



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A komplex diagnosztika módszerének kidolgozása az E.ON hálózaton

Tamus Zoltán Ádám, Talián János

tamus.adam@vet.bme.hu



BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport



HÁTTÉR

- A **villamosenergia-ellátás biztonsága** szempontjából meghatározó jelentőségű a **kábelhálózat állapota**.
- Az elosztóhálózatban **egymás mellett működnék** a öreg **olaj-papír** szigetelésű és a korszerű **extrudált kábelek**.
- A tapasztalat azt mutatja, hogy ugyanaz a diagnosztikai módszer nem alkalmas a különféle kábeltípusok megbízható állapotfelmérésére.

SZIGETELESEK ÖREGEDÉSE

- Az üzem és (tárolás) közben fellépő igénybevételek miatt az **anyag szerkezete megváltozik**
- Az anyagszerkezeti változások a *kémiai-*, a *mechanikai-* és a *villamos* tulajdonságok változásában nyilvánulnak meg.
- Az élettartam végét jelzi, ha valamelyik kritikus jellemző nem teljesíti a tervezéskor megállapított küszöbértéket

A komplex diagnosztika módszerének kidolgozása az E.ON hálózaton

AZ E.ON KÁBELDIAGNOSZTIKAI RENDSZERÉNEK ÁTTEKINTÉSE



MÉRÉSEK

- Az E.ON 2004-től az alábbi mérések alapján minősíti a közép feszültségű kábeleit:
 - Szigetelési ellenállásmérés
 - Oszcillálóhullámú részkisülés vizsgálat (OWTS)
 - Veszteségi tényező mérése ($\tan \delta$)
 - Recovery Voltage Measurement (RVM)
 - (nem szerepel a kiértékelő algoritmusban)



A KIÉRTÉKELŐ ALGORITMUS

- Minden mérési eljárás eredményét 1-3-ig pontozták
- A kapott pontokat az alább összefüggéssel váltják át 1-6-ig terjedő pontokká:

$$\frac{(2 \times [\text{tan } \delta \text{ mérés eredménye}] + 1 \times [\text{OWTS eredménye}] + 3 \times [\text{szig. ellenállás m. eredménye}])}{3}$$



DIAGNOSZTIKA EREDMÉNYE ÉS MEGHIBÁSODÁSOK

Vizsgált szakaszok		Diagnosztikai vizsgált után meghibásodott szakaszok					
		Öregedés	Szerelvény	Sértés	Egyéb	Összesen	
							%
1 (kifogástalan)	3	0	0	0	0	0	0,0%
2 (nagyon jó)	19	1	0	0	0	1	5,3%
3 (jó)	104	13	1	2	0	16	15,4%
4 (elfogadható)	124	25	1	6	0	32	25,8%
5 (rossz)	67	9	0	0	0	9	13,4%
6 (elfogadhatatlan)	20	4	0	2	0	6	30,0%
összesen:	337	52	2	10	0	64	19,0%

MEGHIBÁSODÁSOK SZÁZALÉKBAN AZ EGYES KATEGÓRIÁKBAN

Diagnosztikai vizsgált után meghibásodott szakaszok						
Kategória	Összesen	Öregedés	Szerelvény	Öregedés és szer.	Sértés	Egyéb
1 (kifogástalan)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-
2 (nagyon jó)	1,6%	1,9%	0,0%	1,9%	0,0%	-
3 (jó)	25,0%	25,0%	50,0%	25,9%	20,0%	-
4 (elfogadható)	50,0%	48,1%	50,0%	48,1%	60,0%	-
5 (rossz)	14,1%	17,3%	0,0%	16,7%	0,0%	-
6 (elfogadhatatlan)	9,4%	7,7%	0,0%	7,4%	20,0%	-
összesen:	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	-

A JELENLEGI DIAGNOSZTIKAI RENDSZER GYENGESÉGEI I.

- A kiértékelő algoritmus nem veszi figyelembe a kábelszakaszok szigetelésének anyagát, ugyanazok a küszöbszámok nem alkalmazhatók olaj-papír-, illetve műanyag-szigetelésű kábelekre.
 - Vegyes (olaj-papír és PE/XLPE) szakaszok?
- A részleges kisülés mérés kiértékelése csak a begyújtási feszültségen alapul.
 - A kiértékelés nem veszi figyelembe a részleges kisülések szintjét, intenzitását és eloszlását a kábelszakaszon.



A JELENLEGI DIAGNOSZTIKAI RENDSZER GYENGESÉGEI II.

- A veszteségi tényező mérésének értékeléskor csak a jellemző feszültségfüggését vizsgálja.
- A meghibásodások és a diagnosztikai mérések statisztikai elemzése során megállapítottuk:
 - A kiértékelő algoritmusban az egyes mérések súlyozása nem megfelelő.
 - A meghibásodásokat nemzetközi eredményekkel összevetve valószínűsíthető, hogy a meghibásodások nyilvántartása sem megfelelő (szerelvényhiba: $<10\%$).

A komplex diagnosztika módszerének kidolgozása az E.ON hálózaton

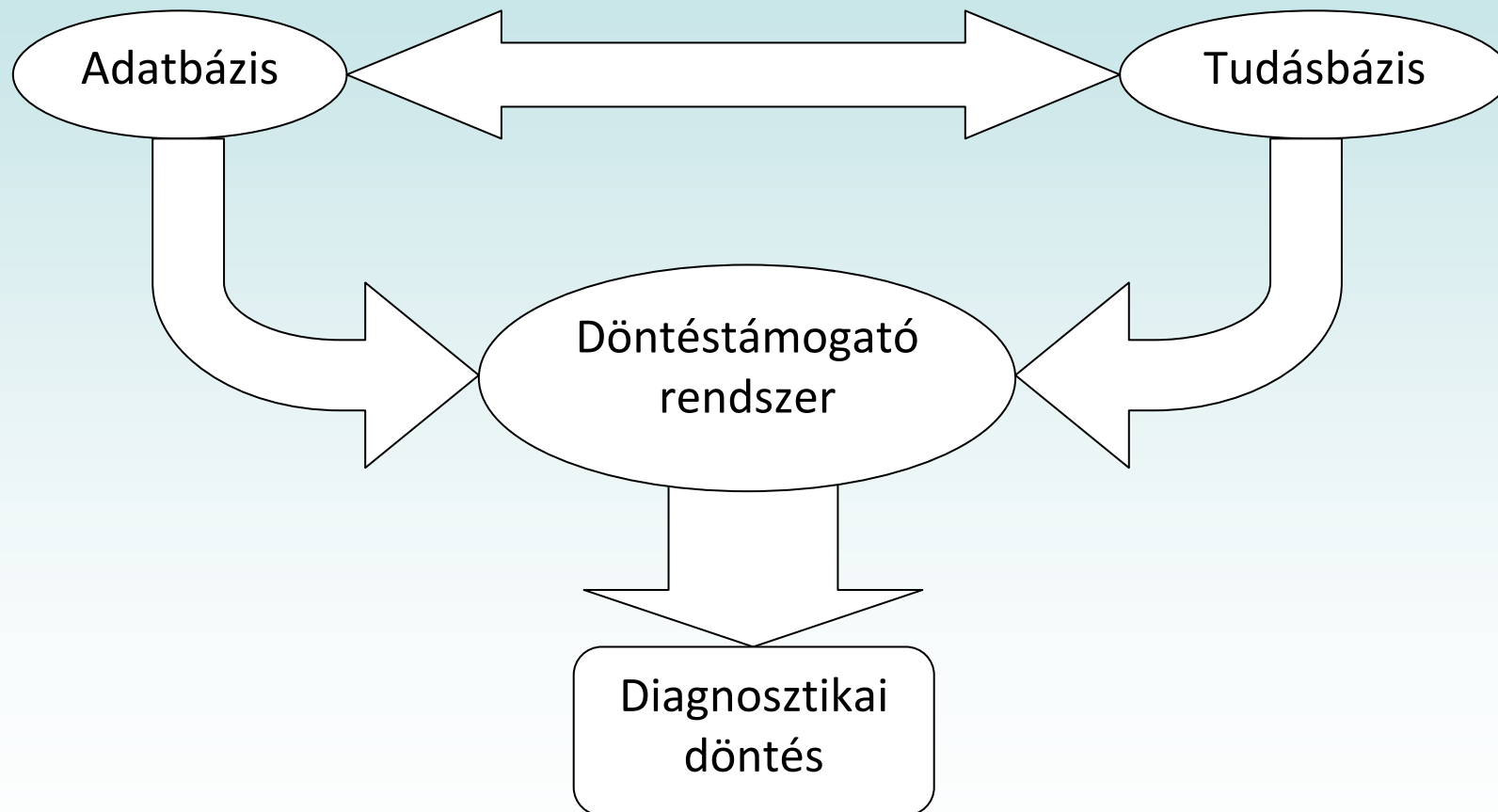
A SZIGETELÉSDIAGNOSZTIKAI SZAKÉRTŐI RENDSZER



BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport



A SZAKÉRTŐI RENDSZER FELÉPÍTÉSE



DIAGNOSZTIKAI DÖNTÉS

- A kábelszakértői rendszer kimenete a következő **diagnosztikai döntések** lehetnek:
 - **Rendben, nincs teendő:** a szakasz állapota jó,
 - **Állapotfigyelés:** adott idő múlva újramérni,
 - **Javítás:** a szakasz hibás szerelvényének cseréje, vagy a hibás rész kijavítása, és
 - **Csere:** a teljes kábelszakasz cseréje.

A TUDÁSBÁZIS

- A tudásbázist fel lehet építeni:
 - meghibásodási **statisztikák alapján**, a meghibásodott kábelszakaszok mérési eredményeinek elemzésével
 - az adott kábeltípuson, szerelvényen végzett **komplex laboratóriumi vizsgálatokkal**
 - az adott kábel, vagy szerelvénytípusra **jellemző meghibásodások analizálásával**

MEGHIBÁSODÁSOK ÉS MÉRÉSI EREDMÉNYEK - PILC

R_{szig}			
kategóriák	meghibásodott	összesen	hibás/össz.
alacsony	3	21	14%
nagy asszimetria	7	36	19%
megfelelő	4	51	8%
összesen	14	108	13%

Begyűjtési feszültség			
kategóriák	meghibásodott	összesen	hibás/össz.
$U_{névl}$ alatt	10	86	12%
$U_{névl}$ és $1,5 U_{névl}$ között	2	11	18%
$1,5 U_{névl}$ felett	1	5	20%
összesen	13	102	13%

Tan delta feszültségfüggése			
kategóriák	meghibásodott	összesen	hibás/össz.
nem fesz. függő	10	78	13%
fesz. függő	3	22	14%
jelentősen fesz. függő	0	2	0%
összesen	13	102	13%



MEGHIBÁSODÁSOK ÉS MÉRÉSI EREDMÉNYEK – PE, XLPE

R_{szig}			
kategóriák	meghibásodott	összesen	hibás/össz.
alacsony	9	34	26%
nagy asszimetria	5	46	11%
megfelelő	0	12	0%
összesen	14	92	15%

Begyűjtési feszültség			
kategóriák	meghibásodott	összesen	hibás/össz.
$U_{névl}$ alatt	8	62	13%
$U_{névl}$ és $1,5 U_{névl}$ között	0	8	0%
$1,5 U_{névl}$ felett*	5	18	28%
összesen	13	88	15%

Tan delta feszültségfüggése			
kategóriák	meghibásodott	összesen	hibás/össz.
nem fesz. függő	3	19	16%
fesz. függő	3	22	14%
jelentősen fesz. függő	8	40	20%
összesen	14	81	17%



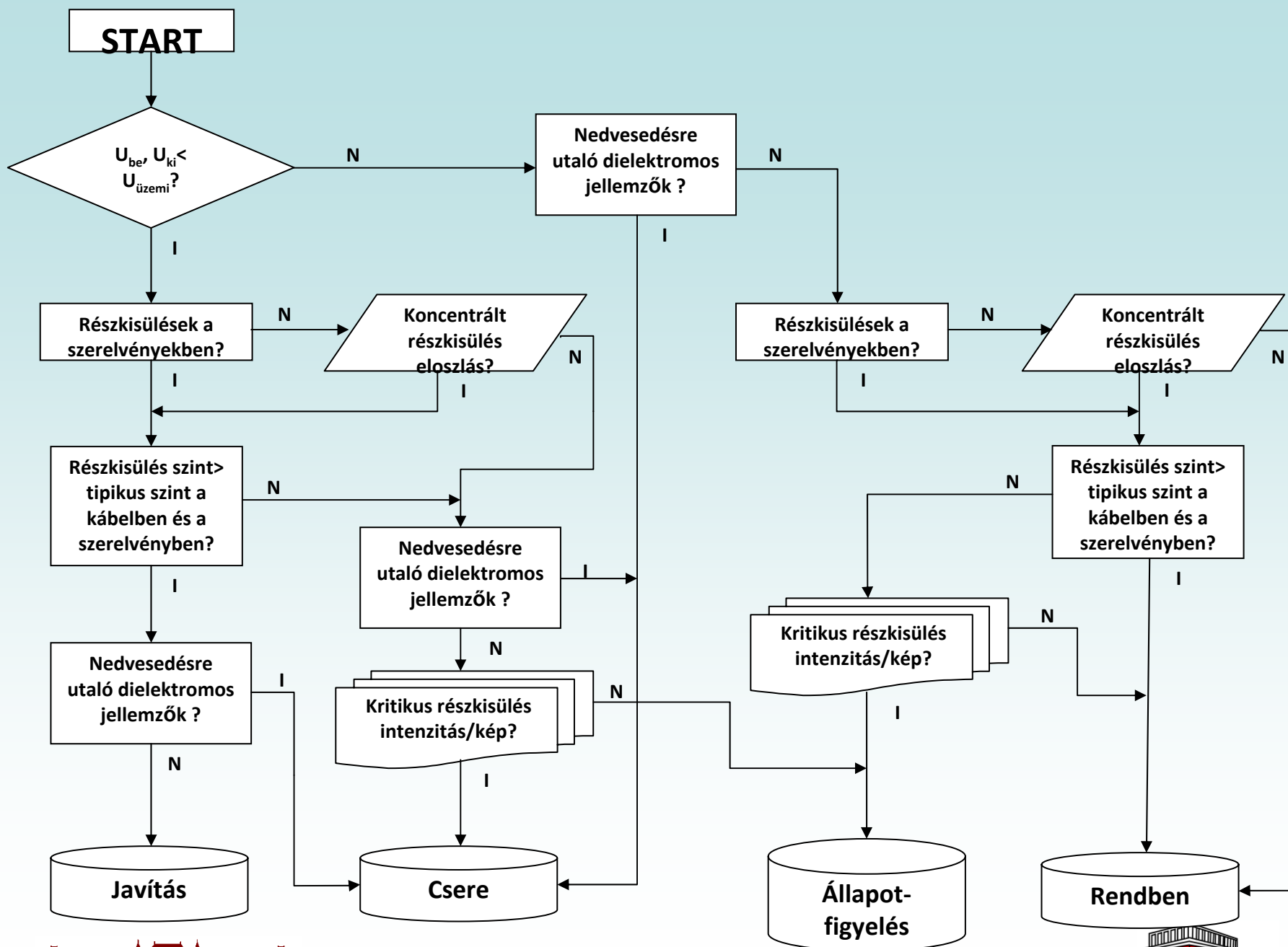
A LEGJELLEMZŐBB MEGHIBÁSODÁSOK ANALIZÁLÁSA

- A kábelvonalak meghibásodása
 - **Lokális**, vagy valamilyen
 - **kiterjedt állapotromlásra** vezethető vissza.
- **A lokális hibák**
 - eredhetnek valamilyen **szerelvény meghibásodásából**, vagy
 - a kábelszigetelés valamilyen **helyi intenzív igénybevétel által okozott romlási folyamatának** a következményeként.
- A kábelek esetén a két legnagyobb probléma a szigetelés anyagának **öregedése** és a **nedvesedése**.
- Fel kell tárni a kábelszakaszok **igénybevételét**, a szigetelésekben az igénybevételek hatására lezajló **öregedési folyamatokat**.



A DÖNTÉSTÁMOGATÓ RENDSZER

- A döntéstámogató rendszer a diagnosztikai döntés szempontrendszer (döntési fa), melyhez a küszöbszámokat a tudásbázis szolgáltatja.
- A döntéstámogató rendszer felépítésekor az alábbi tényezőket vettük figyelembe:
 - a szakértői rendszerbe bevont kábelek és szerelvények típusát,
 - a rendelkezésre álló mérőeszközök.



A DÖNTÉSTÁMOGATÓ RENDSZER

- Nedvesedésre utaló dielektromos jellemzők vizsgálata
- Részkisülések megjelenése szerelvényekben
- Koncentrált részkisüléskép
- Részkisülés szint értékelése
- Részkisülés intenzitás elemzése



NEDVESEDÉSRE UTALÓ DIELEKTROMOS JELLEMZŐK

- veszteségi tényező:
 - nedvesedés
 - értéke
 - PE, XLPE: $>22 \cdot 10^{-4}$
 - olaj-papír: $>80 \cdot 10^{-4}$
 - 1/3 PE, XLPE és 2/3 olaj-papír: $>82 \cdot 10^{-4}$
 - 50% PE, XLPE és 50% olaj-papír: $>67 \cdot 10^{-4}$
 - 2/3 PE, XLPE és 1/3 olaj-papír: $>52 \cdot 10^{-4}$
 - feszültségfüggő $0,5U_0$ - $2U_0$ tartományban 100%
- szigetelési ellenállás
 - PE, XLPE: $< 500 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$
 - olaj-papír: $< 100 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$
 - 1/3 PE, XLPE és 2/3 olaj-papír: $<136 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$
 - 50% PE, XLPE és 50% olaj-papír: $<167 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$
 - 2/3 PE, XLPE és 1/3 olaj-papír: $<214 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$
 - jelentős (nagyságrendnyi) aszimmetria



AZ ADATBÁZIS

- Az **adatbázis**nak tartalmaznia kell:
 - a kábelszakasz pontos paramétereit:
 - a szakasz kábeleinek típusait
 - a szakaszban használt szerelvények adatait, helyét
 - a javítások helyét, idejét
 - esetleges külső behatásokat
 - a végzett mérések adatait,
 - idejét
 - mért értékeket
 - mérés körülményeit
 - a meghibásodások adatait
 - idejét,
 - pontos helyét
 - jellegét: kábel, szerelvény, sértés és egyéb



ÖSSZEFOGLALÁS I.

- Az E.ON által használt diagnosztikai mérési módszerek, és a mérési eredmények kiértékelési szempontrendszerének vizsgálata, a meghibásodási és a kábelmérési adatok összehasonlításával.
- A **szigetelésdiagnosztikai szakértői rendszer** felépítéséhez szükséges a kábelszerelvények és kábelek öregedési folyamatait tartalmazó **tudásbázis**, a kábelszakaszok adatait tartalmazó **adatbázis** és egy **döntéstámogató rendszer**.

ÖSSZEFOGLALÁS II.

- A kiinduló tudásbázist kábelhálózat **tipikus meghibásodásait elemelve** építettük fel.
- A kiinduló tudásbázis alapján felépítettük a **döntéstámogató rendszert**, mely lényegesen **megnöveli a diagnosztikai döntések** meghozatalának **hatékonyságát**, továbbá **egységesíti a diagnosztikai döntéshozatal folyamatát**.
- Javaslatot dolgoztunk ki a **kábelnyilvántartó adatbázisra**.

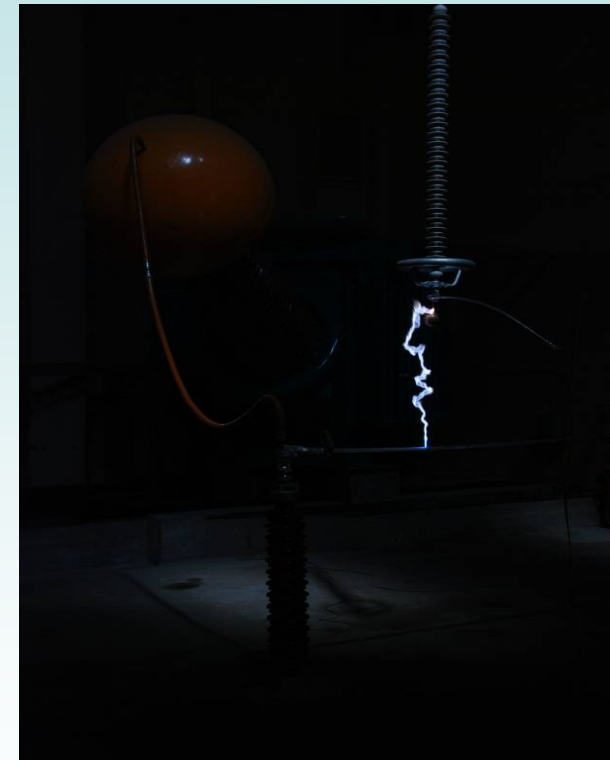


JELENLEG

- **Komplex** (párhuzamos kémiai, mechanikai és villamos) **laboratóriumi vizsgálatok** elvégzése az E.ON által átadott kábelfajtákból készített próbatesteken.
- A **degradációra legérzékenyebb helyszíni, roncsolásmentes vizsgálati módszerek kiválasztása**, javaslat esetleges új diagnosztikai vizsgálatok bevezetésére.
- **Döntéstámogató szakértői rendszer kialakítása:**
 - a kimeneti akciók beillesztése az E.ON asset management stratégiájába,
 - a döntési fa véglegesítése.
- A szakértői rendszer alkalmazásához szükséges elvek, gyakorlati lépések meghatározása.



KÖSZÖNJÜK A FIGYELMET!



Elérhetőségek:
Budapest, 1111, Egry J. u. 18.
tel.: 1-463-2784, fax.: 1-463-3231
e-mail: nemeth.balint@vet.bme.hu