Nagyfeszültségű FAM technológiájának bővítése

MEE Diplomaterv pályázat

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Nagyfeszültségű laboratórium

Készítette:

Halász Bálint Gergely

Konzulensek:

Dr. Németh Bálint

Göcsei Gábor

Bevezetés - FAM

Feszültség Alatti Munkavégzés

- Nagyfeszültségű hálózaton végzett FAM
  - Potenciálon végzett munka – Magyarországon Dr. Csikós Béla 1970-es évek

Bevezetés - Ívvédelem

Kép: http://ehstoday.com/site-files/ehstoday.com/files/gallery_promo_image/ArcFlash.gif

- **Villamos ív káros hatásai:**
  - Hőmérséklete meghaladhatja a 20000 kelvint
  - Nagy hang- és fényhatás
  - Keletkező mérgező nagy hőmérsékletű fémgőzök
- **Ívvédelem:**
  - Kis- és középfeszültségre vonatkozólag kiforrott szabványok elérhetőek
- **Mekkora a NaF hálózaton a terhelő energia értéke?**

Villamos ív energiája

$$E = U' * l * I * t = I^2 * R * t$$

- **A villamos ív feszültség gradiense, villamos ív ellenállása**

  Korábbi mérések alapján az áram növekedésével 0,95 kV/m-hez tart, míg a talppontok környezetében 1,3-1,4 kV/m-hez → Számítható az ellenállás
- **Íven átfolyó áram**
  - Zárlati áram (1fn, 2f), szimmetrikus összetevők módszere
- **Ív fennállásának időtartama**
  - FAM során Különleges Üzemviteli Állapot (KÜÁ)
    - Önidő → Felső becslés: 0,1 s

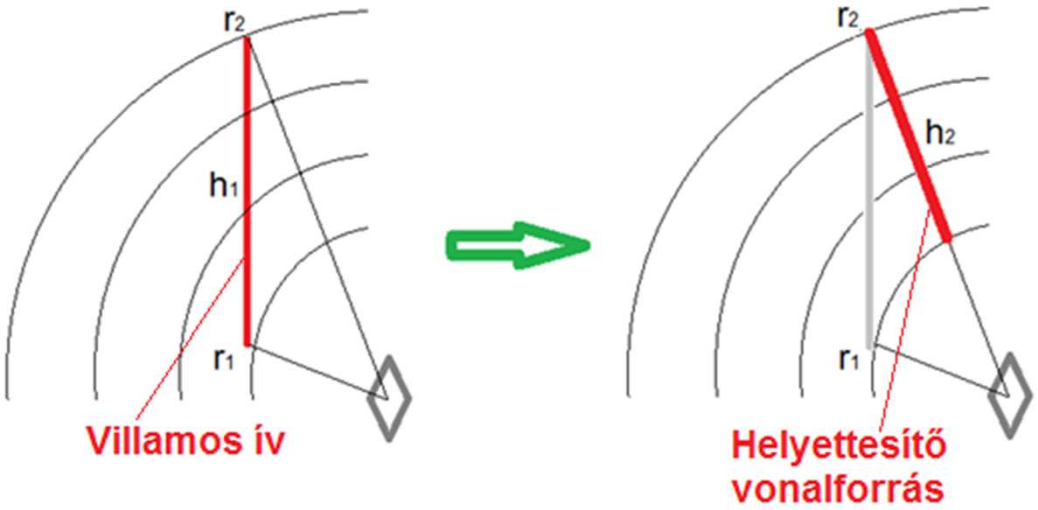
Terhelő energia számításakor tett feltételezések:

- Termelődött energia egésze kibocsátásra kerül a környezetbe
- A kibocsátott energia csillapítatlanul terjed a közegben (levegő)

Valószínesíthető, hogy a számított eredmény felülbecsüli a valós értéket

Terhelő energia számítása I.

- Ív felbontása végtelen kis pontforrásokra
- Pontforrások hatásainak összegzése a vizsgált pontban



- Energiaeloszlás:
  1. **<u>Homogén</u>**
  2. Inhomogén

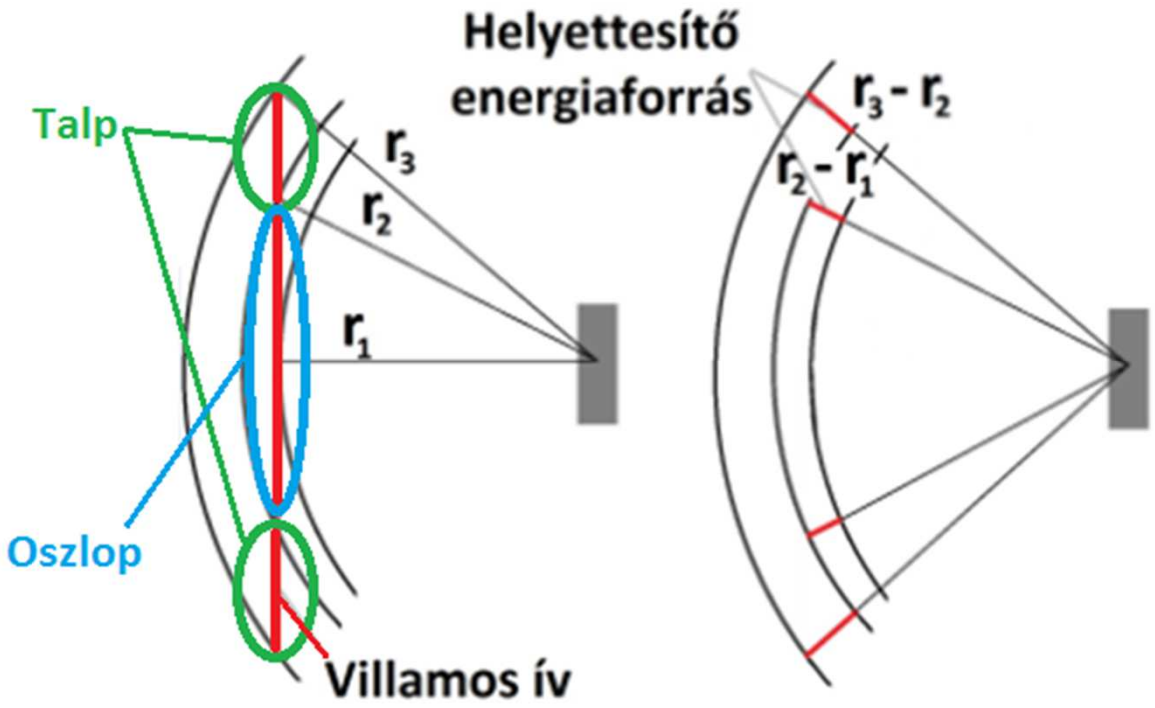
$$E = \int_{r1}^{r2} \frac{E\prime}{4*\pi*x^2} dx = \frac{E\prime}{4*\pi} * \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) [\frac{J}{m^2}]$$

Terhelő energia számítása II.

- Ív felbontása végtelen kis pontforrásokra
- Pontforrások hatásainak összegzése a vizsgált pontban

- Energiaeloszlás:
  1. Homogén
  2. **Inhomogén**

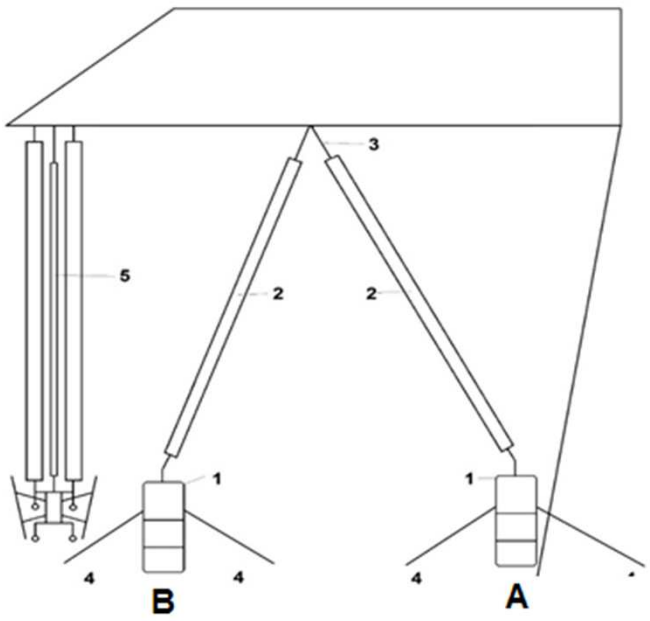
- Összes energia:



$$E = E_{oszlop} + 2 * E_{talp}$$

Jelentőség

Munkát végző személy sok esetben a kialakuló ív talppontjának közelében tartózkodik munka közben!



Dr. Csikós Béla, „750 kV, 400 kV, 220 kV és 120 kV nagyfeszültség érintésével és közelében végzett munka technikája - III.1. rész”

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/POL_slup_przelotowy_linii_750kV.JPG

Számítási módszer validálása - Rendelkezésre álló mérési eredmények és a számított eredmények összevetése

Homogén:

Feszültséggradiens (teljes)= 950 V/m

Inhomogén:

Feszültséggradiens (talp)= 1955 V/m

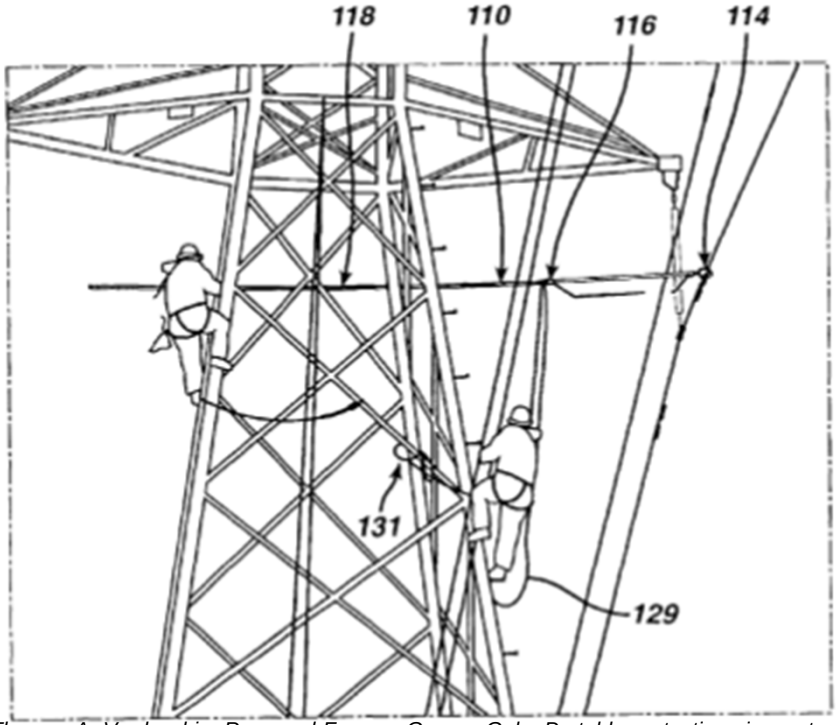
Feszültséggradiens (oszlop)= 200 V/m

Időtartam	0.1 s				
Ívhossz	2 m				
Áram	20 kA		40 kA		
Távolság	1.1 m	3 m	0.5 m	1.1 m	3 m
Szám/mért (hom) %	34.60037	34.50054	36.0436627	44.60792	47.05239
Szám/mért (inhom) %	32.4598	30.6917	40.3221	41.8427	41.8524

Mért értékek: G. RIQUEL és E. DURCIK, „Thermal protection of Live Working operators for High voltage range," in ICOLIM, Croatia, Zagreb, 2011.

Hordozható védőszikraköz használata

Portable Protective Air Gap



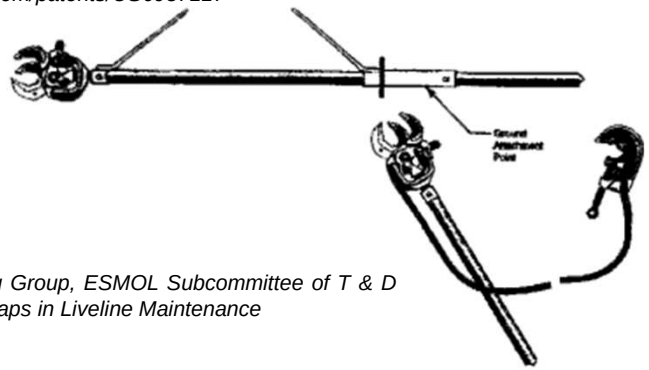
Kép: Thomas A. Verdecchio, Raymond Ferraro, George Gela,„Portable protective air gap tool and method", US 6957117 B2, http://www.google.com/patents/US6957117

Alapelv:

- Karbantartott fázisban veszélyes nagyságú túlfeszültség jelenik meg
- Átütés következik be a hálózat átütés szempontjából vett leggyengébben elszigetelt elektródái között
- ***Megfelelően beállított* szikraköz elektródjai között történik az átütés, ezzel megvédve a munkát végző személyzetet**

- Méretezésbeli nehézség:

Az átütés valószínűséggel jellemezhető

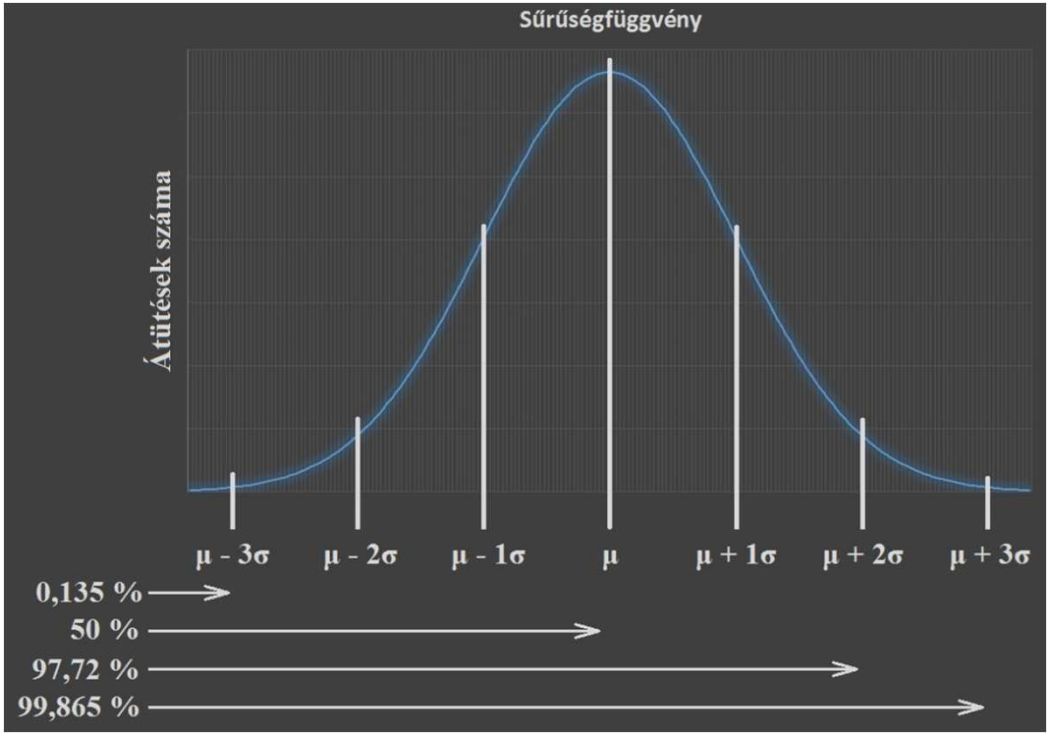


Kép: Task Force 15.07.04.01, Technical Working Group, ESMOL Subcommittee of T & D Committee: "The Use of Portable Protective Air Gaps in Liveline Maintenance

Átütés valószínűsége

- Normális eloszlással jól közelíthető
- Várható érték
- Szórás
- Variációs koefficiens

  - 50 Hz ~ 10 %
  - 1,2/50 µs ~ 3 %
  - 250/2500 µs ~ 5 %



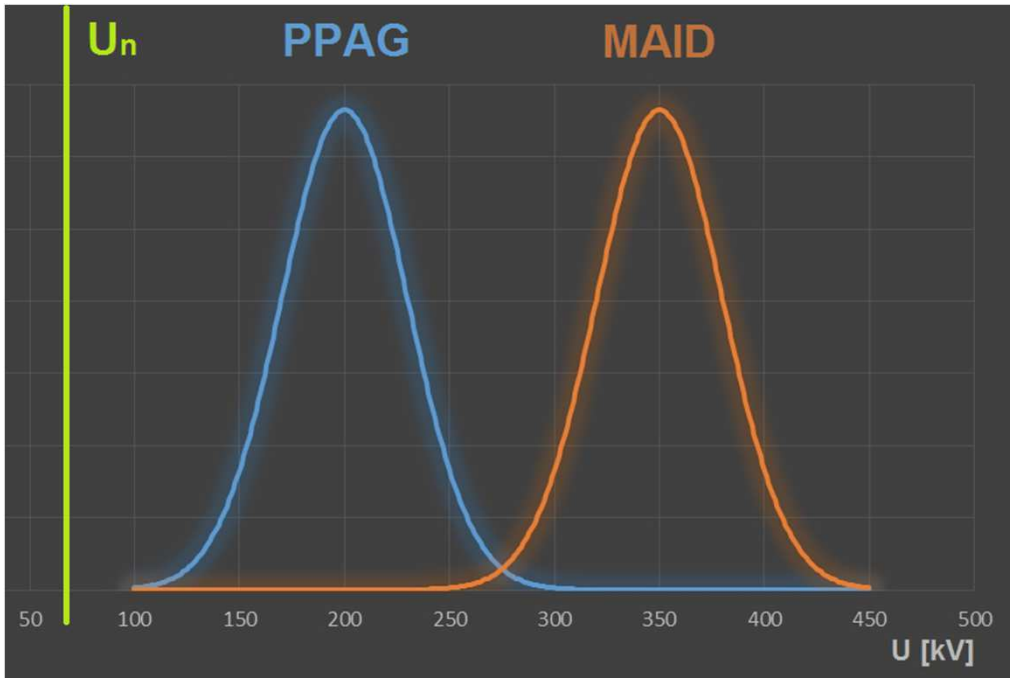
- “Withstand voltage”: 0,135 % - Elhanyagolható az átütés valószínűsége
- “Sparkover voltage”: 97,72 % / 99,865 % - Átütés nagy valószínűséggel bekövetkezett

IEEE 516:2009 számítás

PPAG beállításának irányelvét magába foglaló nemzetközi szabvány

Beállítás menete:

1. Hálózaton megjelenő legnagyobb feszültségszint meghatározása
2. Mérések által korrigált elektródtávolságú szikraköz beállítása – korrekciós faktorok
3. Megvalósított PPAG működési karakterisztikáját alapul véve meg kell határozni a legkisebb megközelítési távolságot



<u>Eredmény 400 kV hálózat esetén:</u>

Legkisebb megközelítési távolság értéke: 1.93 m (számításkor feltételezésekkel éltem)

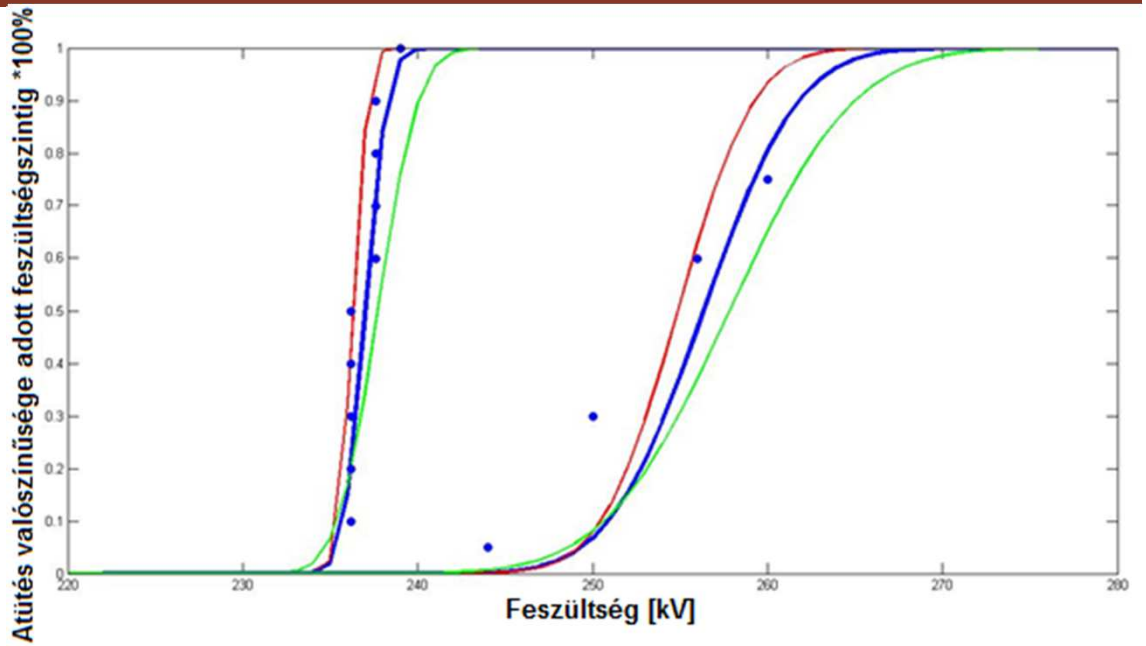
Jelenleg PPAG használata nélkül a szabványban rögzített érték 2,8 m (MSZ 1585:2016)

Mérések

- **Cél:** Számításkor tett feltételezéseknek megfelelő szikraköz megvalósíthatóságának bizonyítása vagy cáfolata
- 400 kV hálózat esetén ~450 kV – 600 kV működési tartományú szikraköz szükséges, mely előállítása egyelőre nehézségekbe ütközött, ezért kisebb feszültségen végeztünk méréseket

Mérési eredmények

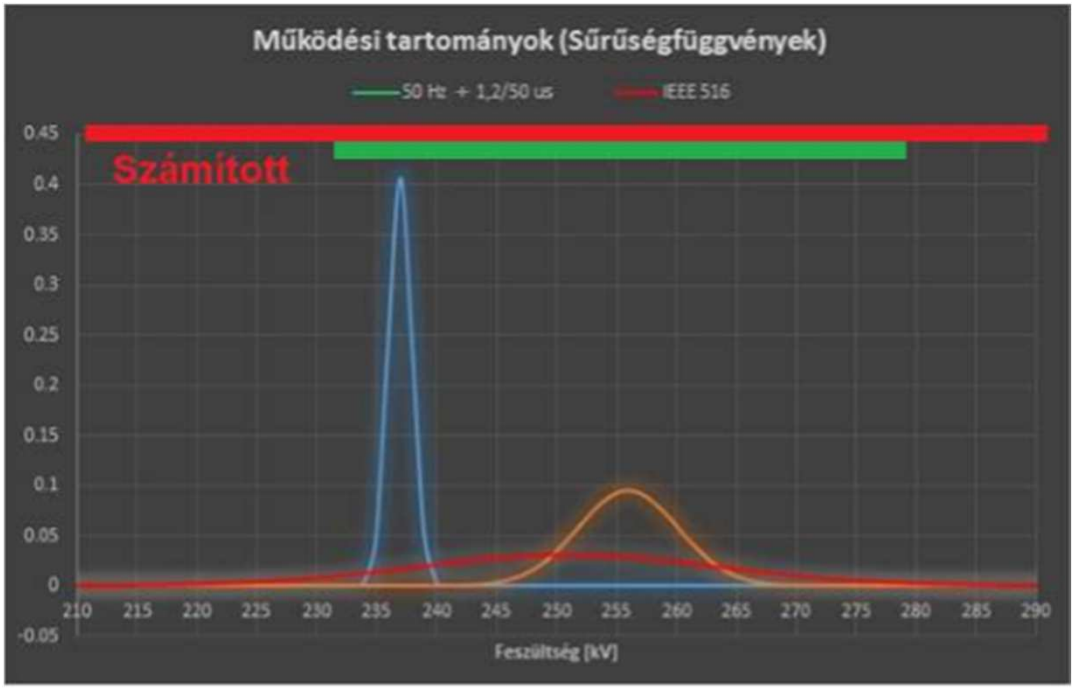
- Görbeillesztés - MATLAB
- **Működési tartomány**
  - Szélső értékek fontosak!
- Eltérő eredmények különböző vizsgálófeszültségek esetén



	50 Hz			Impulzus			Legkisebb átütési feszültség	Legnagyobb átütési feszültség
D [m]	Várható érték [kV]	Szórás [kV]	CV %	Várható érték [kV]	Szórás [kV]	CV %	μ-3σ [kV]	μ+3σ [kV]
0.35	237	0.98	0.41	256	4.2	1.64	232.3	274.6
0.40	262	2.2	0.84	295	8.5	2.88	251.9	330.4
0.45	292	1.915	0.66	314	9	2.86	281.9	351

Mérési eredmények

	50 Hz	1.2/50 µs	IEEE 516 alapján σ=5 %		
D [cm]	**µ-3σ**	**µ+3σ**	**µ**	**µ-3σ**	**µ+3σ**
35	232.3 kV	274.6 kV	253.45 kV	215.43 kV	291.47 kV
40	251.9 kV	330.4 kV	291.15 kV	247.48 kV	334.82 kV
45	281.9 kV	351 kV	316.45 kV	268.99 kV	363.92 kV



Eredmény:

Mérési eredmények alapján megvalósítható lehet a 400 kV hálózatra vonatkozó számításnak megfelelő PPAG.

Összefoglalás, eredmények

- Terhelő energia számítása
  - A számított eredmények a mért eredmények távolságtól való függését követi, de felülbecsüli a valós értékeket (kétszeres-háromszoros felülbecslés)
  - A rendelkezésre álló mért eredmények alapján 20 kA íváram esetén a homogén energiaeloszlás, míg 40 kA íváram esetén a nagymértékben inhomogén eloszlás feltételezése eredményezi a valósághűbb eredményeket
- Hordozható védőszikraköz
  - A hordozható védőszikraköz segítségével nagyban lecsökkenthető a jelenleg szabványban rögzített FAM munkához szükséges legkisebb megközelítési távolság
    - **Az eddig FAM munkára nem alkalmas távvezeték oszlopok esetén a PPAG használata lehetővé teheti a feszültség alatti munkavégzést**

Köszönöm a figyelmet!

Halasz.balint@vet.bme.hu
Halász Bálint Gergely