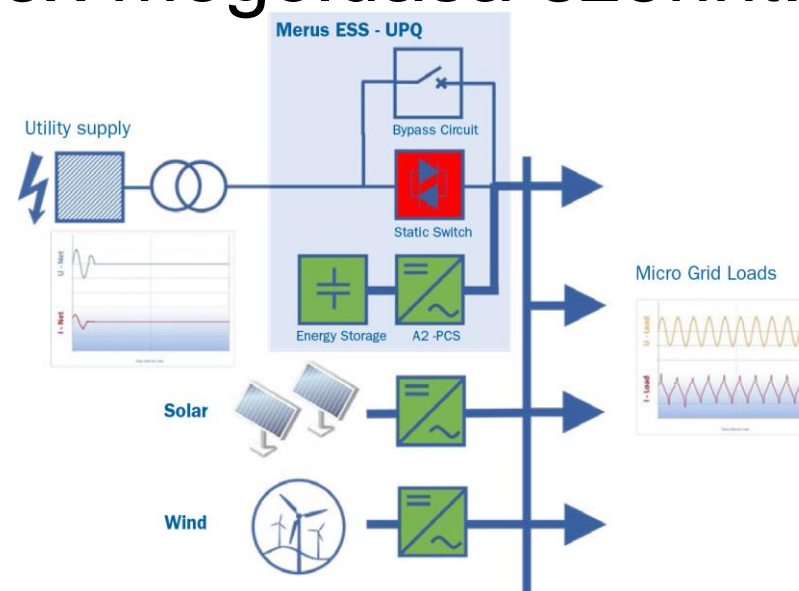
**A2**



**UPQ**



**STATCOM**



**ESS**

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



## 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

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

A **MERUS<sup>®</sup>** 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



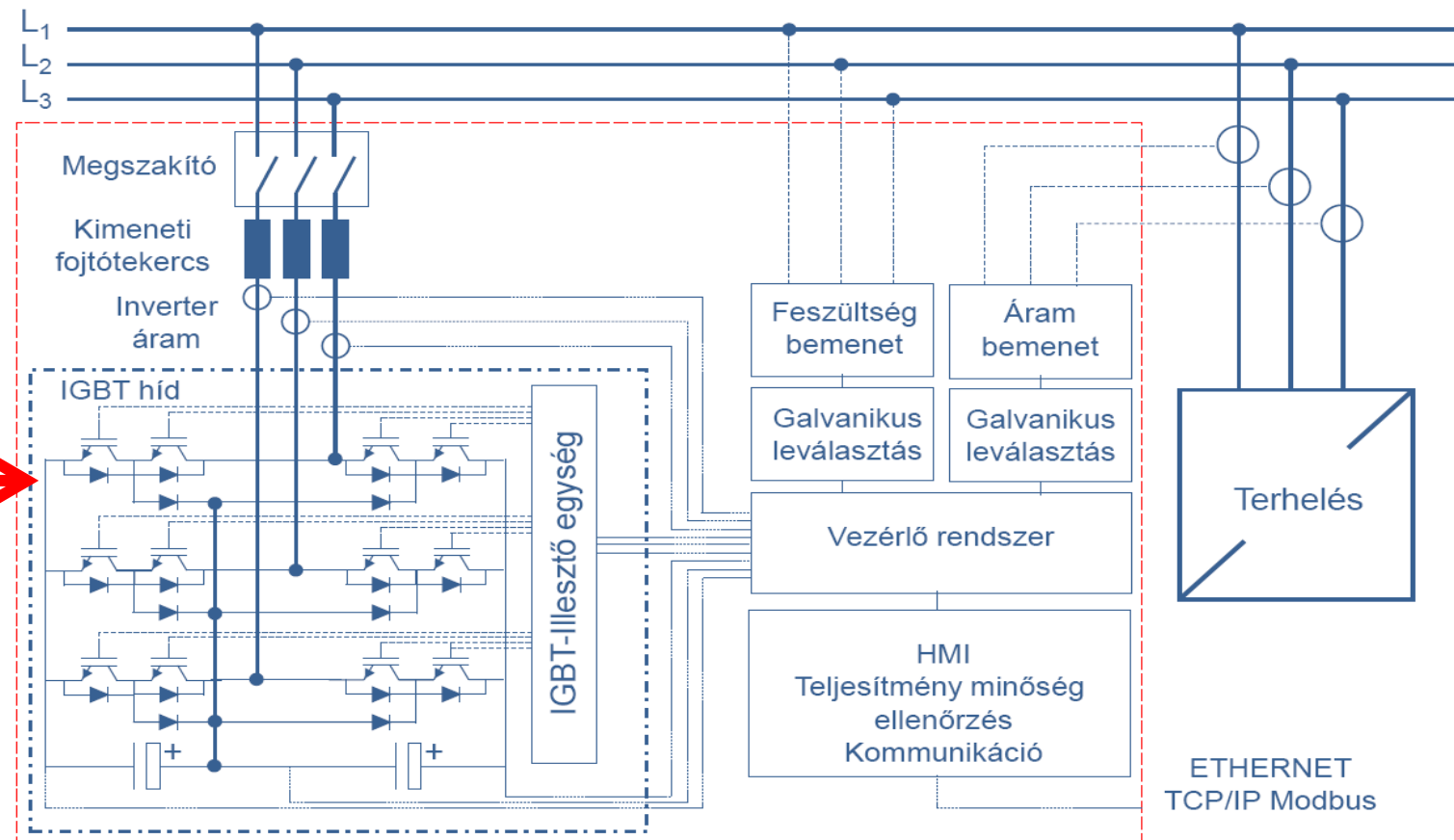
**Szerelve:**





# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az **A2** harmonikus szűrőmodul felépítése:



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



# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

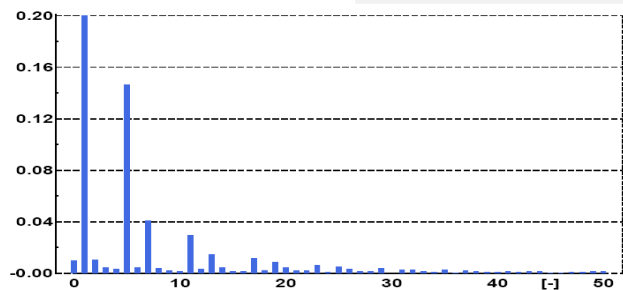
## Gyakorlati alkalmazási példa 1:

### Változó sebességű hajtások

A vezérlés felharmonikus torzítása



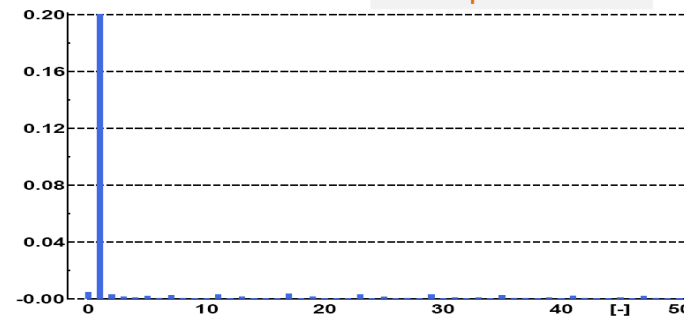
Merus Aktiv szűrő nélkül



$I_{thd} = 158A$



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

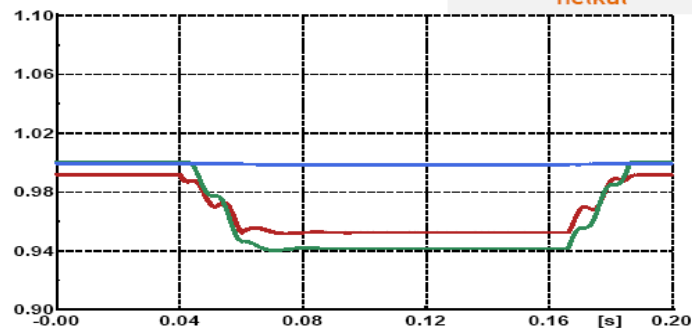
## Gyakorlati alkalmazási példa 2:

### Hegesztő robotok alkalmazása

Aszimmetrikus terhelés hegesztéskor



Merus Aktiv szűrő nélkül

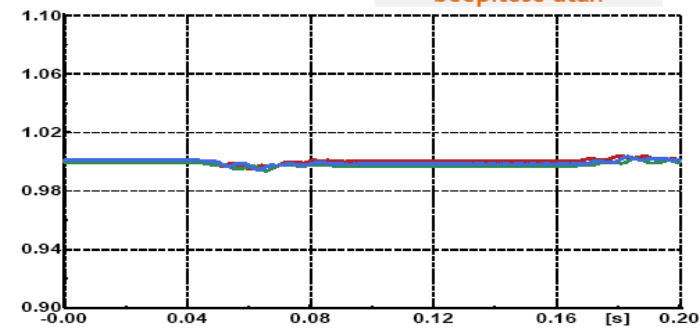


$$U_{ub} = 3.7 \%$$

$$\Delta U = 6.0 \%$$



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  **$3 \cdot 200 \div 690V_{\text{eff}}$  50/60Hz**, értéke beállítható!
- az alkalmazható érintésvédelmi mód **TN-C / TN-S** vagy **IT**
- egy modul kompenzáló árama lehet **50-100-150-200A<sub>eff</sub> / 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

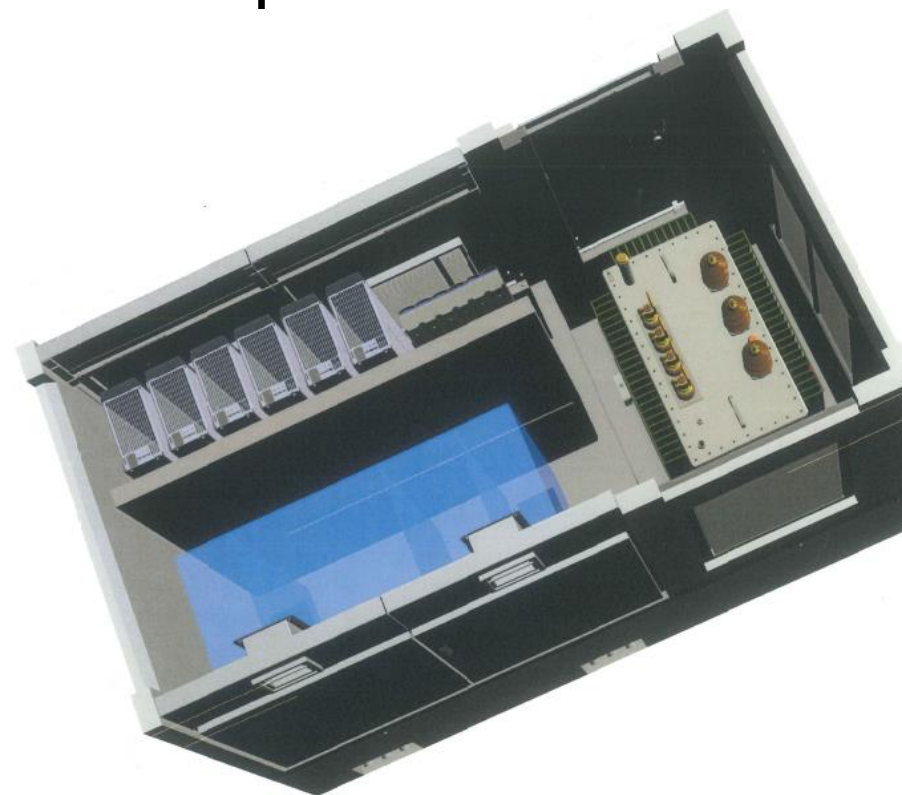
Alkalmazhatjuk  
modulárisan



Beépíthetjük  
elosztószekrénybe



Építhetünk automatikus  
kompenzáló állomást





# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az aktív harmonikus zavarászűrő működésének az alapja, a torzulás kiegyenlítése tárolt energiával, minimális energiaveszteség mellett:





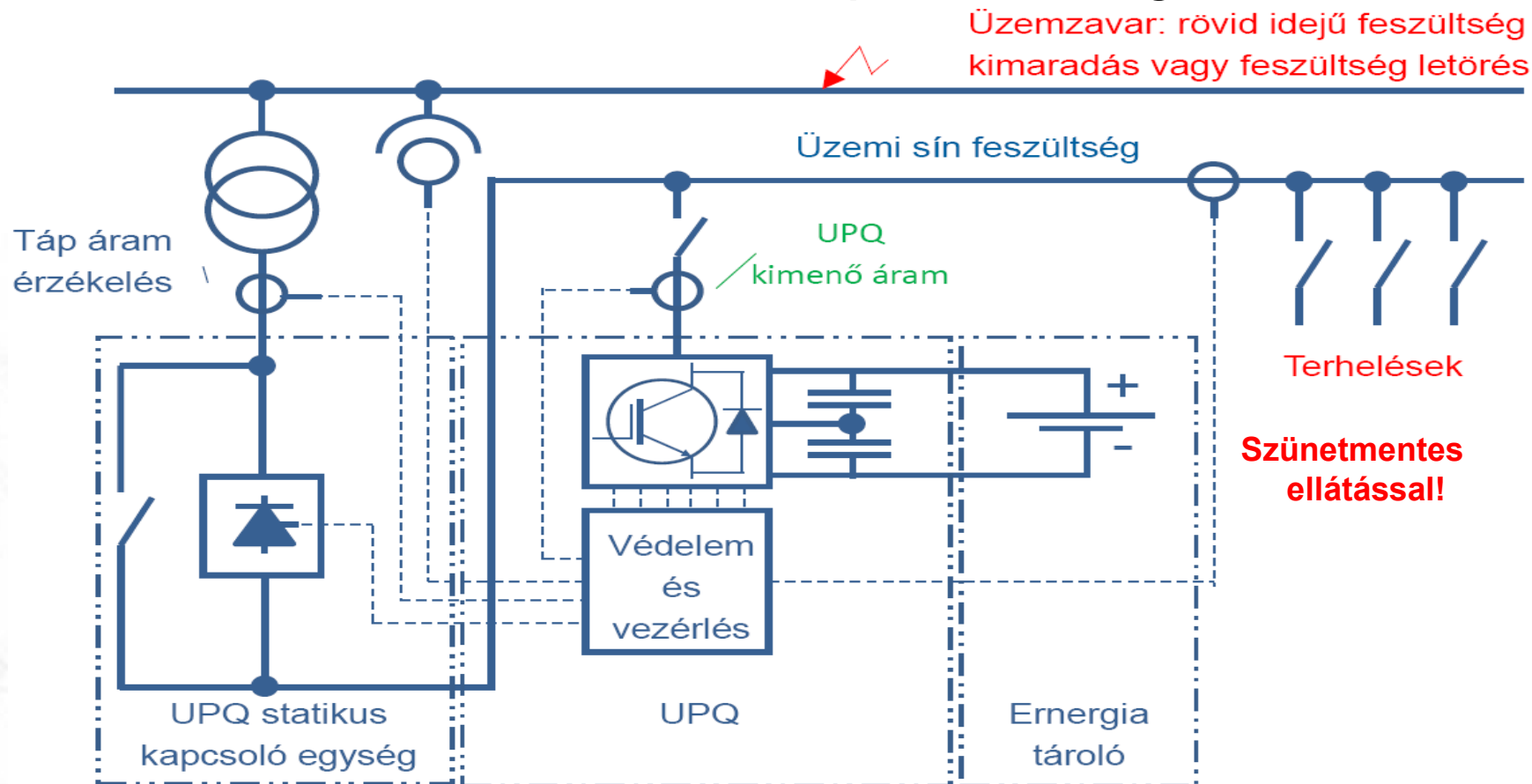
# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az „**UPQ**” szünetmentes energiaellátás bel- és kültéri kivitelben:



# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az „**UPQ**” harmonikus szűrővel felépített energiatároló működése:



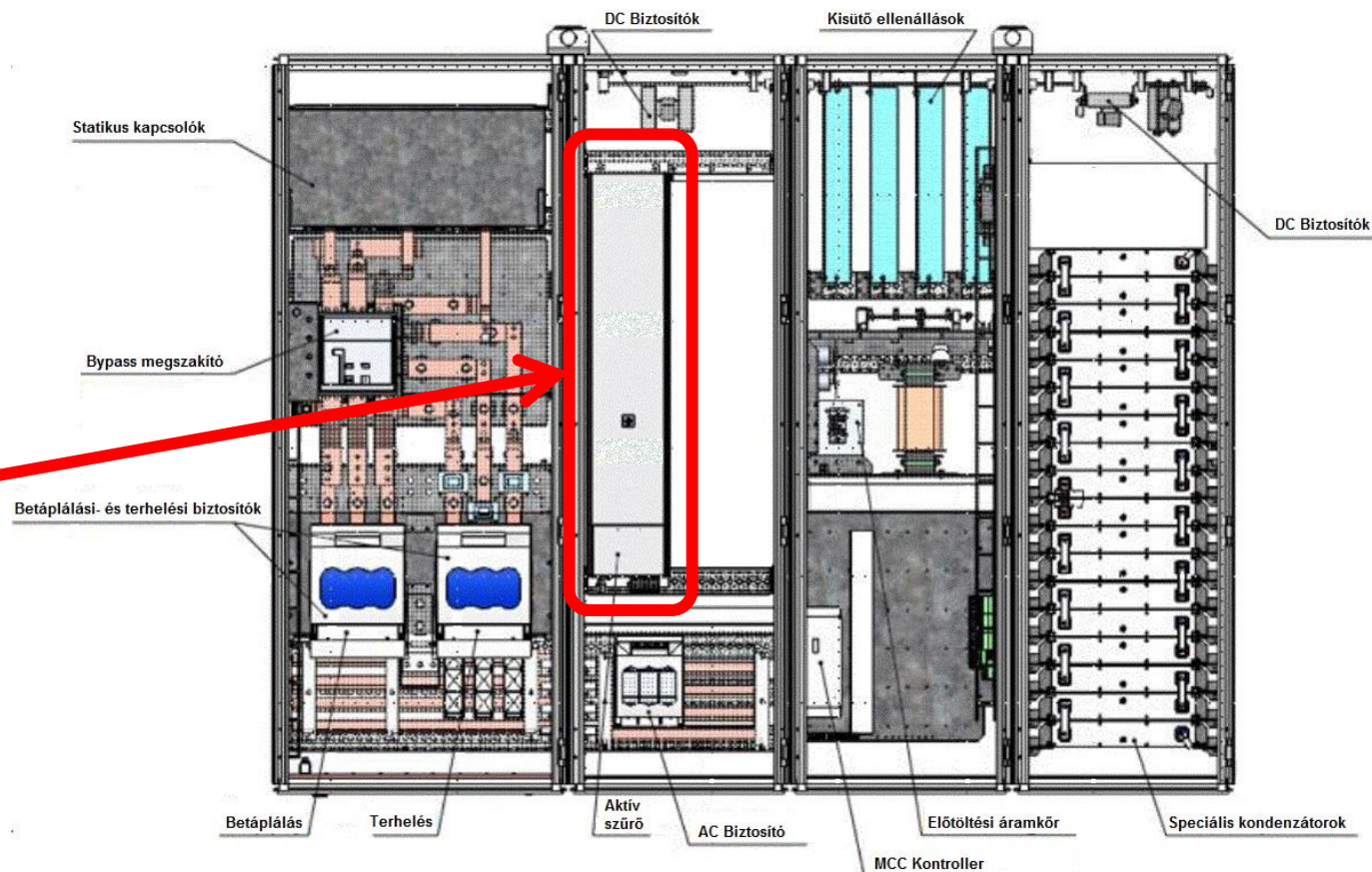




# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A harmonikus szűrővel felépített „UPQ” egység belső kialakítása:

A kétirányú  
AC/DC  
inverter az  
**A2** típusú  
harmonikus  
zavarszűrő!







## 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Vizsgáljuk meg a **MERUS „UPQ”** egység komplex paramétereit:

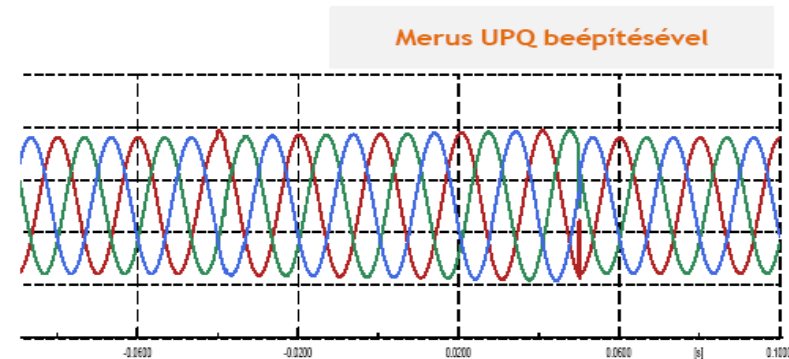
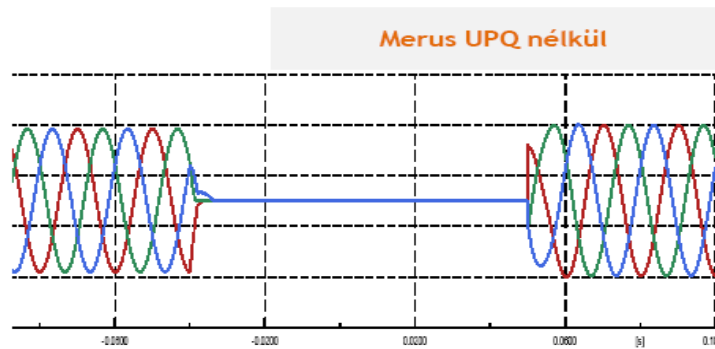
- Normál –  **$U_N \pm 10\%$**  - feszültség esetén **harmonikus zavarszűrő**, feladata a sztohasztikus zavarok megelőzése,  **$t \leq 100\mu\text{sec}$**
- Beavatkozása valós időben, **ONLINE** üzemmódban történik
- Max. **35kV** és kb. **30MVA** az áthidalási idő **1~3sec** / kondenzátor,  **$\geq 30\text{sec}$**  / Li-Ion elem
- Az érintésvédelem kisfeszültségen **TN-C/S**, de **IT** is lehetséges
- Beépített **hűtéssel** szállítva, maximális vesztesége  **$P_D < 1\%$** , azonban **üzemszerűen csak  $P_D = 0,4 \sim 0,6\%$**



# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Gyakorlati alkalmazási példa:

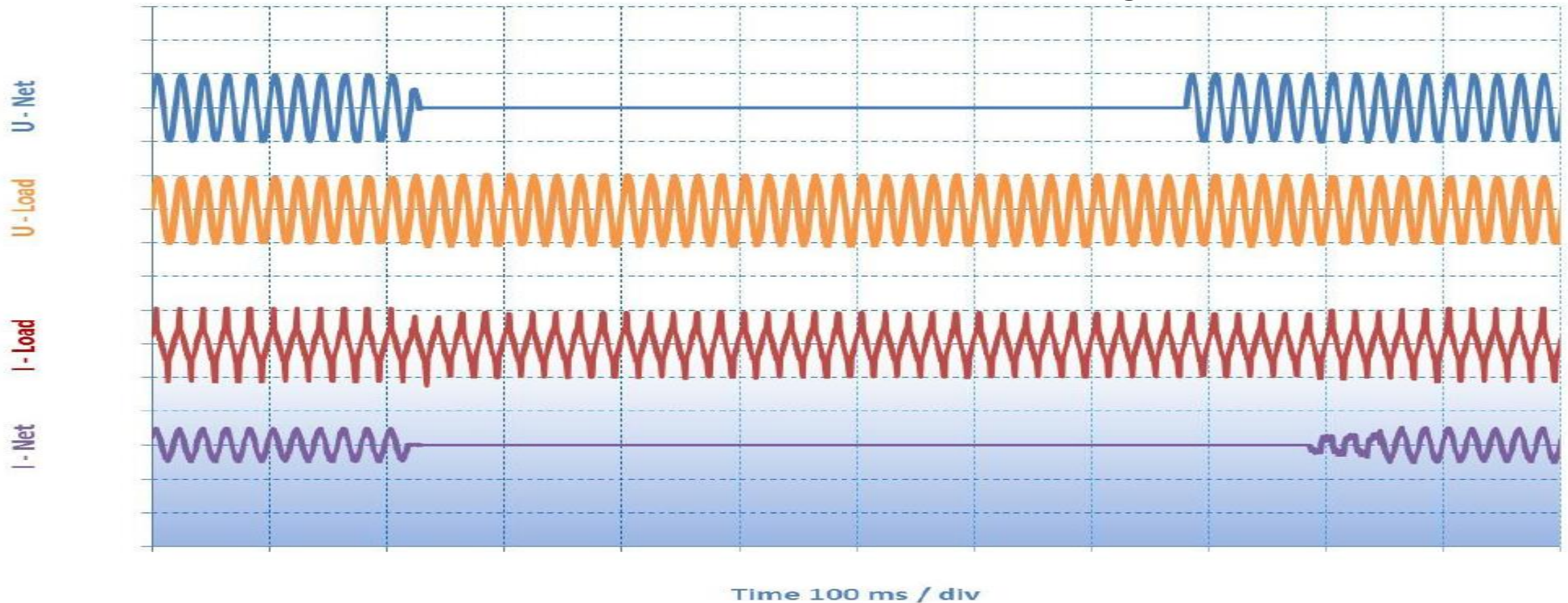
Hosszú, érzékeny ipari folyamatok





# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

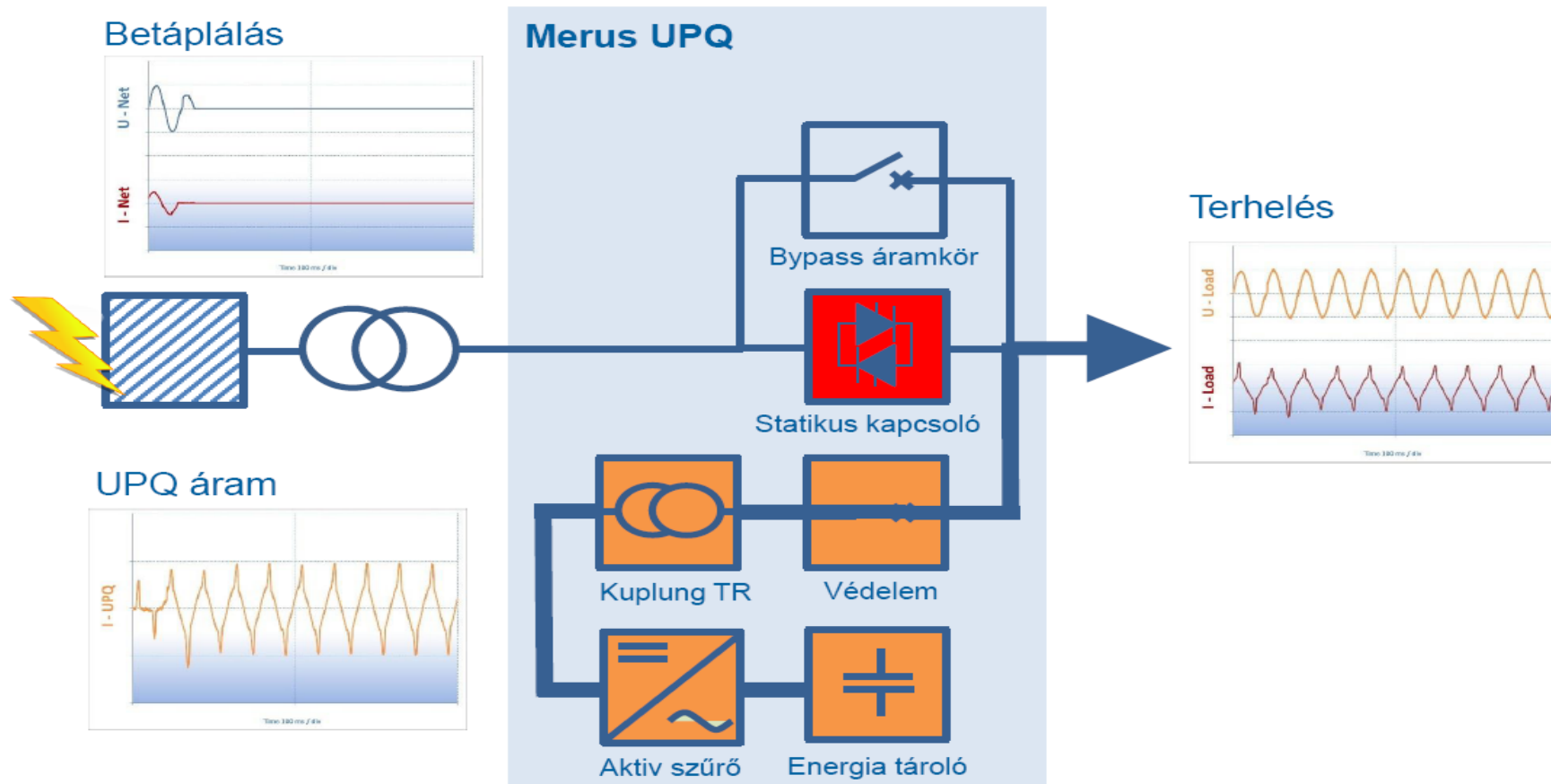
A beavatkozás hatása a be- és kimeneti feszültség és áram értékére:





# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Az „**UPQ**” szünetmentes energiaellátás **0,2kV-tól 35kV-ig** szállítható

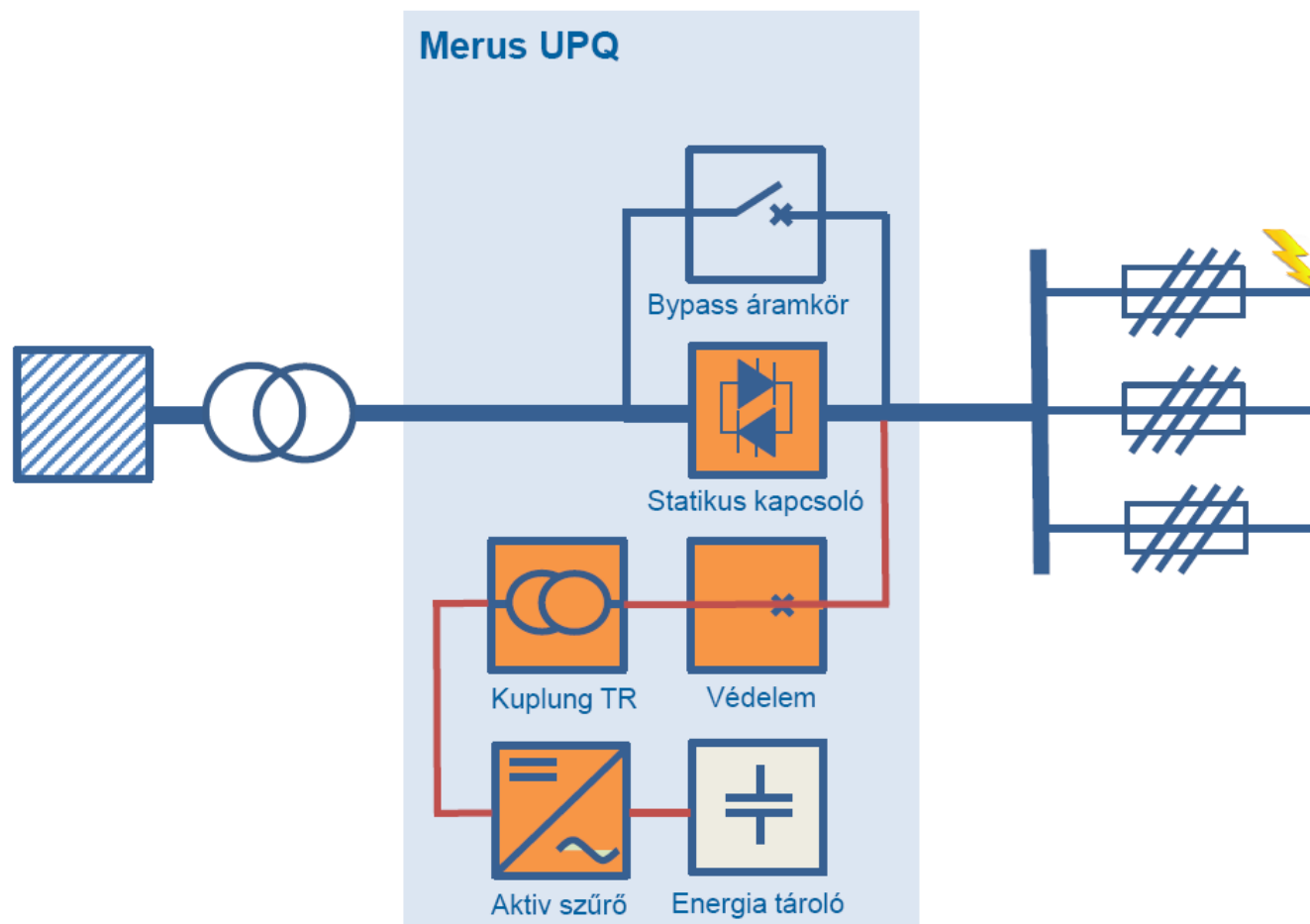




# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

## A 0,4kV-os UPQ egység:

- utólag egyszerűen, **belső** és külső téren is telepíthető
- **150%-kal 30sec** időre a kimenet túlterhelhető
- vesztesége  $P_{DMax} < 1\%$
- nem szükséges a védelmi adatok megváltoztatása, mivel a kimeneti  $I_z = 40kA!$

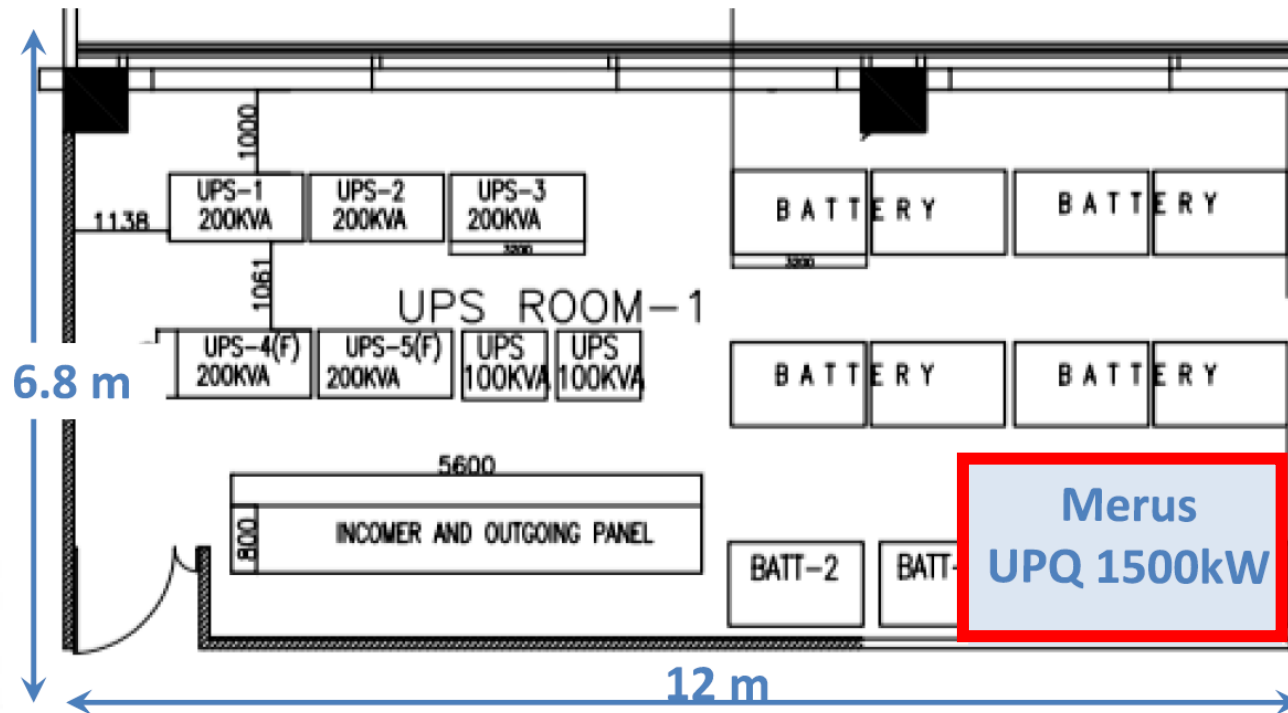






# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

Miért ajánlott az **UPQ** alkalmazása, ha már létezik az **UPS** is?



**UPS:** légkondicionált termet és  $P=1,5\text{MVA}$ -nél  $\sim 80\text{m}^2$  helyet igényel



## 5. Kompenzálás, zavarelhárítás



**Példa a 0,4kV-os UPQ egységre:**

- $U_N = 3 \cdot 400 / 230V$  50Hz
- Érintésvédelmi mód: **TN-C, TN-S**
- Kimeneti zárlati áram:  $I_Z = 40kA$
- $P_{Max} \sim 0,85MW$ ,  $I_N \sim 1.200A$  rövid időtartamig (**150% ▶ 30sec** illetve **300% ▶ 3sec**) túlterhelhető
- Méret: **4,3 \* 1,2 \* 2,25m** (< 6m<sup>2</sup>!)
- Beépített léghűtés:  $P_{DMax} < 1\%$





## 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

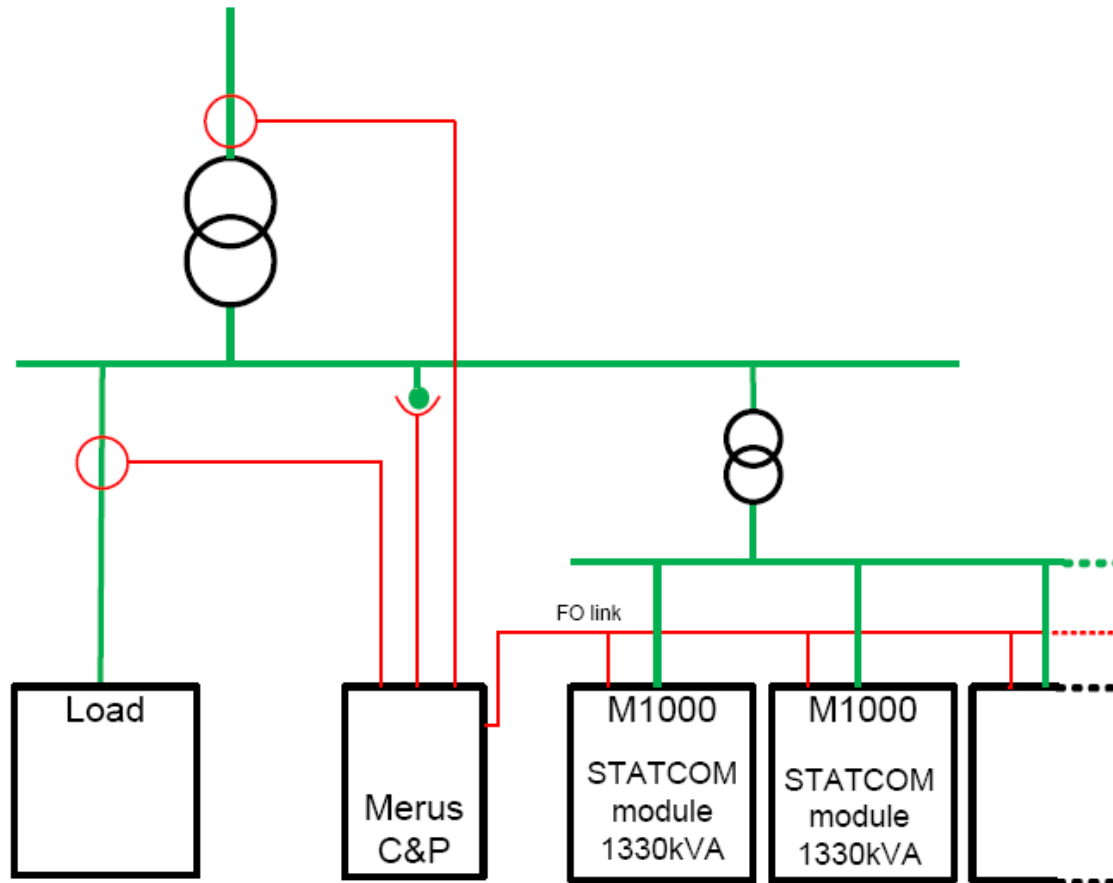
A **MERUS „UPQ”** energiatárolója **valós időben, egyidejűleg alkalmas** az alábbi feladatok ellátására:

- megfelelő feszültség esetén **aktív harmonikus zavaroszűrő**
- **kiesés mentes energiaellátásra**, a feszültség rövid időtartamú letörésekor- vagy kimaradásakor – kisfeszültségen kb. **1,5MW** teljesítményig - biztosítja annak folytonosságát, miközben **túlterhelhető**, pld. **150% / 30sec**, illetve **300% / 3sec**,  **$I_z = 40kA$**
- **párhuzamos csatlakozású**, minimális,  **$P_{DMax} < 1\%$**  veszteséggel
- élettartama **>15év; >500.000 kapcsolás** (max. 6 kapcs./perc)



# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

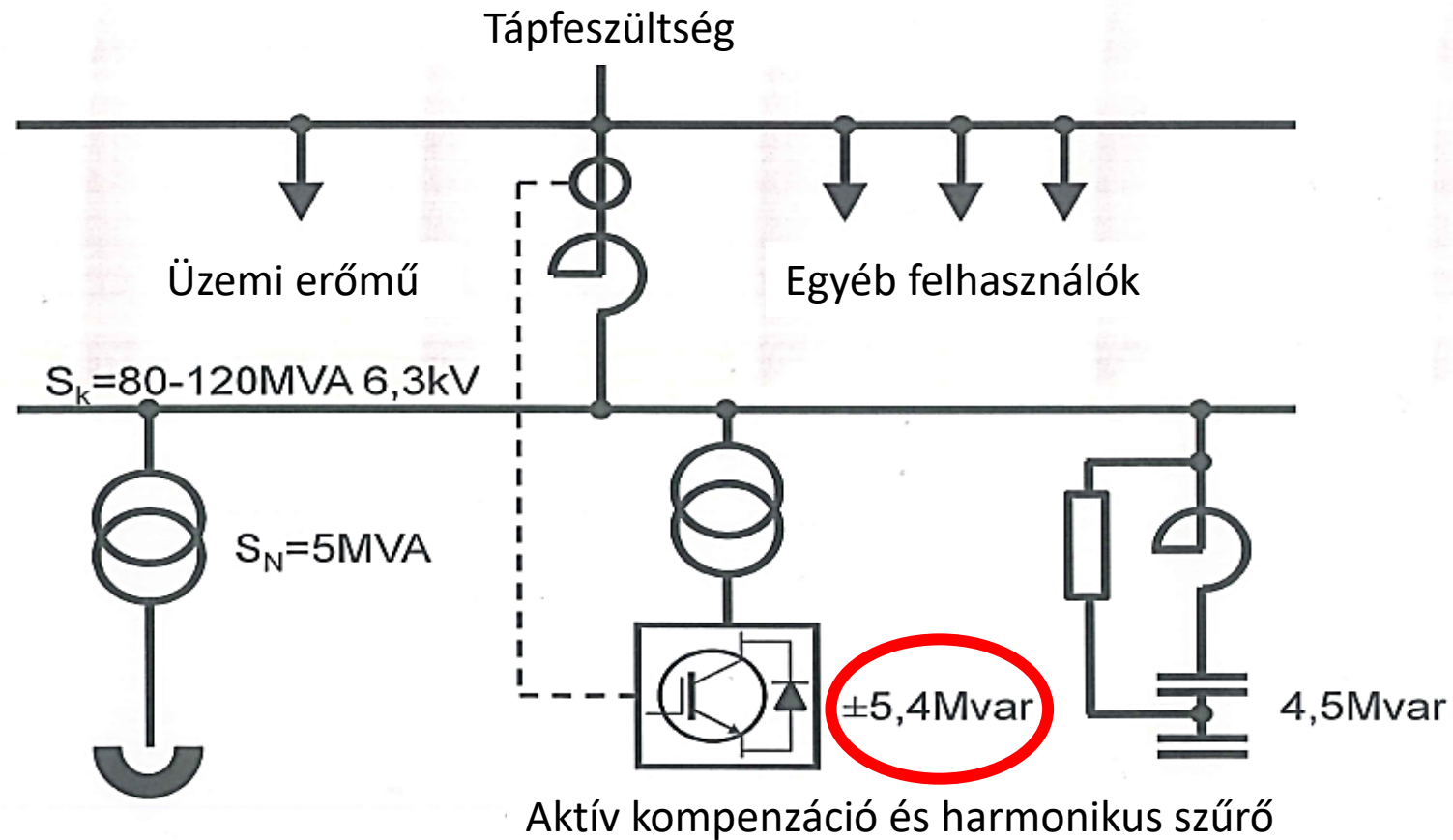
A „**STATCOM**” az extrém meddőenergia szabályozás rendszere





# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

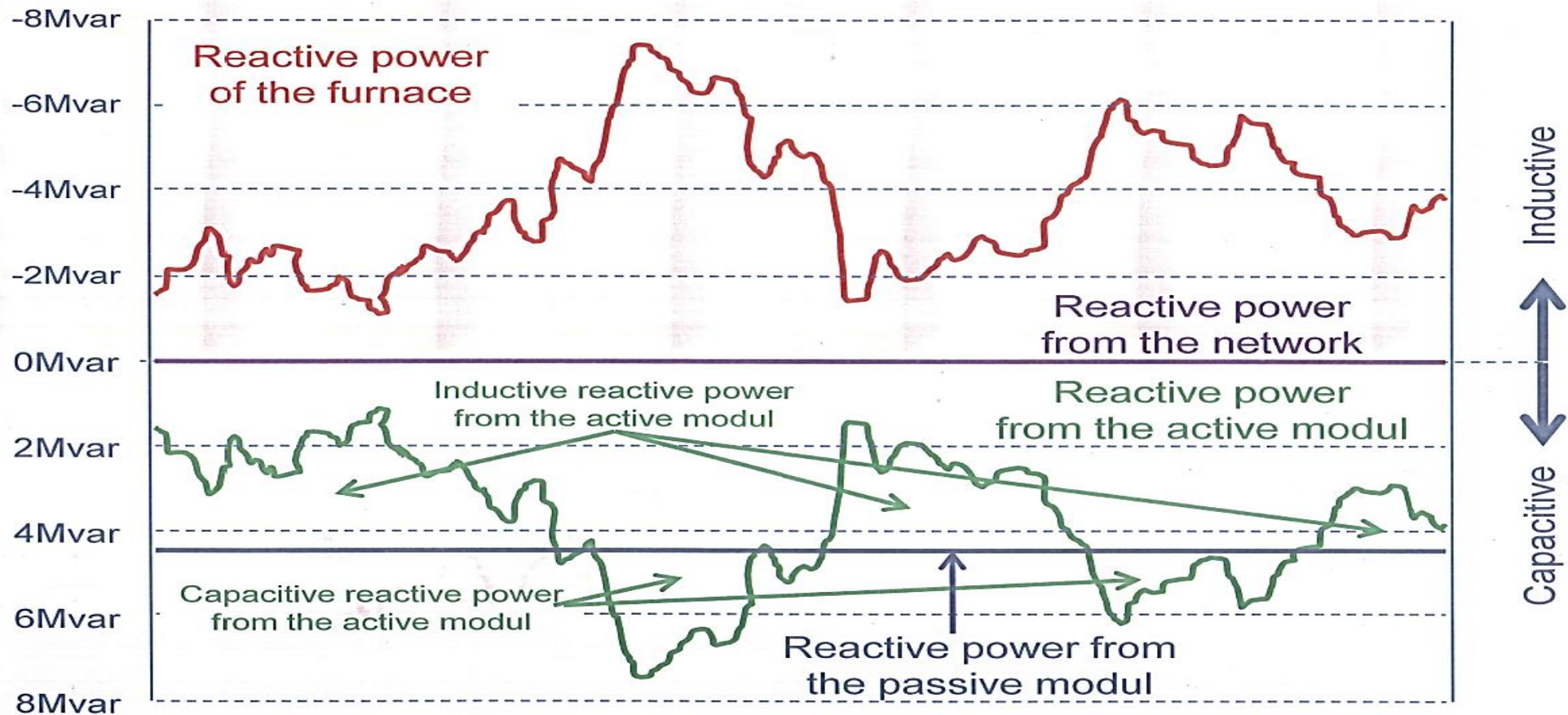
Példa a „**STATCOM**” meddőenergia szabályozó felépítésére:





# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

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





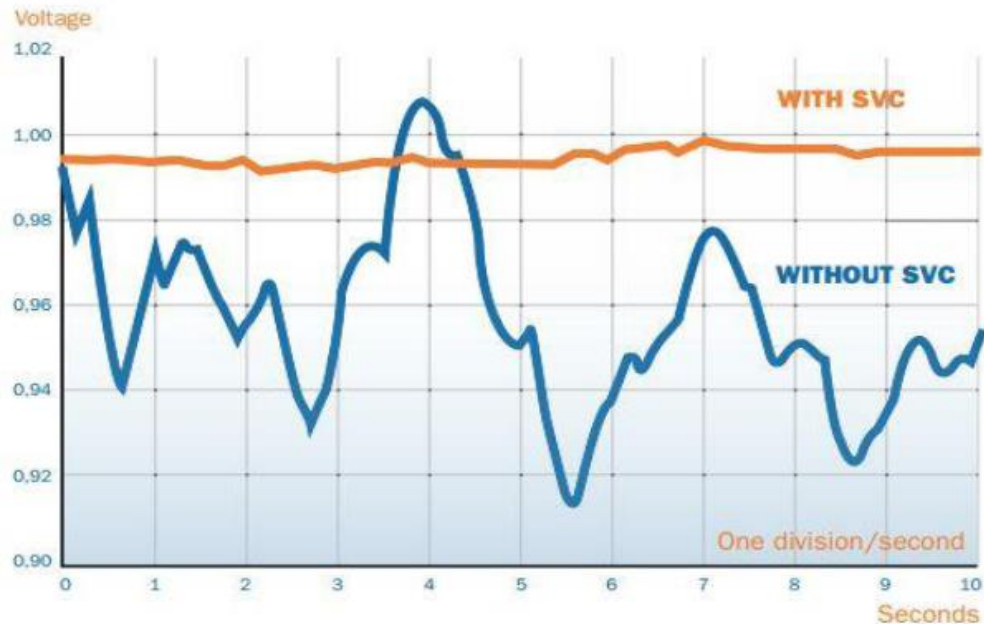


# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

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 függőteljesítmény veszteség**

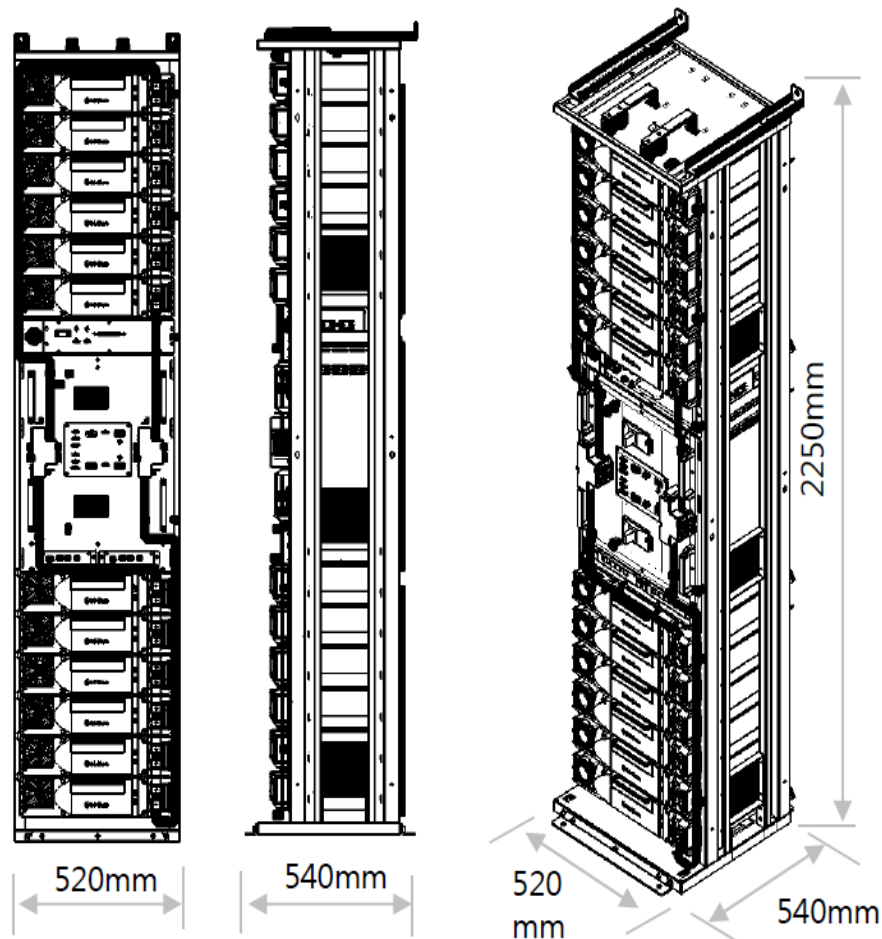


## 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A **MERUS „UPQ”** rendszerben cseréljük ki a kondenzátorokat **NMC\*** vagy **LFP\*\*** alapú energiatárolóra, az eredményként egy új elem, a „**PCS**” 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** Lithium-Acél-Foszfát

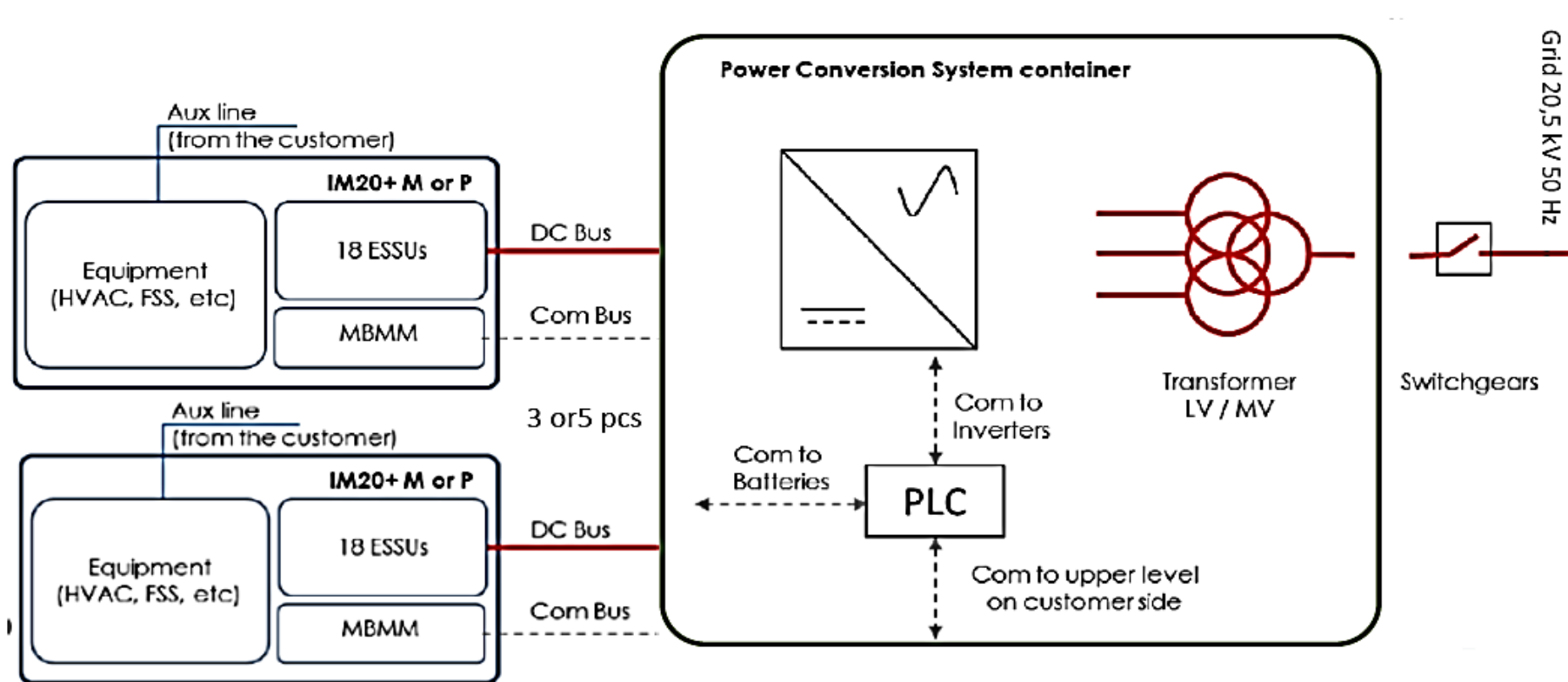






# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

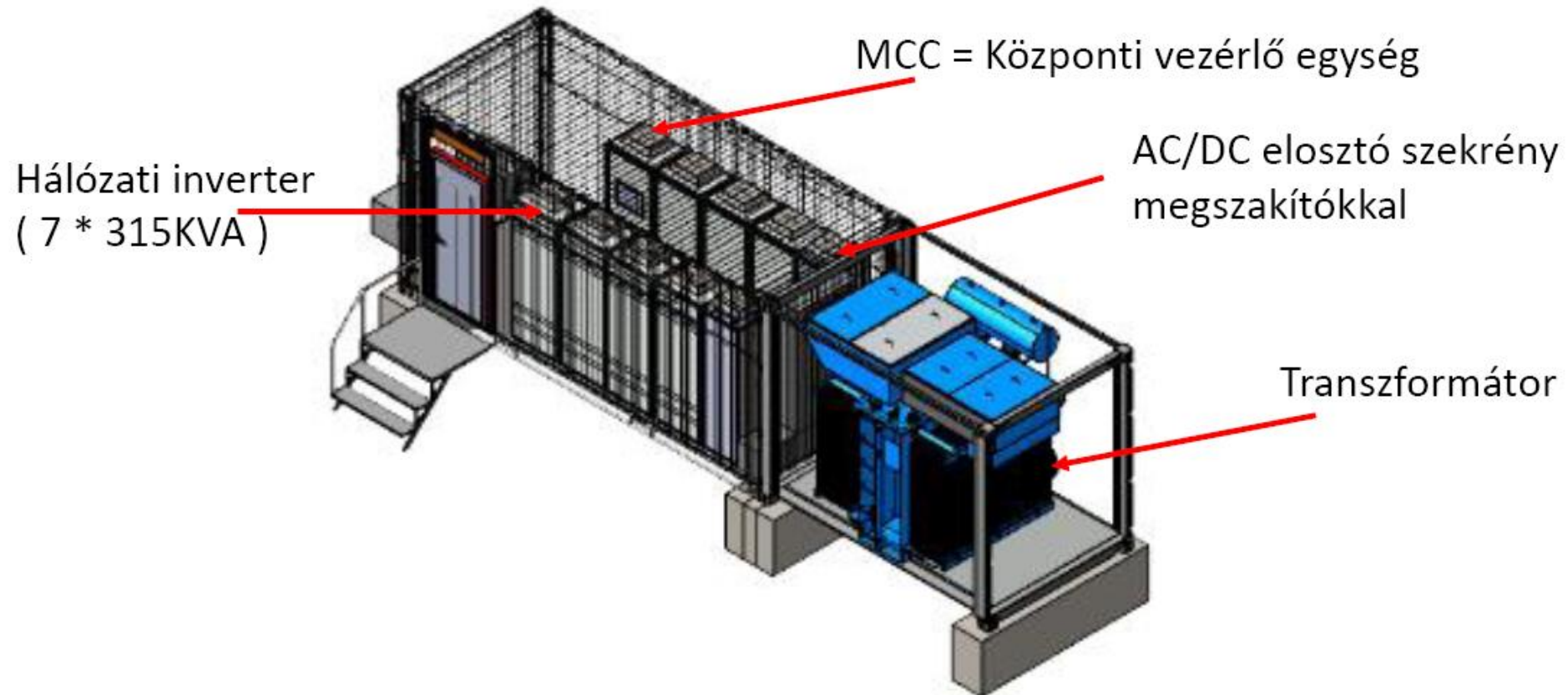
A „**PCS**”-el kialakított „**UPQ**” energiatároló, az „**ESS**” felépítése:





# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

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





# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

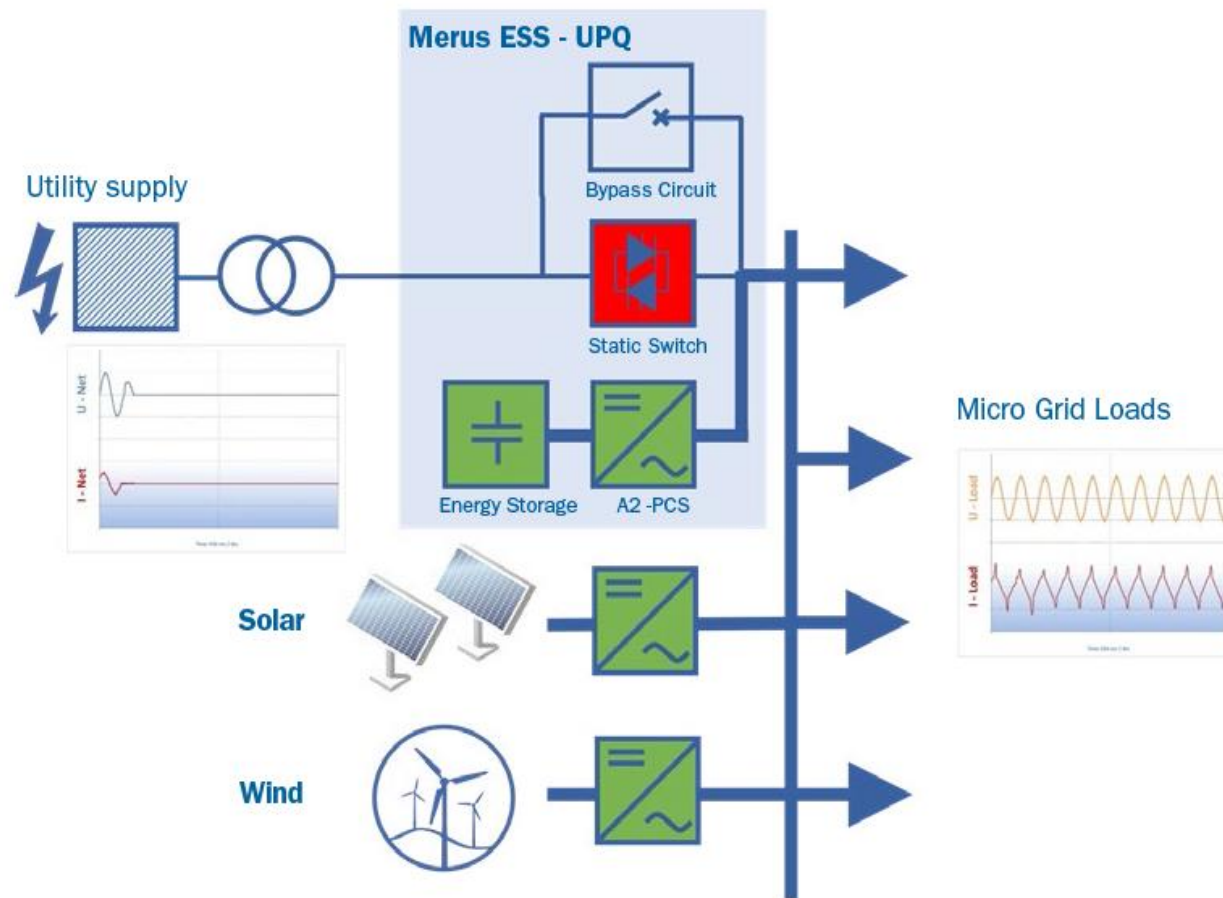
## Új termék, az „**ESS**”

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

Egységteljesítmény: **2-25MW**

Tárolt energia: **5-50MWó**

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

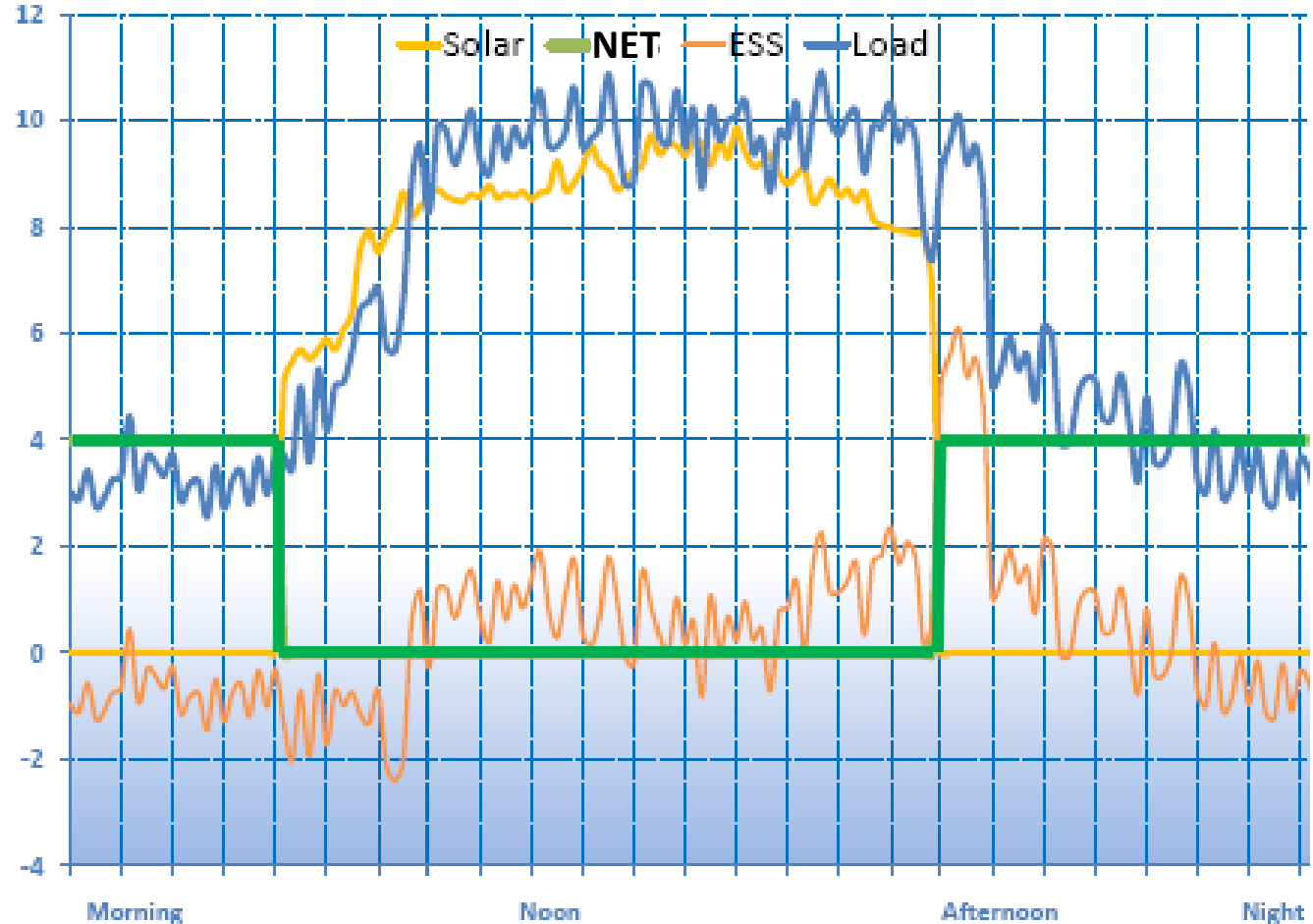




## 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

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 a MERUS innovatív védekezési lehetőségeit:**

- **Harmonikus** zavarszűrés **0.-50.** a Nulla/PEN vezetőben is -> **A2**
- **feszültség-, terhelés** és  $\frac{4}{4}$ -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?**

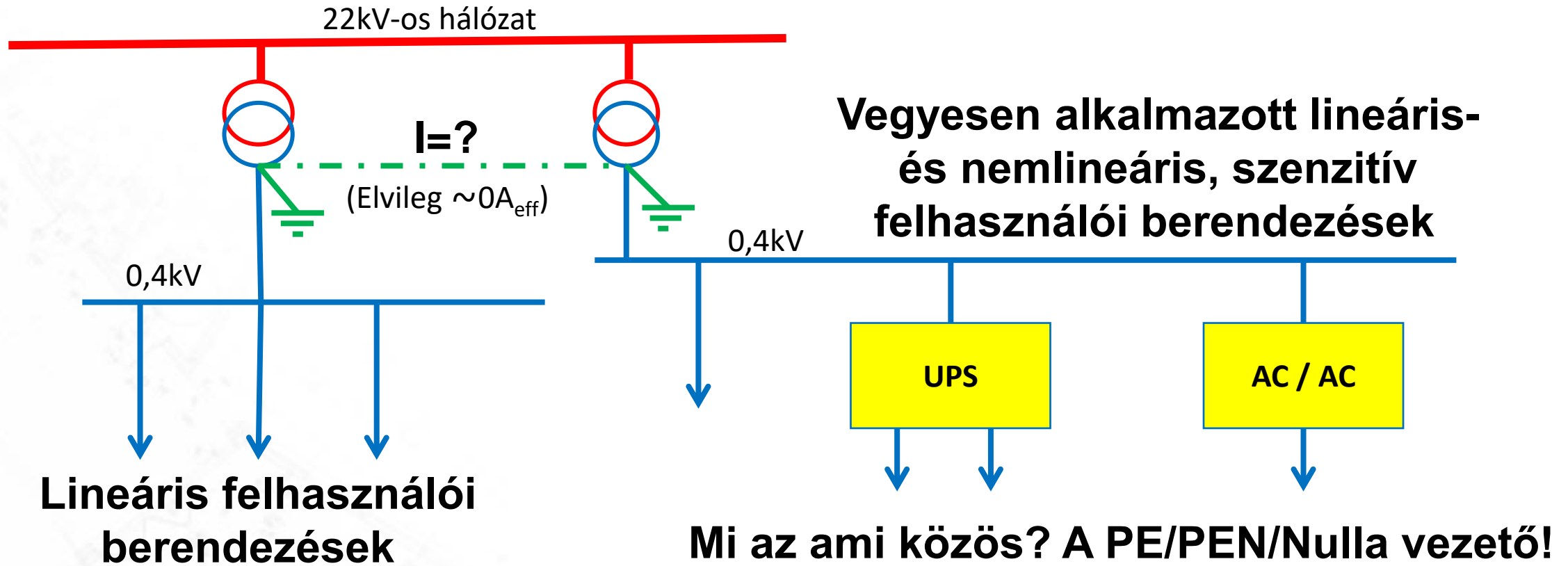
Szívesen számolunk be sikeres műszaki megoldásokról, de a jelenlegi műszaki állapotok megismeréséhez és értékeléséhez vizsgáljuk meg, mennyire ismerjük fel az anomáliákat és hogyan alkalmazzuk az innovatív eszközöket a gyakorlatban.



# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

## 1, Felismerés:

Tervezzünk üzemi hálózatot..







## 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	: <b>1 perc</b>
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 $\mu$ 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?**

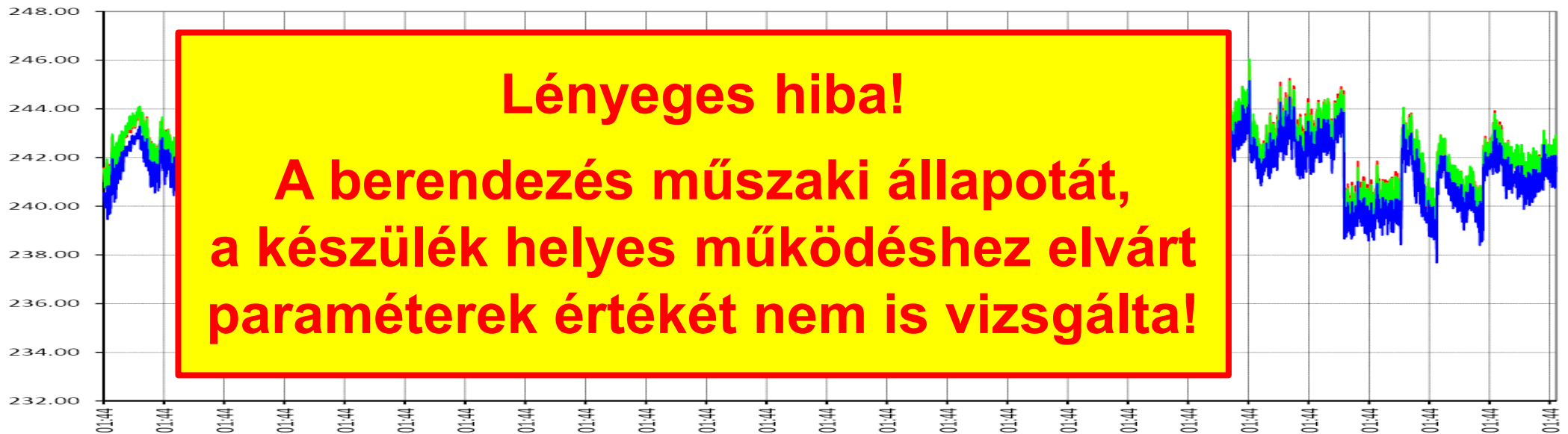
**A műszerre vonatkozik!**





## 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 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!

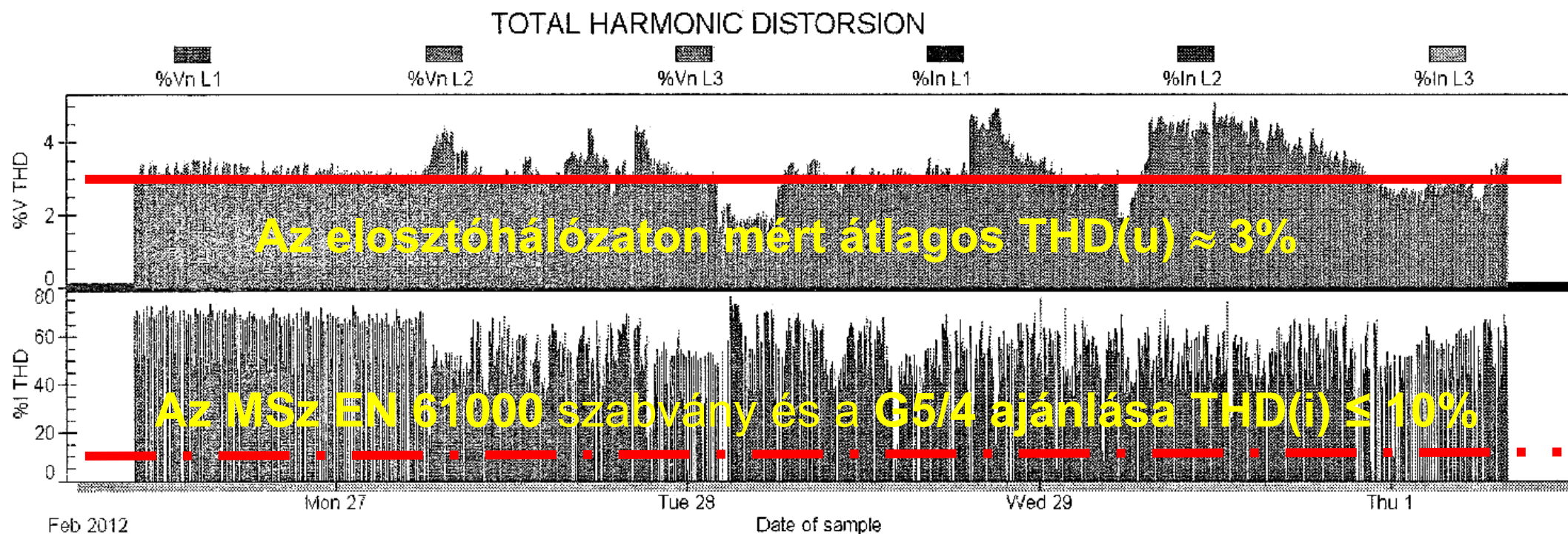
A legnagyobb hiba – reprodukálhatatlanságon túl – annak ténye, **bár a feszültség figyelő relé működését vállalták vizsgálni, azonban – annak típusán kívül – a működés elvárt feltételeit, vagy a hálózati feszültség valós értékét nem is ellenőrizték!**

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)

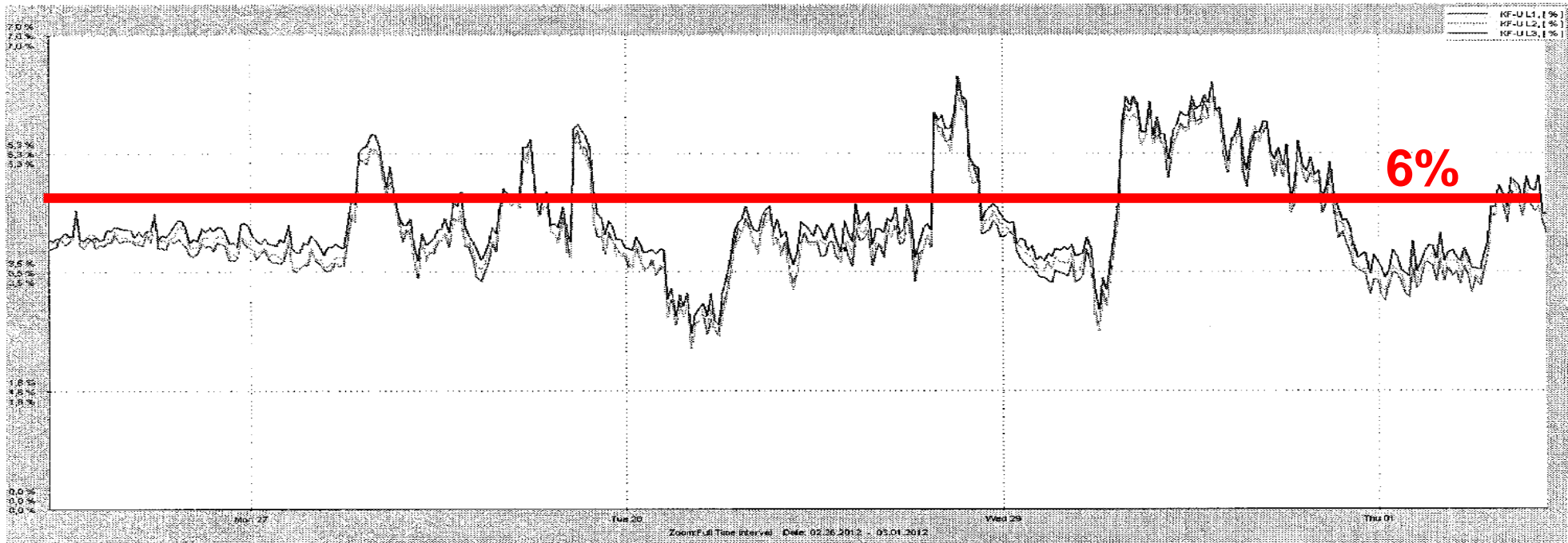
Selected Variable: %Vn L1  
From : 2012.02.26. 10:19:24  
Maximum : 4.9 (%V THD)

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

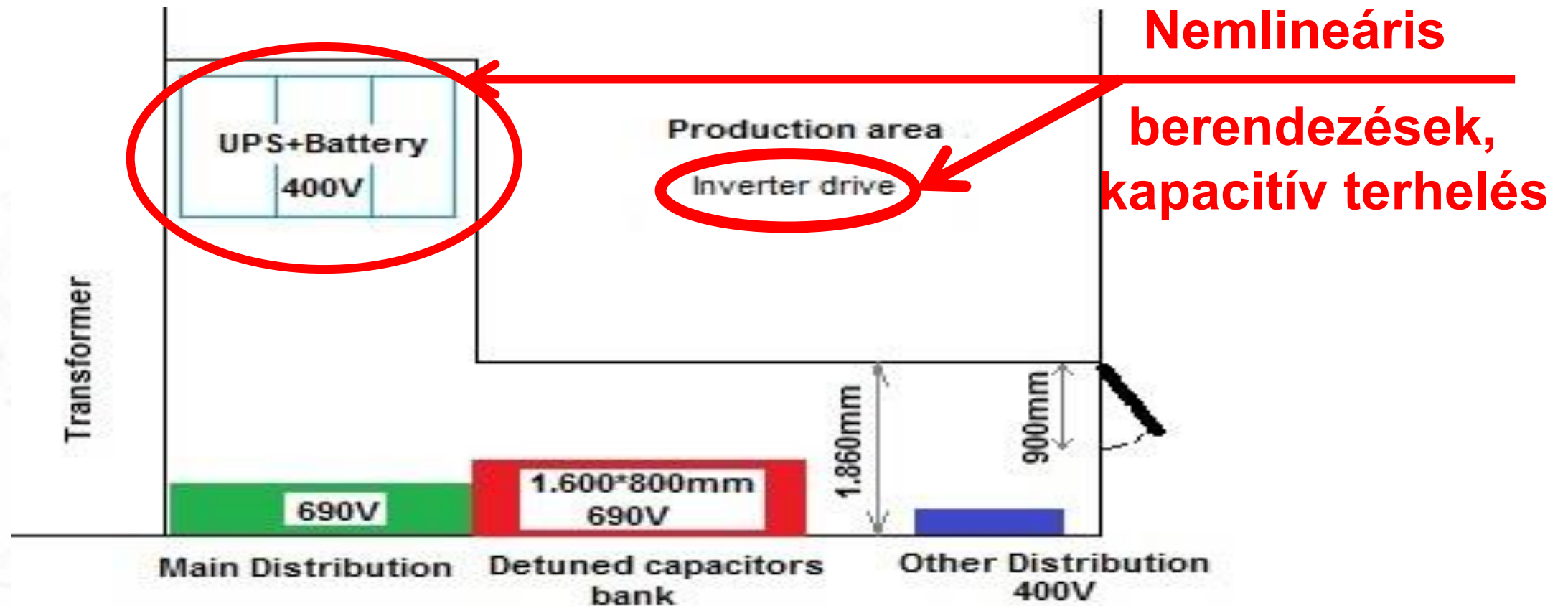
Beépítettek **900kVAr** hagyományos fázisjavító berendezés. **Miért?**





# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

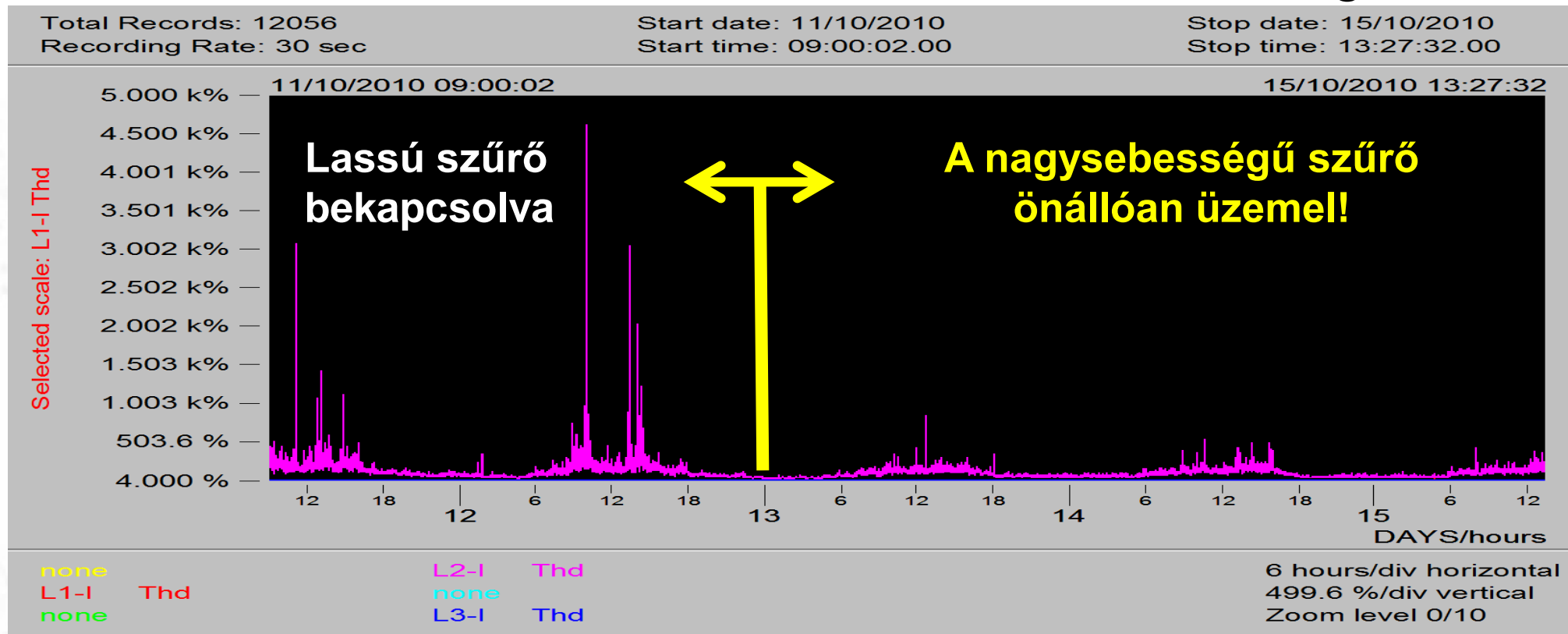
.. mert a környezetet nem vizsgálták, a beszállítói érdek döntött!





# 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

Látszólag két 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**, a kiállításokon elmarad a **műszaki összehasonlítás**, marad a „**baráti**” információ és a **sokszor valótlan adatokat nyújtó beszállítók „meggyőző” támogatása**.

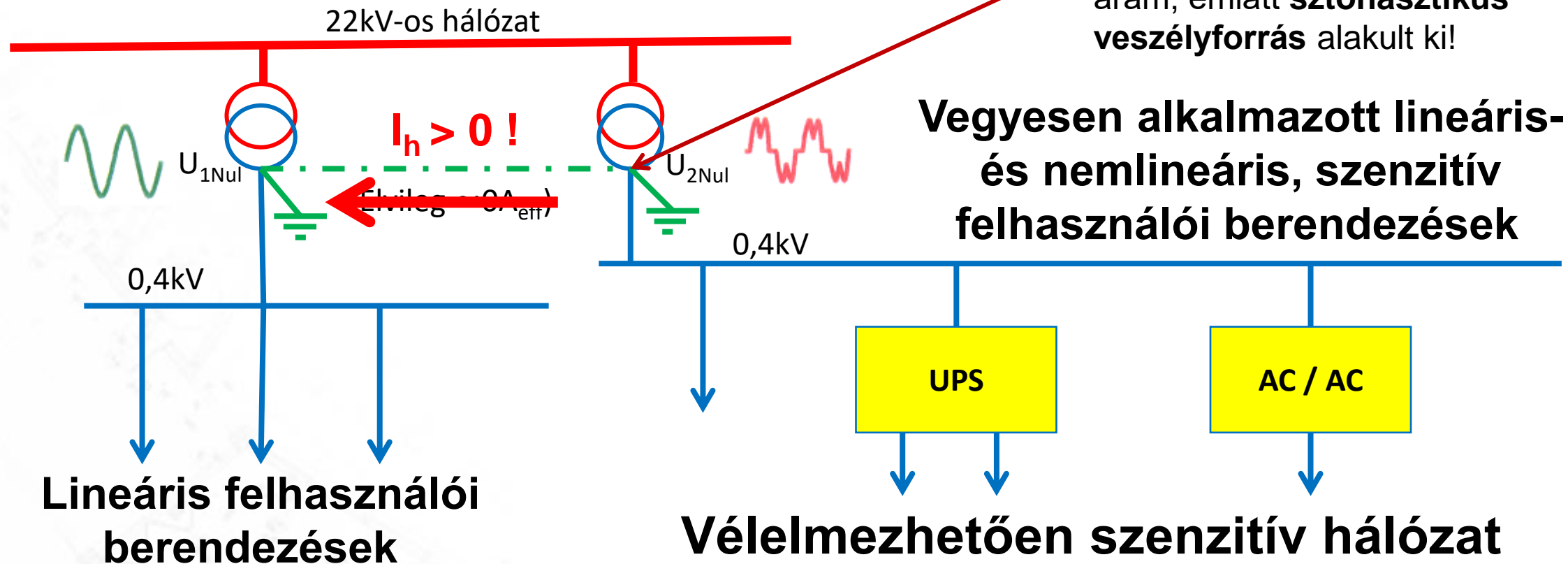
**A tervező, a műszaki ellenőr és a kivitelező büntetőjogi felelőssége azonban a rendszer átépítéséig fenn áll!**



# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

## Hogyan ismerjük fel a veszélyforrásokat?

Nulla pont eltolódásból kiegyenlítő áram, emiatt **sztohasztikus veszélyforrás** alakult ki!





## 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

### 4, Hogyan alakul ki a sztohasztikus – véletlenszerű - esemény

- harmonikus zavarok **0.-50.-ig**  
torzult a **Nulla/PEN** vezetéki áram

- **túlkompenzálttá vált a hálózat**

- érzékenység a feszültségletörésre

**gerjedés lehetősége, azaz  
sztohasztikus veszélyforrás**

kapacitív hálózaton **csillapítás  
nélküli a zavarterjedés**, illetve a  
**hibaáram nehezen oltható!**

**50kVA alatt** az UPS, felette már  
az **UPQ** alkalmazása javasolt





## 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

### Konklúzió:

A TN érintésvédelmi mód esetén a sztohasztikus jelenség veszélyét 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 zavarászűrős,  $\leq 2\text{sec}$  áthidalásra képes kondenzátoros **UPQ** egység ajánlott



## 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

- Szenzitív technológia alkalmazásakor - a harmonikus zavarszűrők mellett - **a rövid idejű feszültségletörések, illetve az átkapcsoló automatika  $t \leq 2\text{sec}$  „sötét” időtartamú feszültség kimaradás áthidaláshoz az energia tárolására kondenzátort használó,  $P_{DMax} < 1\%$  - üzemszerűen kb.  $0,6\%$  - veszteségű UPQ rendszer alkalmazása célszerű**
- a hosszú idejű,  **$t > 3\text{sec}$  áthidalására Li-Ion elemekkel szerelt, energiatároló rendszerű ESS+UPQ alkalmazása ajánlható**



## 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** költségoptimalizálást kérnek, de – indoklás után – elfogadják a **Tervezők** „**tudás faktor**”-ra tett hivatkozásait
- a **Kivitelező** – baráti kapcsolatokkal, a valós műszaki elvárások ismerete nélkül – **kér- és mindig kap olcsó** beszállítói ajánlatot

**A Beruházó részére az üzemeltetői elvárások ekkor vesznek el!**





## 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Mi a baj a baráti kapcsolatok termékeivel? Közel **45 éves** munkánk során egy mondatot megtanultunk helyesen értelmezni és kezelni:

**Termékünket „XY”, a nagy nevű gyártó készítette!**

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

- **gyenge minőségű**, kommersz terméket (tömegigény)
- **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 azonban fokozottan igényli a hálózati zavarok és anomáliák elleni magas szintű védekezést.

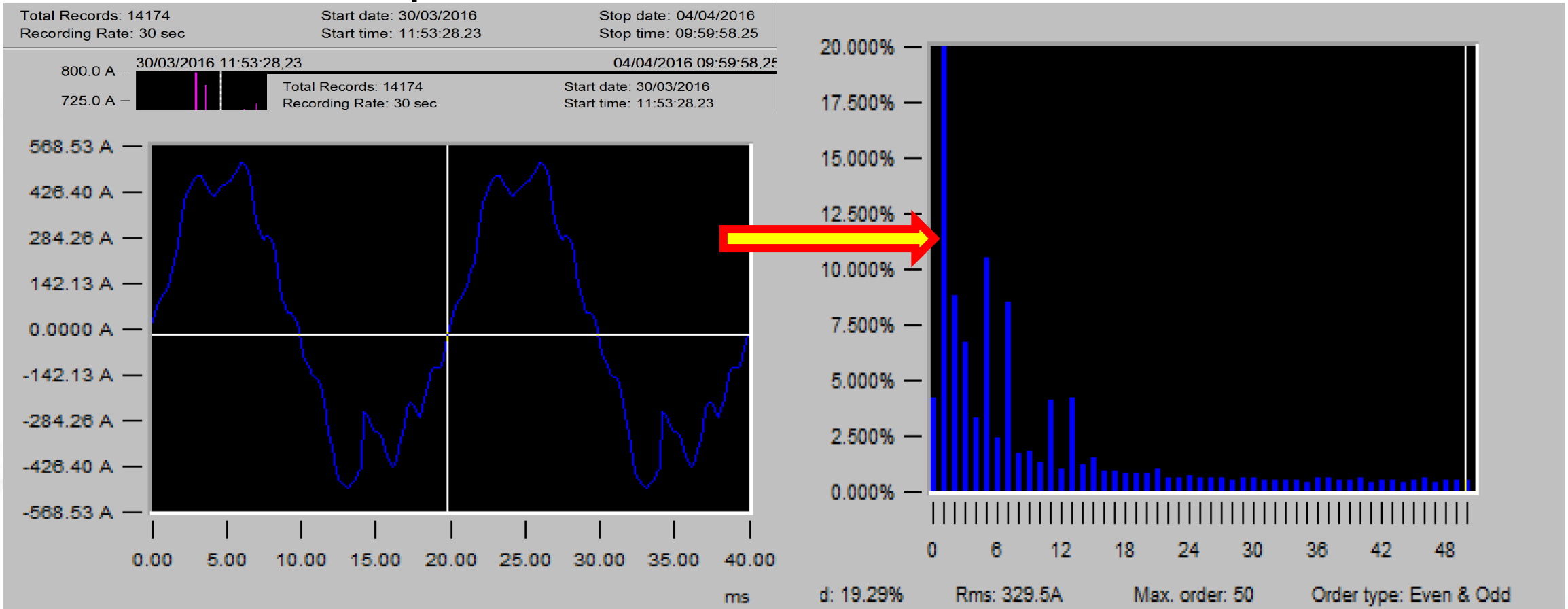
**A védelmek megvalósításakor** - a hagyományos, illetve a műszakilag már nem megfelelő, valamint nagy energiaveszteségű eszközök alkalmazását felülbírálni célszerű – **az innováció eredményeit alkalmazó megoldás lehet kiemelten hatékony!**

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

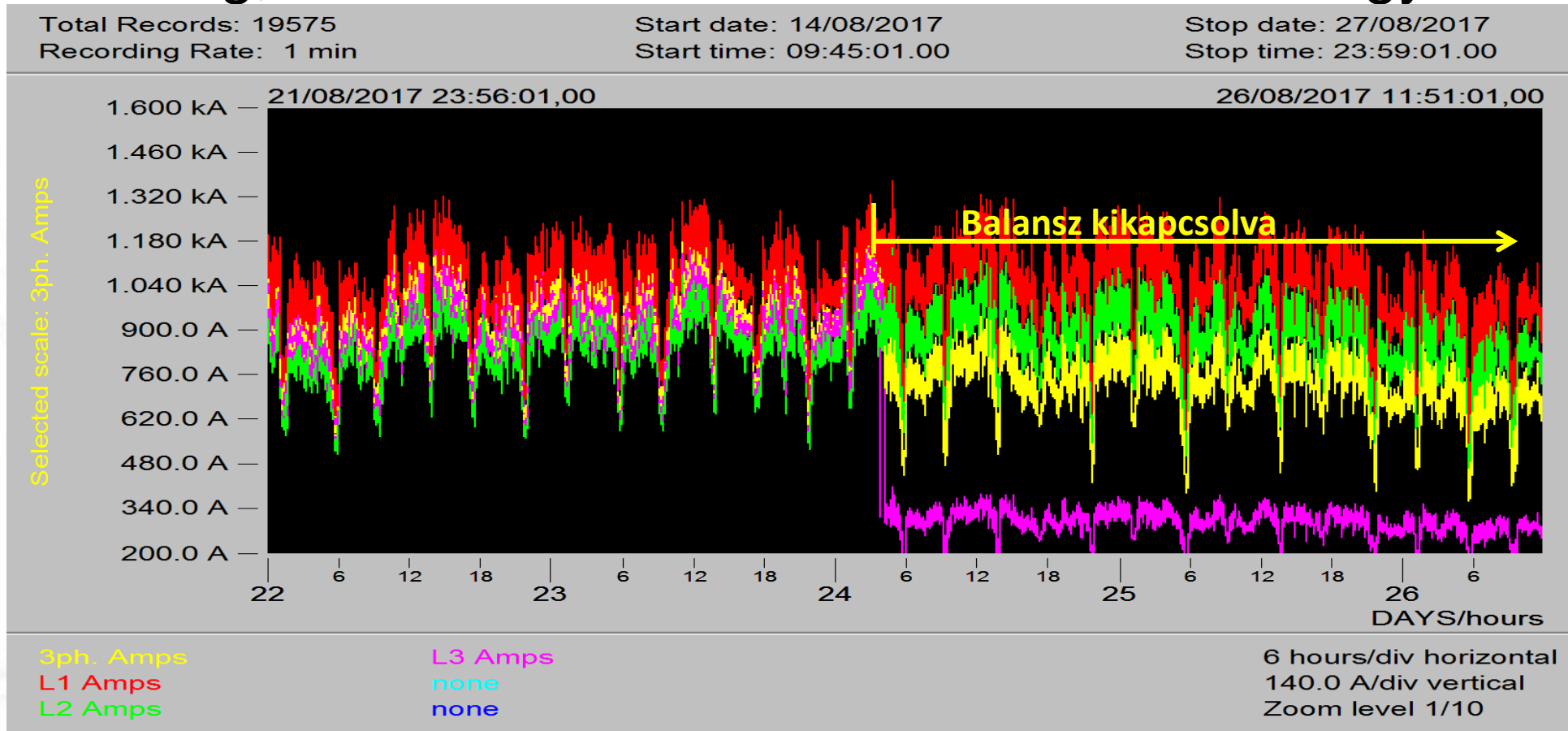
Nézzünk konkrét példát, ezek a beavatkozás előtt mért adatok:





# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

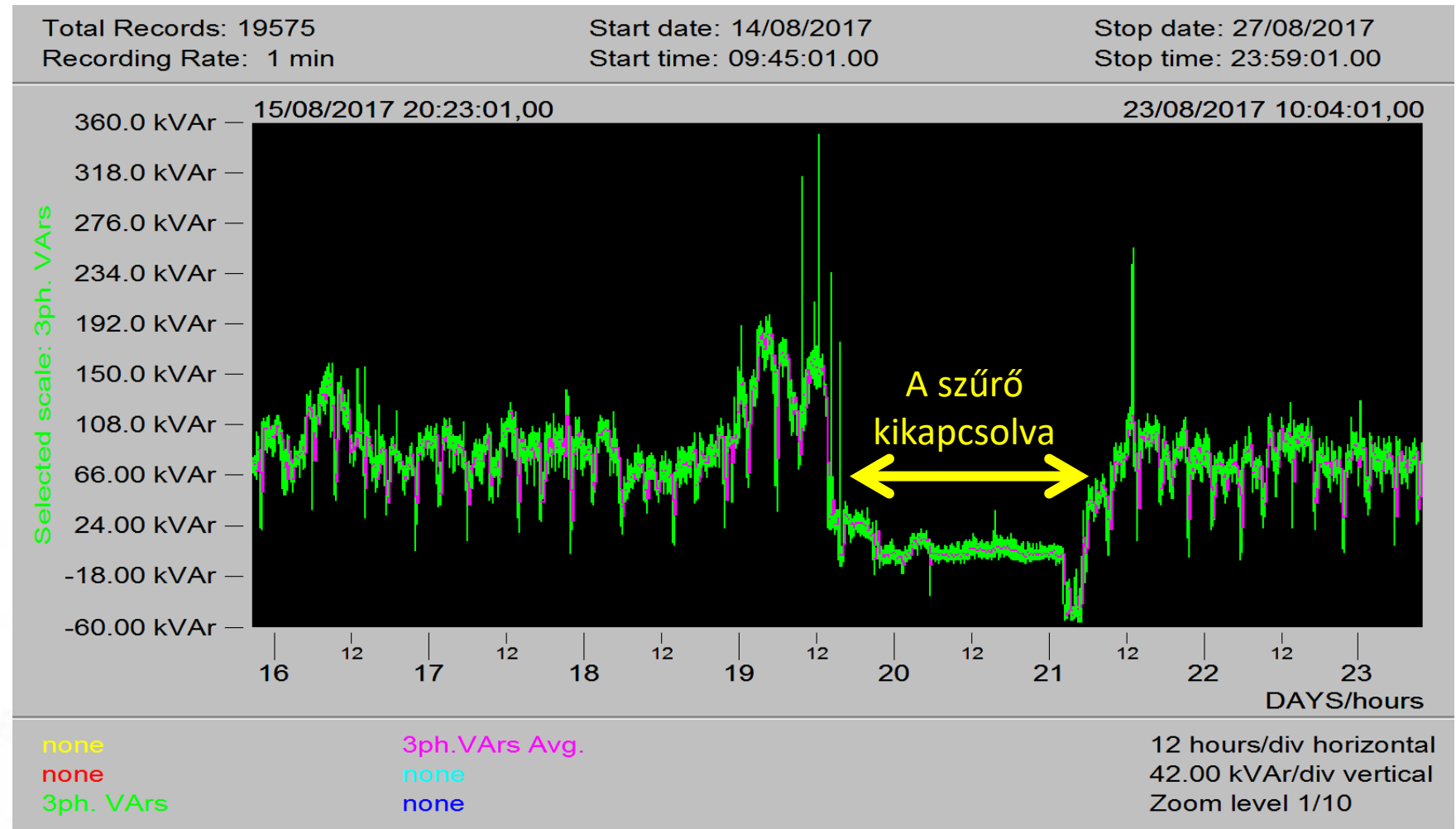
Nézzük meg, mit mutat az ellenőrző mérés terhelési egyensúlyra?





# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

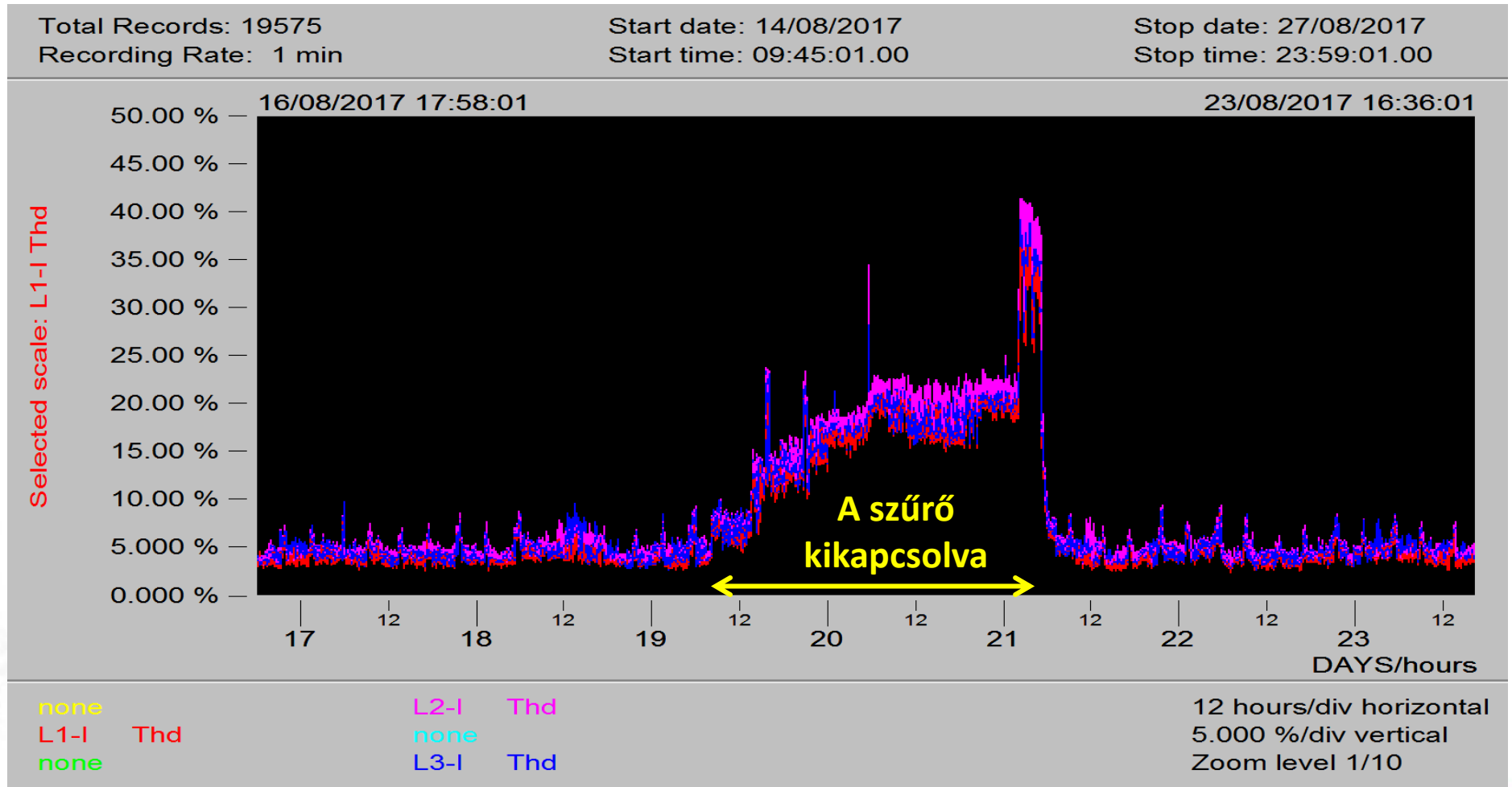
... és meddő-  
teljesítményre?





# 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

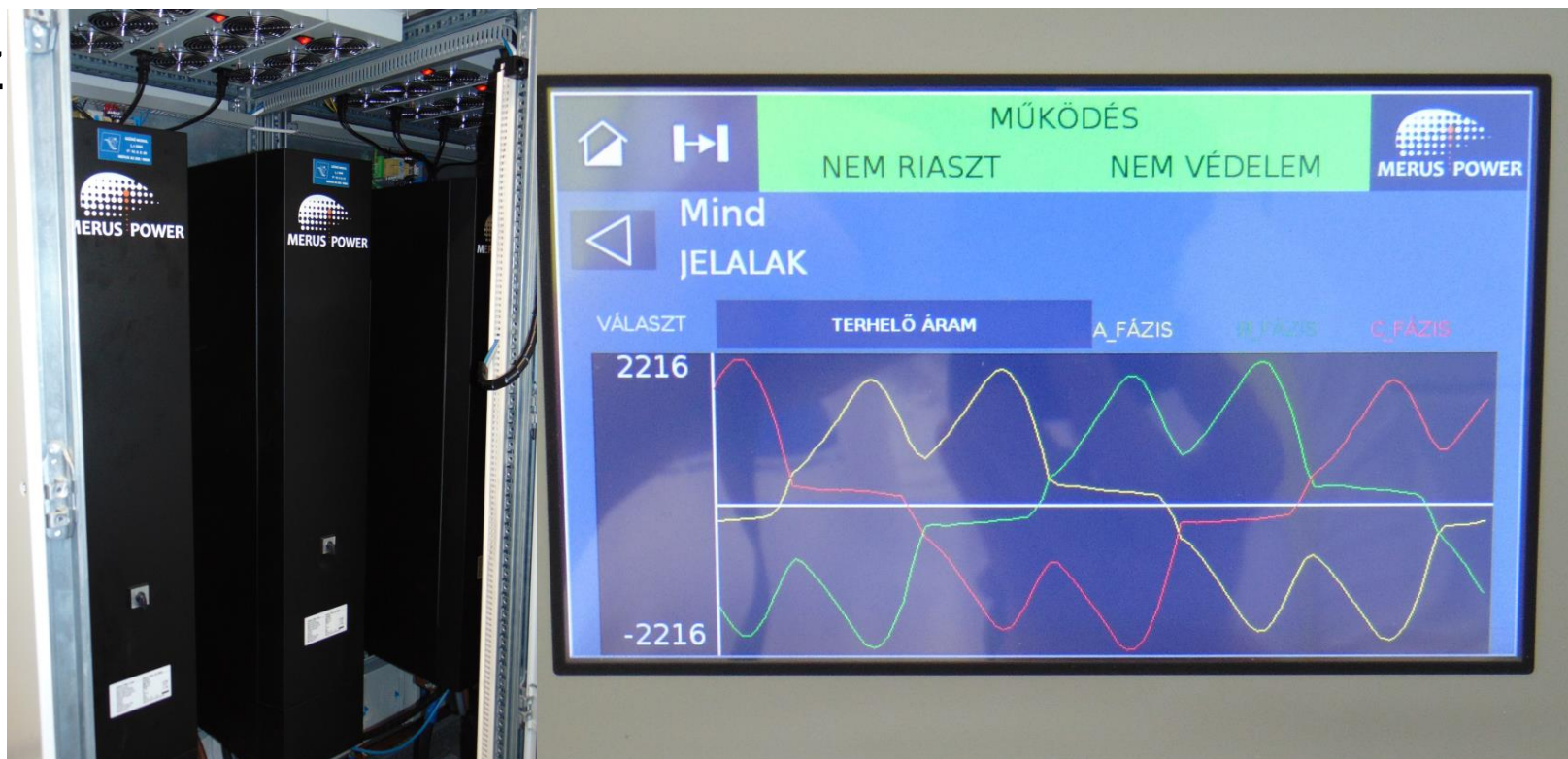
**Három feladatot oldható meg egyetlen eszköz alkalmazásával!**



## 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

Természetesen ideális modul rendszernek nincs felső határa, az „A2” típusú egység korlátlan számban párhuzamosan kapcsolható!

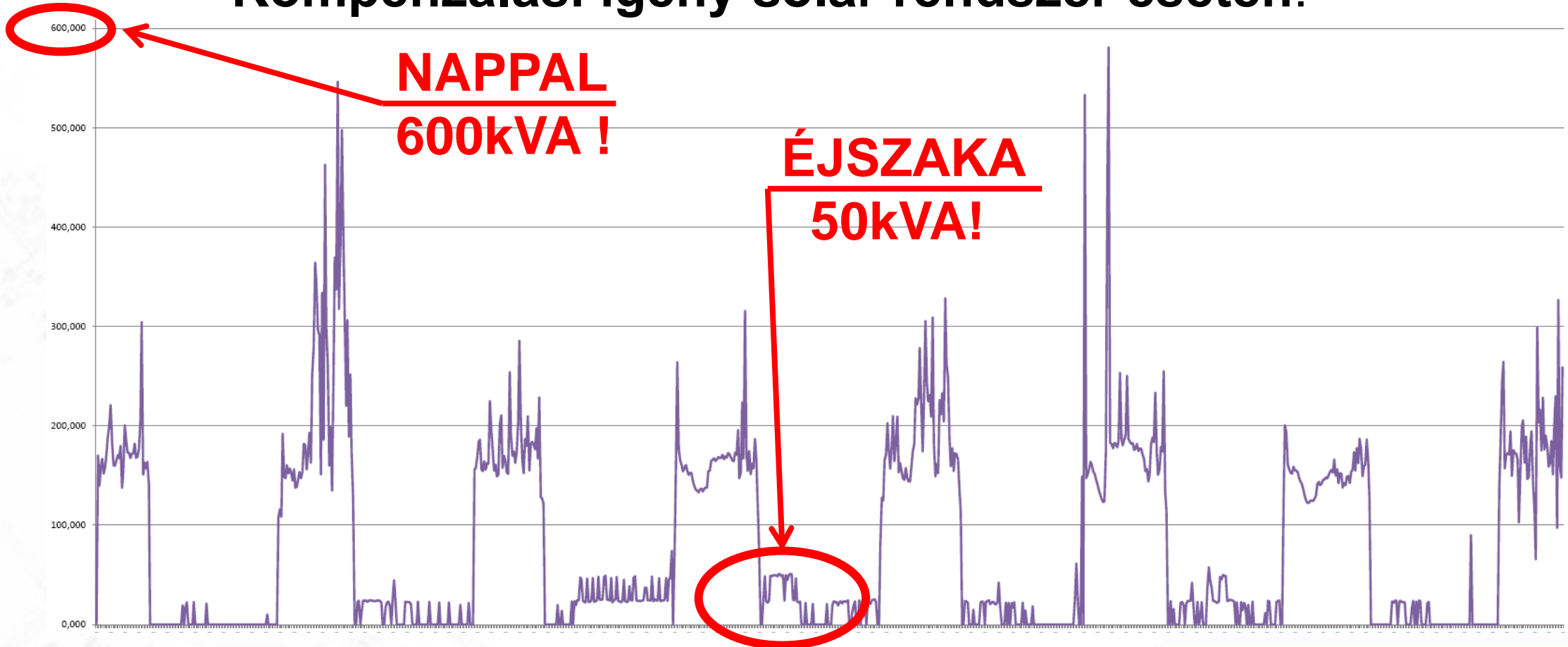
A mellékelt képen az  $I_H=800A$  aktív szűrő látható. Alkalmas a jelalak torzulás és a 4/4-es, a kapacitív meddőteljesítmény kompenzálására is!





# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

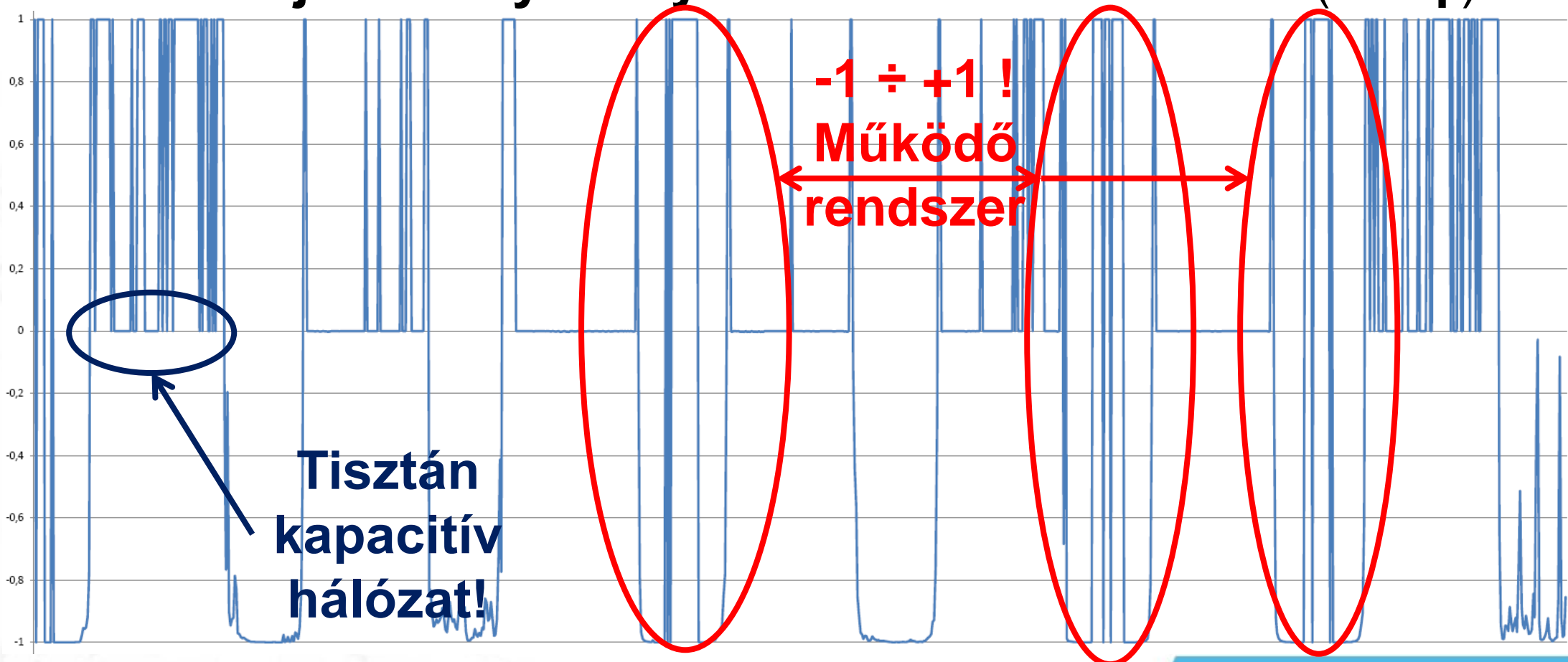
Kompenzációs igény solar rendszer esetén:





# 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.

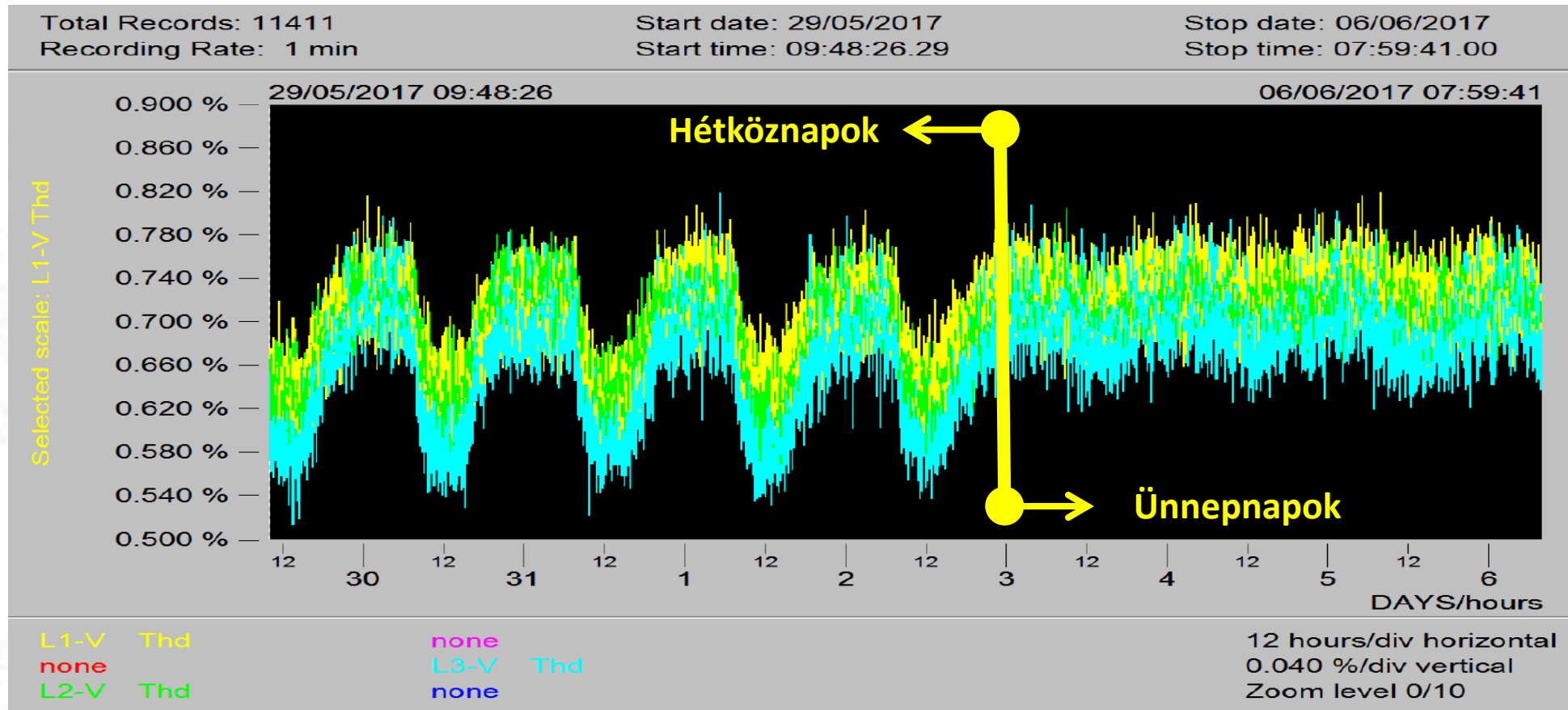
A válasz – mint ma már többször is – a „**tudás faktor**”!

A vállalkozó kényelmes, az **MSz EN 50160** szerinti vizsgálat esetén legtöbbször a feszültség paraméterein túl nem mér más értékeket!



# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

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





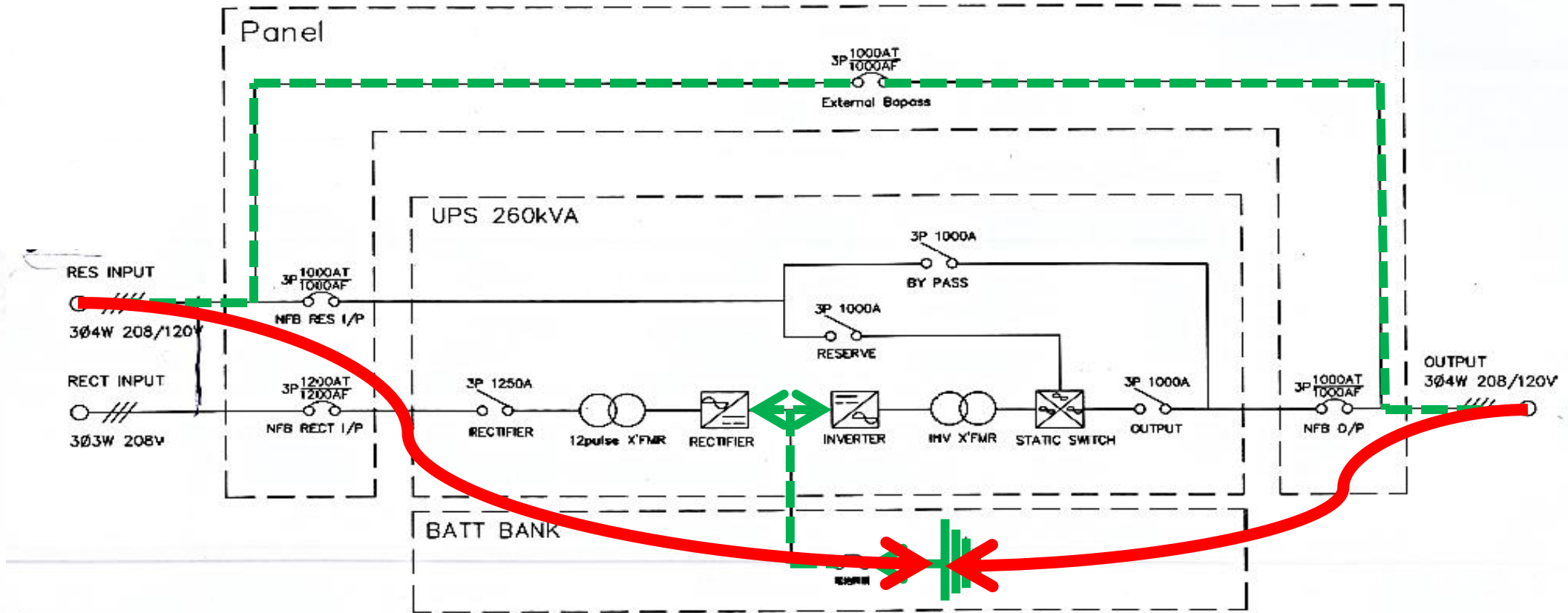


## 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

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



# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai





## 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

**Jegyezzük meg:**

**Az UPS egység műszakilag elavult, 50kW teljesítmény felett csak indokolt esetben, IT rendszerek, pld. extra hosszú áthidalási időt kérő operátori hálózatok esetén célszerű figyelembe venni.**

**Vesztesége a soros felépítés miatt igen magas, 5-6%, helyigénye, az építészetileg, a növelt teljesítményű klíma-berendezés építése- és fenntartása, a fokozott karbantartási- és szerviz igény az ipari alkalmazását gazdaságtalanná teszi. Kiváltására a korszerű UPQ és az ESS rendszer ajánlható!**



## 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 Tervező, a Műszaki ellenőr és a Kivitelező, tehát a mérnökök, az **Önök tudásának, szakmai felkészültségének függvénye.**



## 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](mailto:turoczi.jozsef@ttemi.hu)

[turoczi.peter@ttemi.hu](mailto:turoczi.peter@ttemi.hu)

# Köszönöm a figyelmüket!

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU

