

# Kábeldiagnosztika

Homok Csaba

VEIKI-VNL Kft.

Tel.: 417-3154

Fax: 417-3163

E-mail: [homok@vnl.hu](mailto:homok@vnl.hu)



# SZAQkrKVM (ROUNDAL) 3x240mm<sup>2</sup> keresztmetszetű, 6/10kV-os kábel vizsgálata

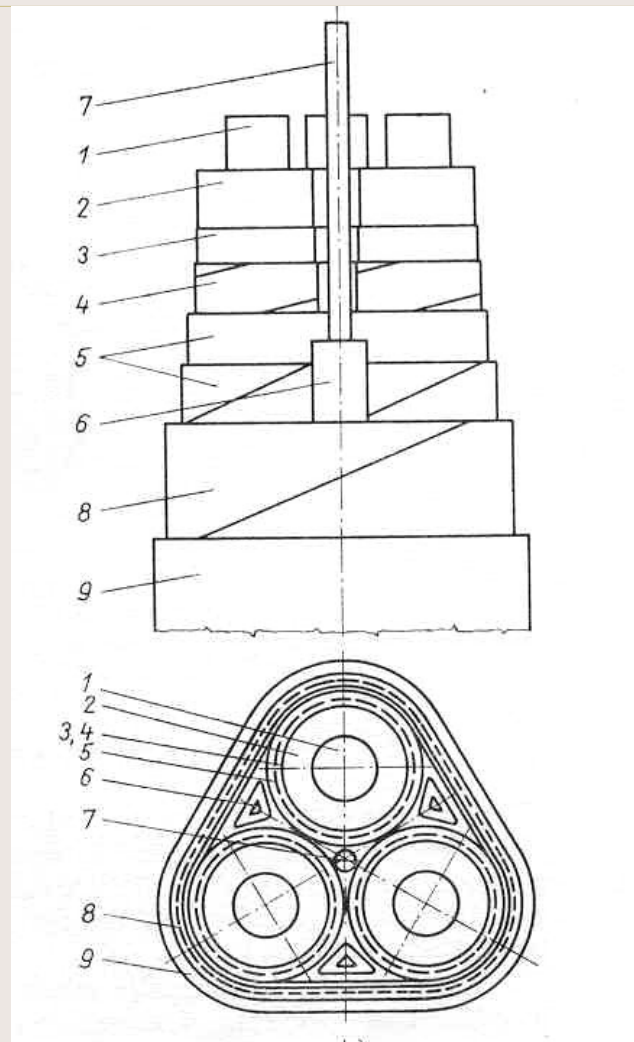
Hosszú időtartamú vizsgálat

MSZ HD 605 S1:1999 *Villamos kábelek.*

*Kiegészítő vizsgálati módszerek szabvány 5.4.5.*  
alszakasza alapján

# A ROUNDAL kábel felépítése

- 1. vezető
- 2. érszigetelés
- 3. vezetőképes grafitréteg (árnyékolás)
- 4. vezetőképes karbonpapír réteg (árnyékolás)
- 5. alumínium szalag árnyékolás
- 6. PVC térkitöltés
- 7. Földelővezető
- 8. Szalagpáncélozás
- 9. PVC burkolat



# A ROUNDAL kábel felépítése

## Típushiba:

- A kábelerek közötti hézag nincs kitöltve, burkolatsérülés következtében hosszában beázik.



# A vizsgálati program ismertetése

---

1. A kezdeti szilárdság meghatározása
2. Két éves tartós feszültségpróba modellezve a vízbehatolást is
3. Maradék szilárdság meghatározása 0.5, 1 és 2 év után, statisztikai értékelés Weibull - eloszlás szerint
4. „Water - tree” rajzolatok 2 év után

# 1. A kezdeti szilárdság meghatározása

- Kábelerek kondicionálása 7 nap,  $70^{\circ}\text{C}$  vezetőhőmérsékleten
- Váltakozó áramú lépcsős feszültségpróba  $5U_0 = 30\text{kV}$  feszültséggel 5 percre, majd a feszültség növelése 5 percenként  $U_0 = 6\text{kV}$  lépésekben átütésig, maximum  $25U_0 = 150\text{kV}$  értékig
- Statisztikai értékelés Weibull - eloszlás szerint

## 2. Két éves tartós feszültségpróba modellezve a vízbehatolást is



- Kábelek vízzel történő feltöltése
- Kábelerek  $40 \pm 5^\circ\text{C}$  vezetőhőmérsékleten tartása
- A kábelerek feszültségigénybevétele  $4U_0 = 24\text{kV}$ , vizsgálat időtartama 2 év

### 3. Maradék szilárdság meghatározása 0.5, 1 és 2 év után

- Váltakozó áramú lépcsős feszültségpróba  $5U_0 = 30\text{kV}$  feszültséggel 5 percig, majd a feszültség növelése 5 percenként  $U_0 = 6\text{kV}$  lépésekben átütésig, maximum  $25U_0 = 150\text{kV}$  értékig
- Statisztikai értékelés Weibull - eloszlás szerint



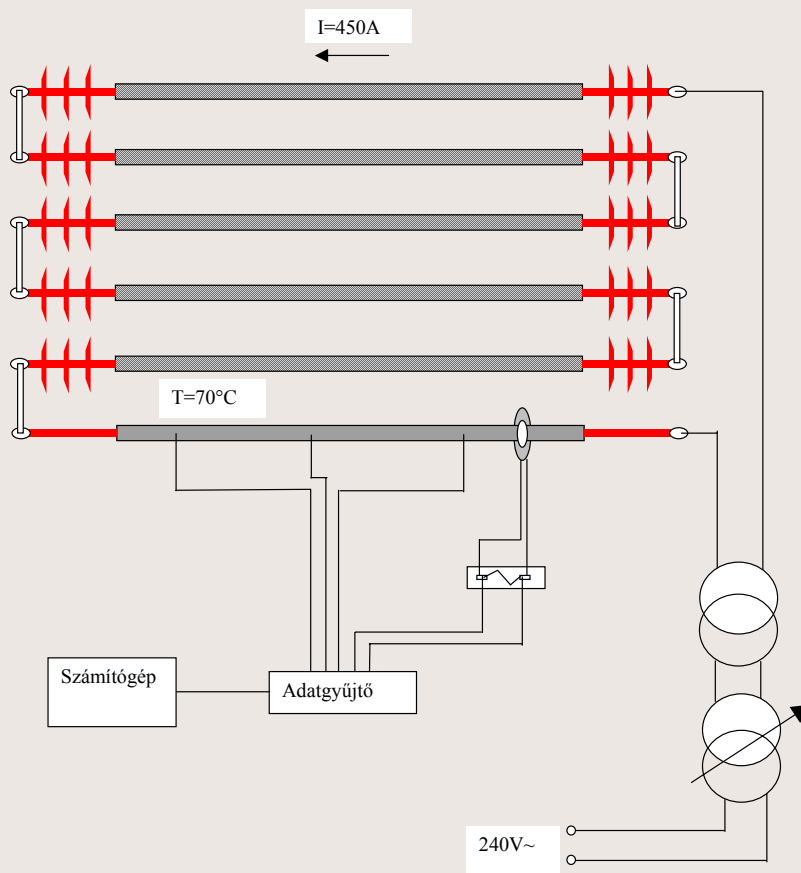
# Kiegészítő szigetelésdiagnosztikai vizsgálatok



- Részleges kisülés mérés laboratóriumi és OWTS hálózatdiagnosztikai készülékekkel
- Kapacitás és dielektromos veszteségi tényező mérés
- Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékekkel

# Elvégzett vizsgálatok és eredményei

# Kondicionálás

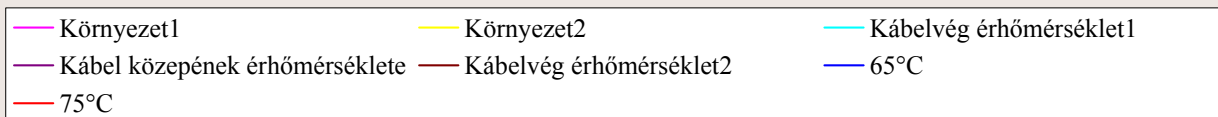
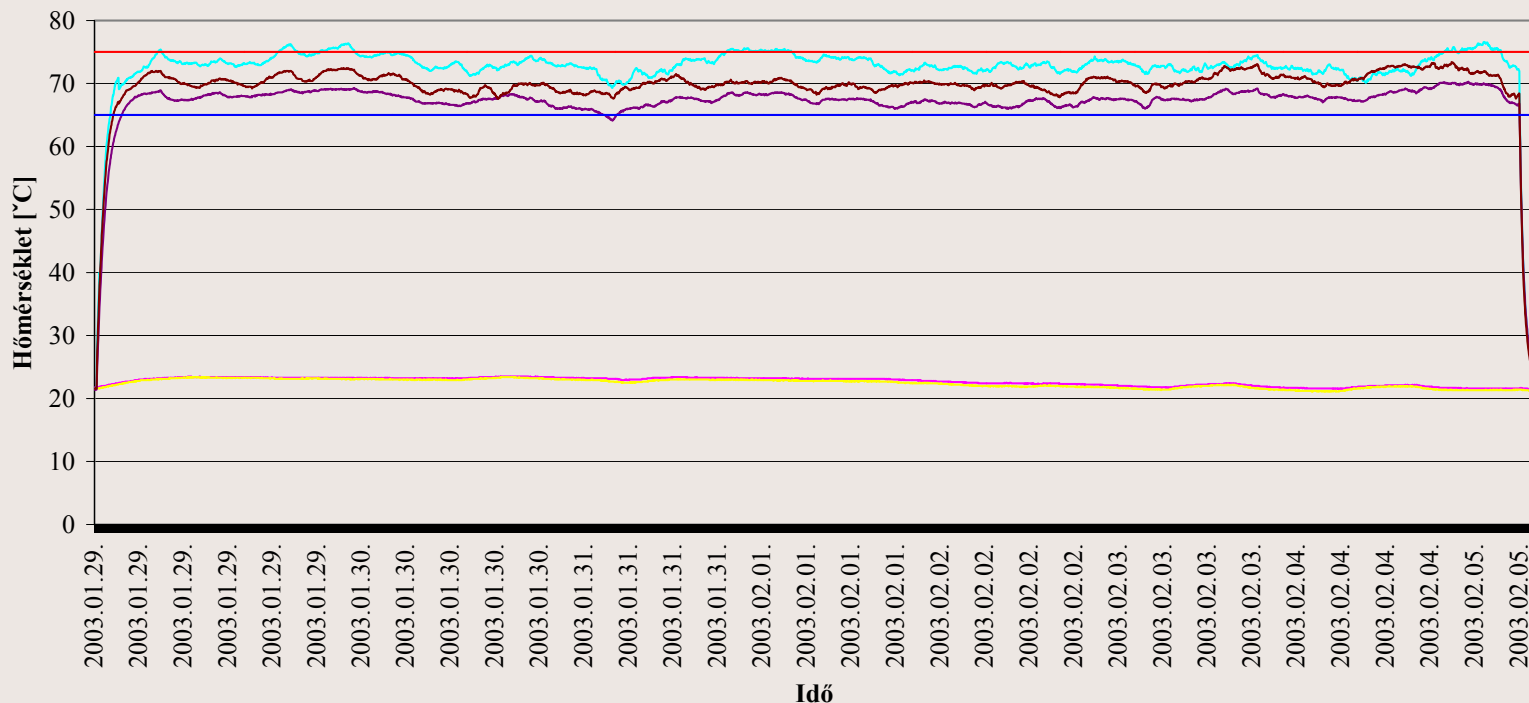


# Kondicionálás



# Kondicionálás

## Kábelerek 7 napos kondicionálása



# Kezdeti szilárdság meghatározása



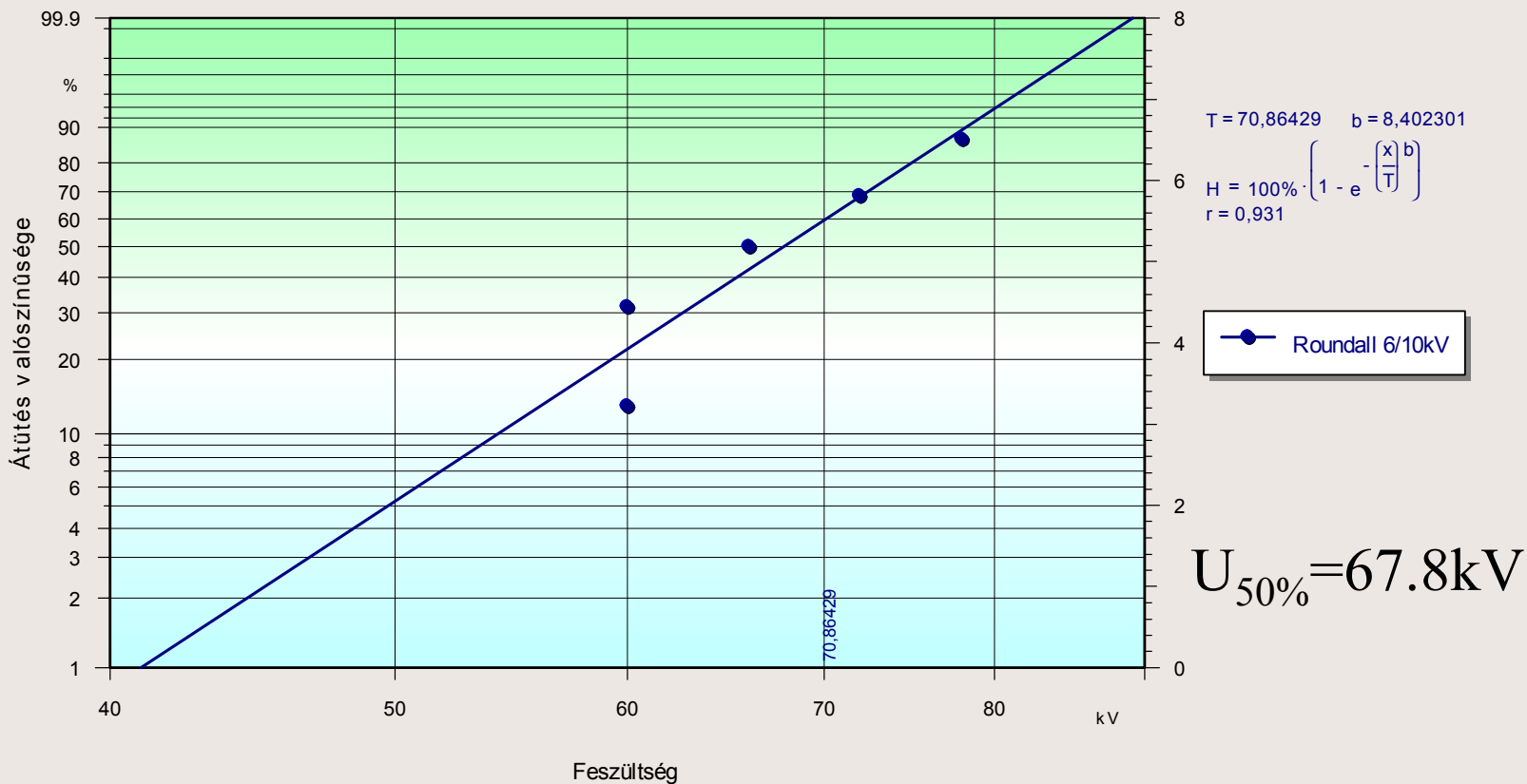
Alkalmazott végelezáró:  
Raychem POLT 42E/1X0  
20/35kV-os feszültség szintre



# Kezdeti szilárdság meghatározása

Kábelér száma	Átütési feszültség		Átütés helye
	[kV]	[min.mp]	
1	78	42.09	Kábelfej, gerjesztés felöli oldalon fölfelé
2	66	32.44	A gerjesztéssel ellentétes oldalon a kábelfejtől kb. 4m-re felfelé
3	60	29.05	A kábel felénél felfelé
4	60	27.26	A gerjesztés felöli oldalon a kábelfejtől kb. 0.5m-re, a támasztó vaskeret felé
5	72	39.5	Kábelfej, gerjesztés felöli oldalon

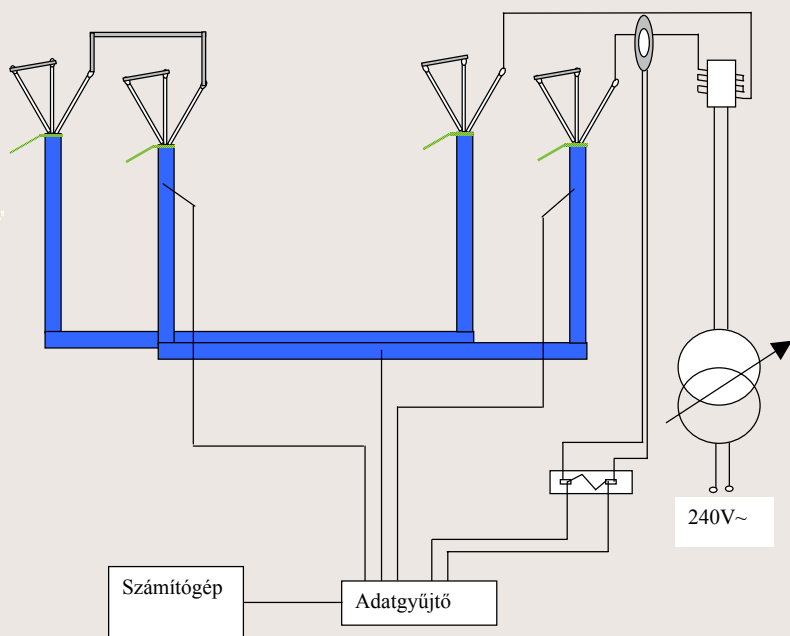
# Kezdeti szilárdság meghatározása



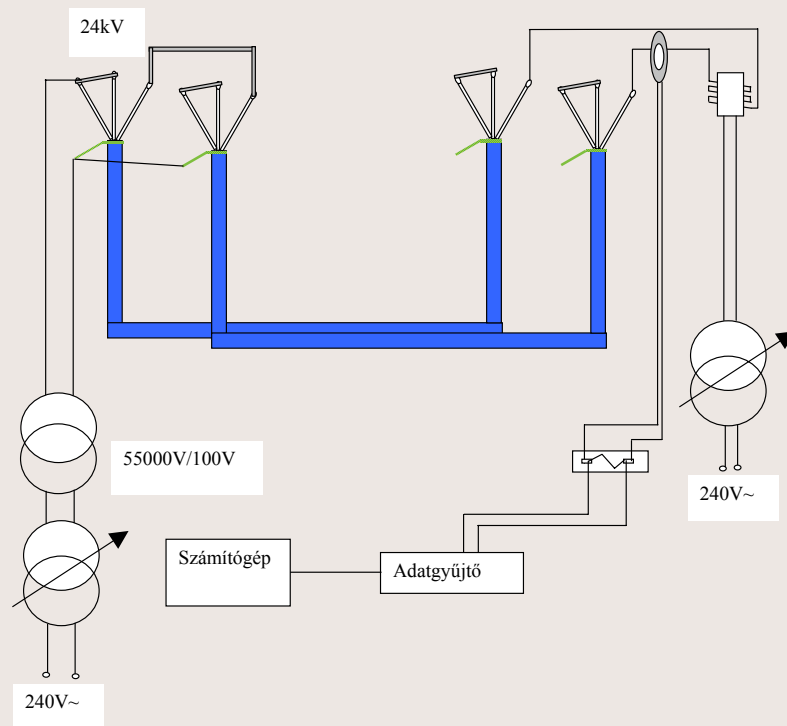


# Hosszú időtartamú vizsgálat

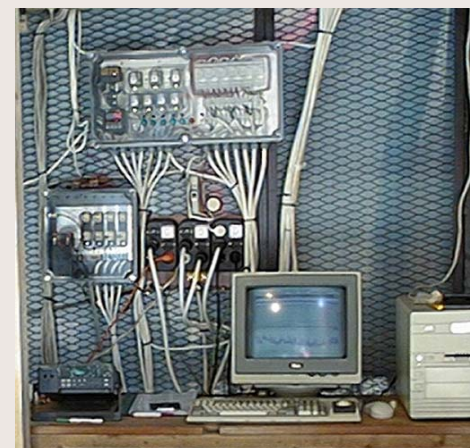
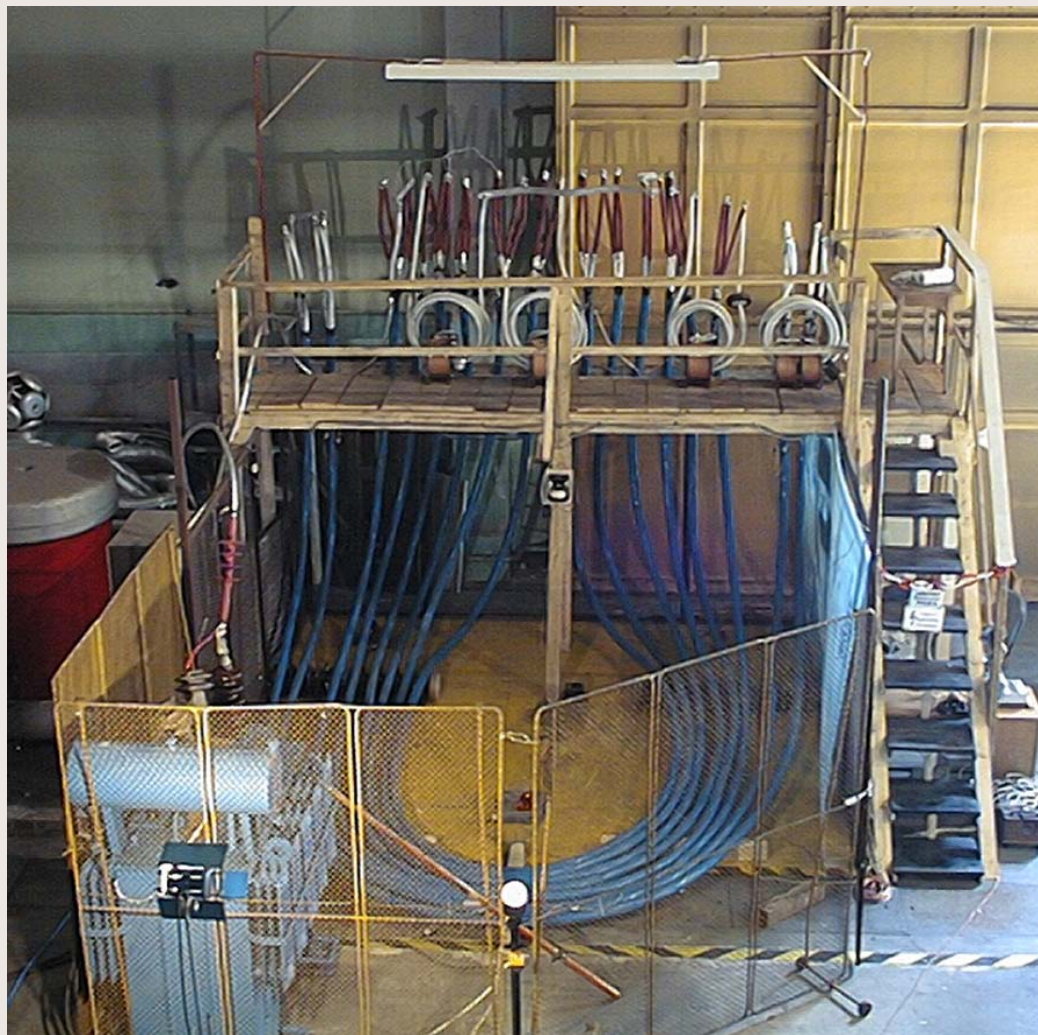
Referenciaáramkör:



Vizsgálati áramkör:

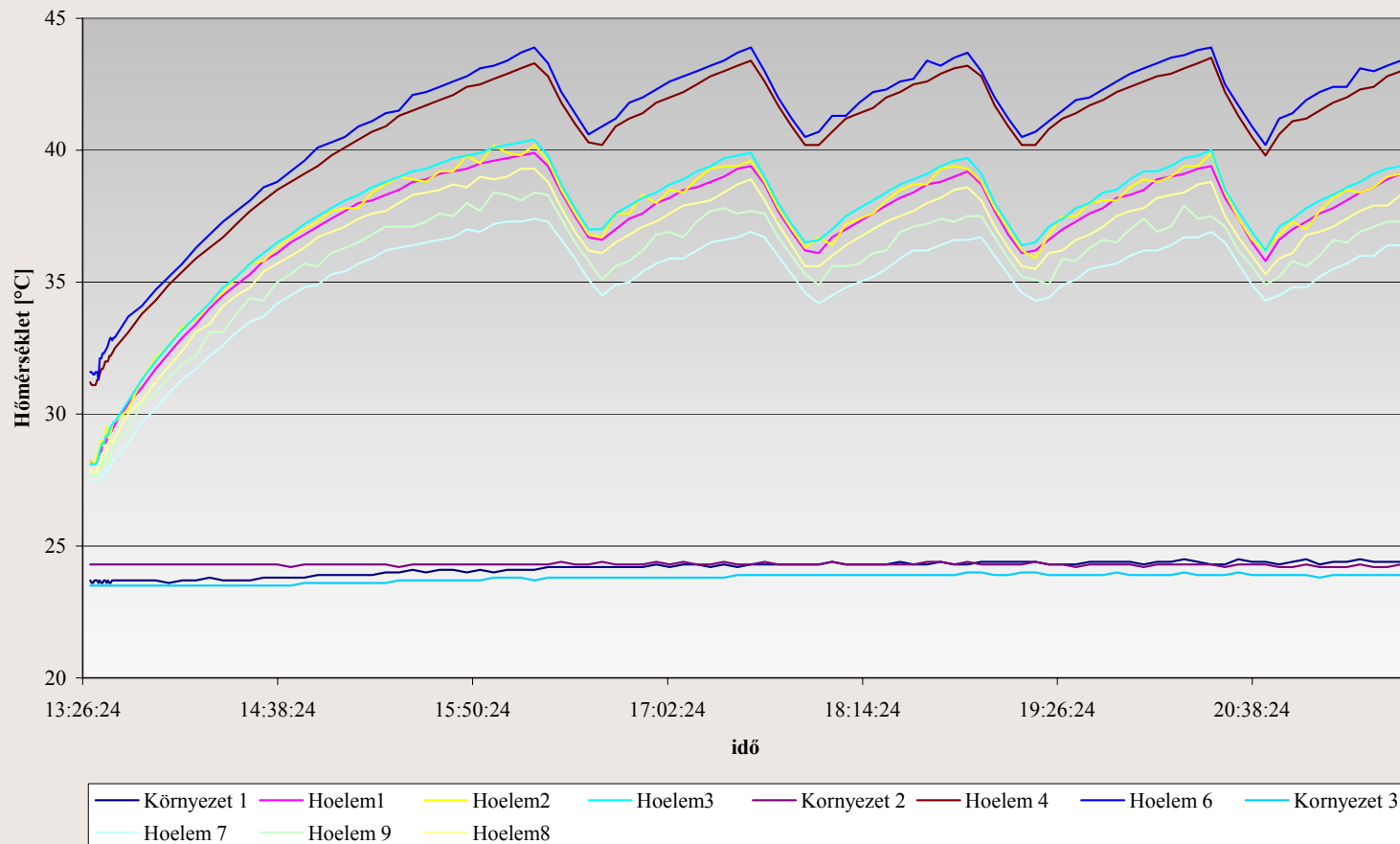


# Hosszú időtartamú vizsgálat



# Hosszú időtartamú vizsgálat

Hosszú időtartamú vizsgálat



# Az öregítési vizsgálat első három hónapjának krónikája

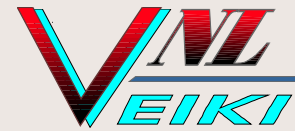
- A vizsgálat első órájában a 4. számú kábel 'B' ere a végelzárótól 2m-re 40°C-os érhőmérséklet és  $4U_0=24\text{kV}$  terhelőfeszültség mellett átütött
- három hónapos öregítés után a 2. számú kábel 'A' ere a végelzárótól 0.8m-re 40°C-os érhőmérséklet és  $4U_0=24\text{kV}$  terhelőfeszültség mellett átütött
- Az átütések hatására az első öregítési ciklus félidejében elvégeztük a kiegészítő szigetelésdiagnosztikai vizsgálatokat

# Részleges kisülés mérés laboratóriumi műszerrel



Kábel		Mérés az öregítés előtt				Mérés 3 hónap öregítés után			
		Részleges kisülés				Részleges kisülés			
		Q [pC]				Q [pC]			
sorszám	ér	6kV	12kV	18kV	24kV	6kV	12kV	18kV	24kV
1	A	4	5	60-100	60-70	6	6	18-20	20-30
	B	5	5	6-8	20-30	6	6	7	10-30
	C	5	6	10-20	20-40	7	7	7	10-20
2	A	3	110	170-190	180-200	Átütött 3 hónap öregítés után			
	B	1	1-8	180-250	180-250	6	6	7	10-20
	C	1	1	140-180	140-180	7	7	7	10-20
3	A	1-2	1-2	80-100	110	7	8-10	10-20	30-50
	B	1-2	80-110	230-280	250-300	7	7-10	10-12	10-20
	C	1	5	2	80-100	7	7-10	7-10	20-30
4	A	1	2	2-3	45-50	7	7	10-20	20
	B	1-2	1-2	55-70	90-110	Átütött a kezdés után 1 órával			
	C	1-2	2	60-80	100	7	30-40	80-100	100-200
5	A	5	5	100-140	90-110	7-10	7-10	7-10	7-10
	B	4	180-250	250-300	200-250	7-10	7-10	20-30	70-100
	C	4	5	6	40-60	7	7-10	7-10	30-40
6	A	1	2	300-426	500	10-30	10-30	50-60	70-100
	B	1	320-430	500-800	400-600	7	50-60	70-100	70-100
	C	1	2	150-220	250-460	7	7-10	80-100	80-100

# Részleges kisülés mérés OWTS hálózatdiagnosztikai készülékekkel



Kábel		Mérés az öregítés előtt					Mérés 3 hónap öregítés után				
		Részleges kisülés				Frekvencia f [Hz]	Részleges kisülés				Frekvencia f [Hz]
		Q <sub>max</sub> [pC]					Q <sub>max</sub> [pC]				
sorszám	ér	8kV <sub>cs</sub>	16kV <sub>cs</sub>	26kV <sub>cs</sub>	34kV <sub>cs</sub>		8kV <sub>cs</sub>	16kV <sub>cs</sub>	26kV <sub>cs</sub>	34kV <sub>cs</sub>	
1	A	66	136	277	596	2500	77	140	263	596	2500
	B	70	155	280	407	2500	68	160	297	385	2500
	C	72	147	288	488	2500	102	234	334	560	2500
2	A	78	151	301	470	2500	Átütött 3 hónap öregítés után				
	B	62	133	254	505	2500	41	148	231	465	2500
	C	71	143	318	432	2500	97	147	282	400	2500
3	A	75	158	277	385	2500	51	128	299	428	2500
	B	69	132	295	422	2500	77	148	301	404	2500
	C	63	142	311	397	2500	95	133	288	402	2500
4	A	68	139	264	378	2500	66	164	285	414	2500
	B	72	171	284	442	2500	Átütött a kezdés után 1 órával				
	C	66	138	273	403	2500	99	150	262	579	2500
5	A	63	147	289	421	2500	63	156	276	391	2500
	B	69	134	277	391	2500	85	173	320	436	2500
	C	73	158	268	410	2500	77	215	310	533	2500
6	A	68	141	263	445	2500	90	137	271	388	2500
	B	65	161	294	419	2500	71	145	307	398	2500
	C	74	133	258	399	2500	77	248	287	537	2500
Kábelerek sorbakötte l=225m		61	75	231	588	773	59	67	198	621	769
1. kábel erei sorbakötte l=45m		41	148	253	361	1600	33	131	244	357	1600

# Kapacitás és dielektromos veszteségi tényező mérés TETTEX 2816/5284U



típusú 12kV-os szigetelésdiagnosztikai készülékekkel

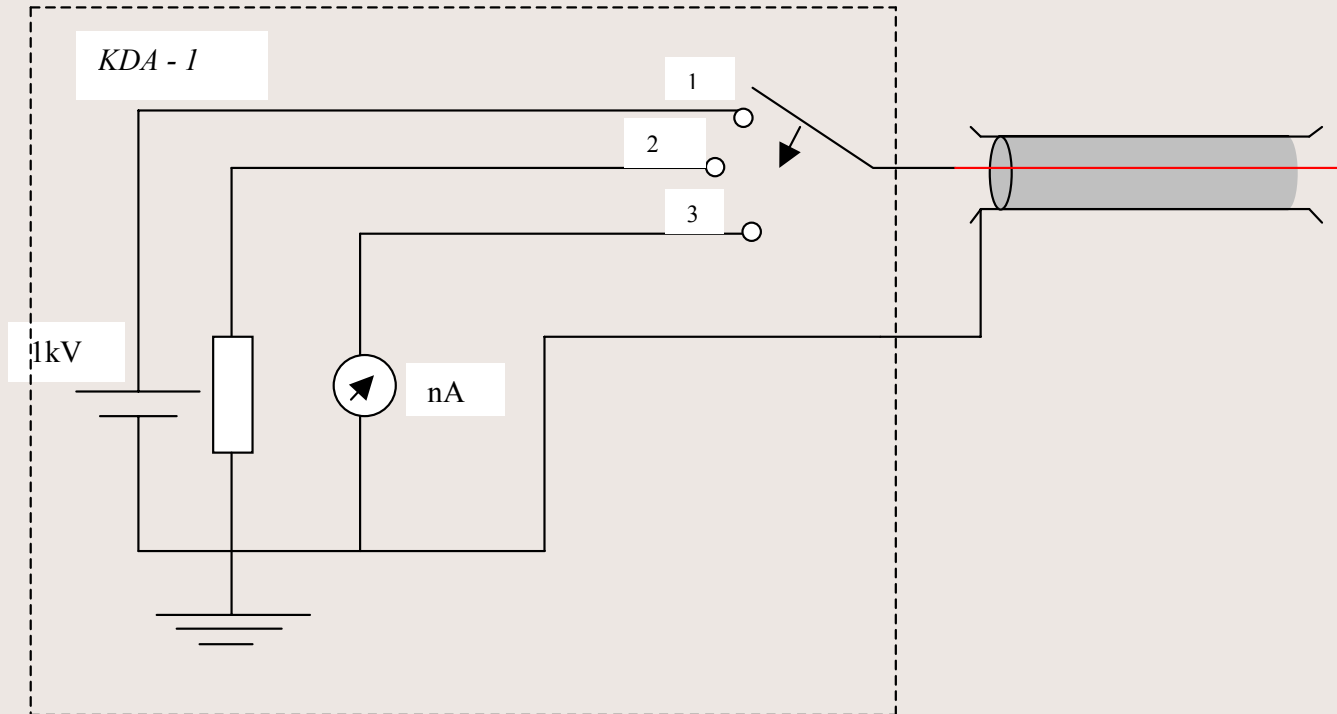
Kábel		Mérés az öregítés előtt				Mérés 3 hónap öregítés után			
		tgδ*10 <sup>-4</sup>			C	tgδ*10 <sup>-4</sup>			C
sorszám	ér	6kV	10kV	12kV	[ nF]	6kV	10kV	12kV	[ nF]
1	A	8	9	10	4.099	4	6	8	4.104
	B	9	10	11	4.115	5	7	8	4.120
	C	7	9	10	4.047	4	7	8	4.054
2	A	5	7	8	4.161	Átütött 3 hónap öregítés után			
	B	6	7	8	4.178	4	6	7	4.175
	C	5	7	7	4.102	4	6	7	4.107
3	A	6	7	8	4.141	4	7	8	4.141
	B	6	7	8	4.134	5	8	9	4.137
	C	6	8	8	4.084	5	7	9	4.087
4	A	6	8	8	4.144	5	7	8	4.142
	B	6	7	8	4.134	Átütött a kezdés után 1 órával			
	C	7	8	9	4.083	5	7	9	4.083
5	A	6	8	9	4.105	5	8	9	4.108
	B	7	8	9	4.114	6	8	10	4.119
	C	6	7	8	4.045	4	7	8	4.048
6	A	7	8	9	4.120	6	9	11	4.127
	B	5	7	8	4.127	11	16	18	4.144
	C	6	7	8	4.064	6	9	10	4.069
Referencia 1	A	1	5	6	4.118	1	2	3	4.118
	B	1-2	4	5	4.092	1	2	3	4.091
	C	1-2	4	6	4.050	1	2	3	4.055

# Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékekkel

- KDA (Kabel-Diagnose-Anlage = kábeldiagnosztikai berendezés)
- az extrudált szigetelést képező polimer anyagok öregedése során megváltozik a dielektrikum szerkezete és állapota
- a relaxációs áramok az öregedési folyamatoktól függően különböző időállandókkal rendelkeznek
- kábel öregedésére jellemző A - érték teljesen független a hőmérsékleti és egyéb környezeti befolyásoló tényezőktől (A-érték (Alterungswert = öregedésre jellemző érték)

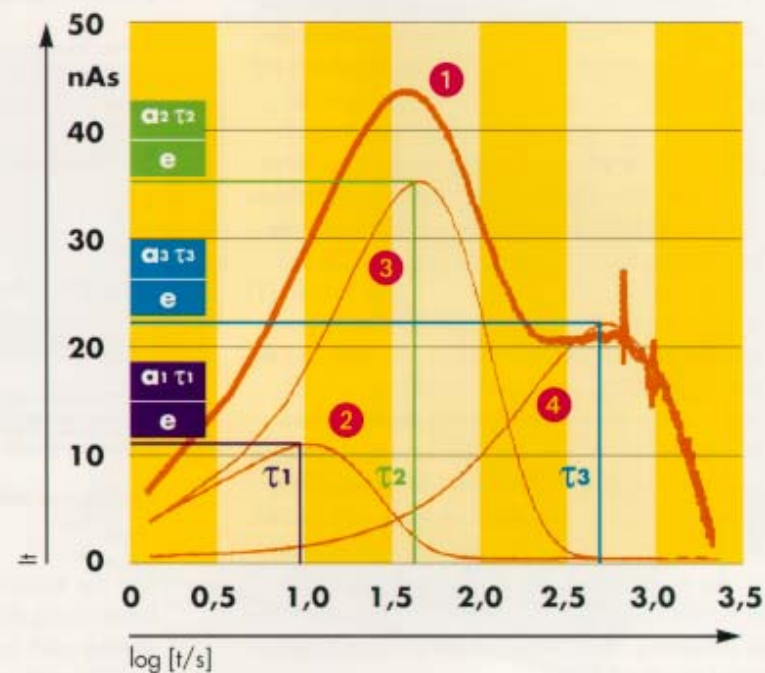
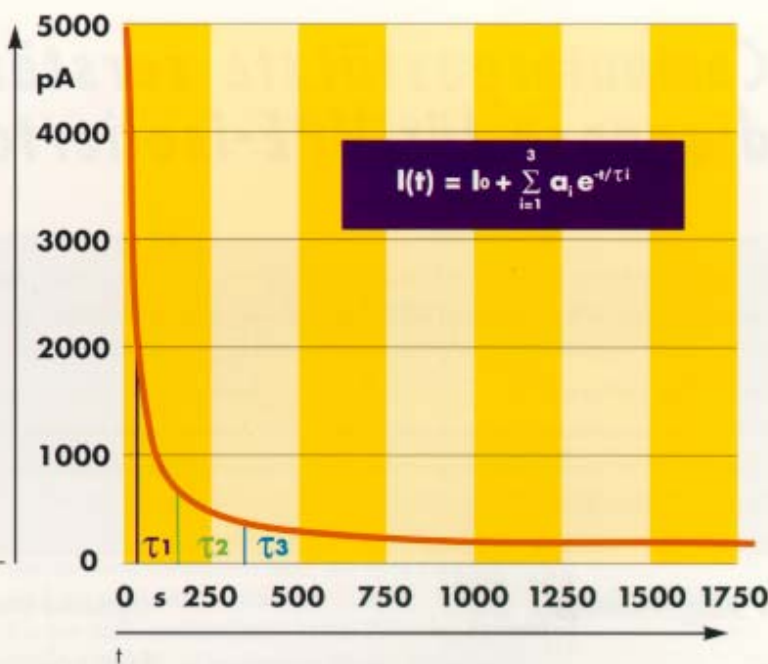


# Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékkel

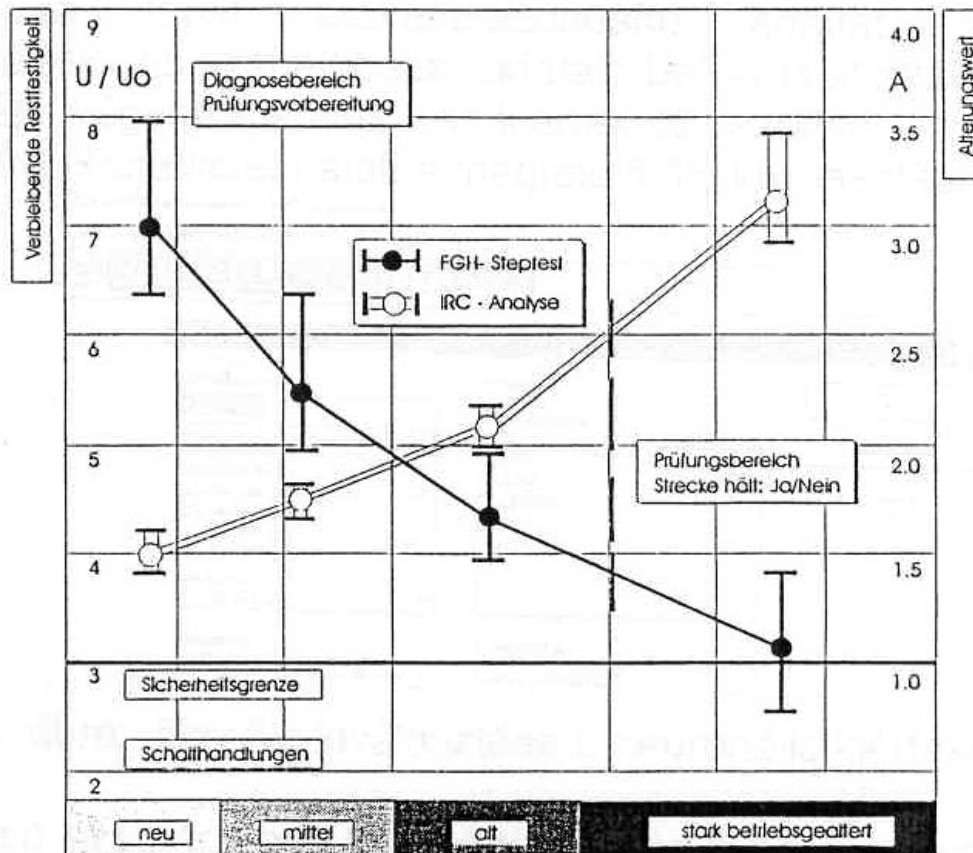


- 1-kábel feltöltése, "formázás" (1800s)
- 2-kisütés (5s)
- 3-mérés (1800s)

# Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékekkel



# Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékekkel



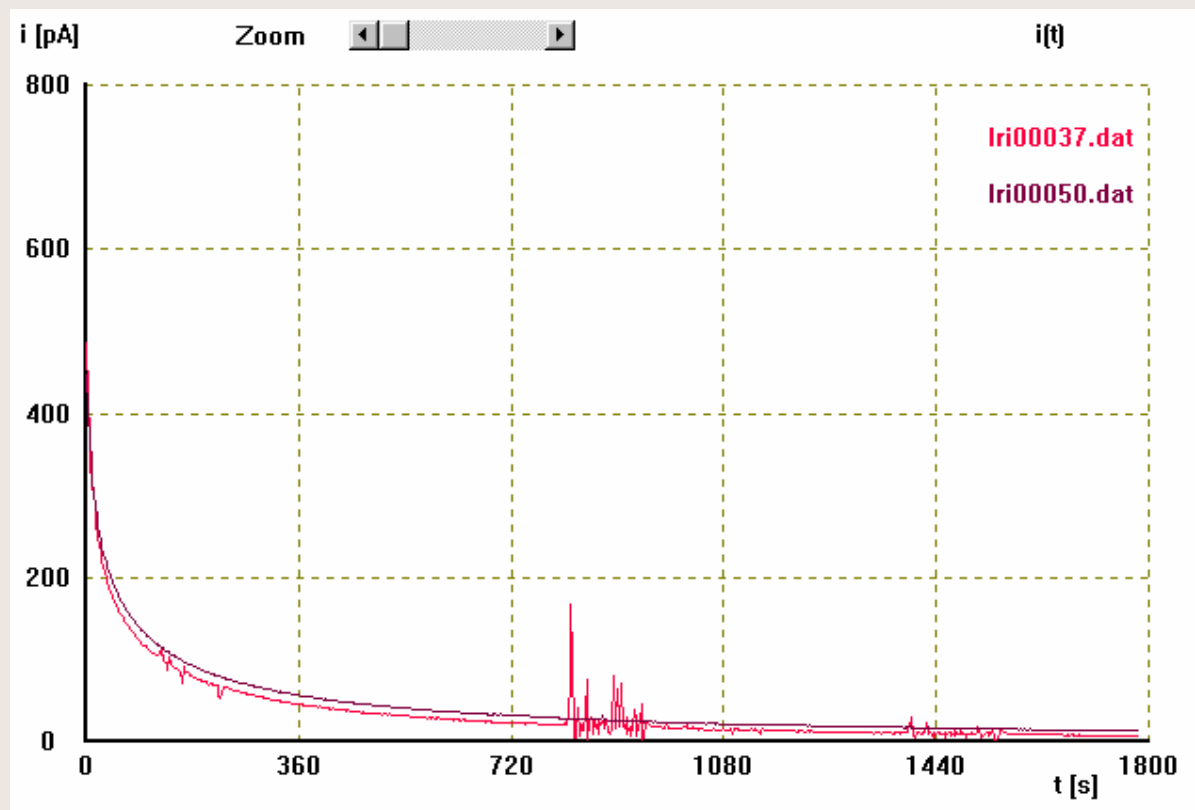
Cél:  
 összefüggést találni a vizsgálati idő függvényében csökkenő átütési feszültségek és az idő függvényében növekedő „A”-értékek között

# Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékekkel



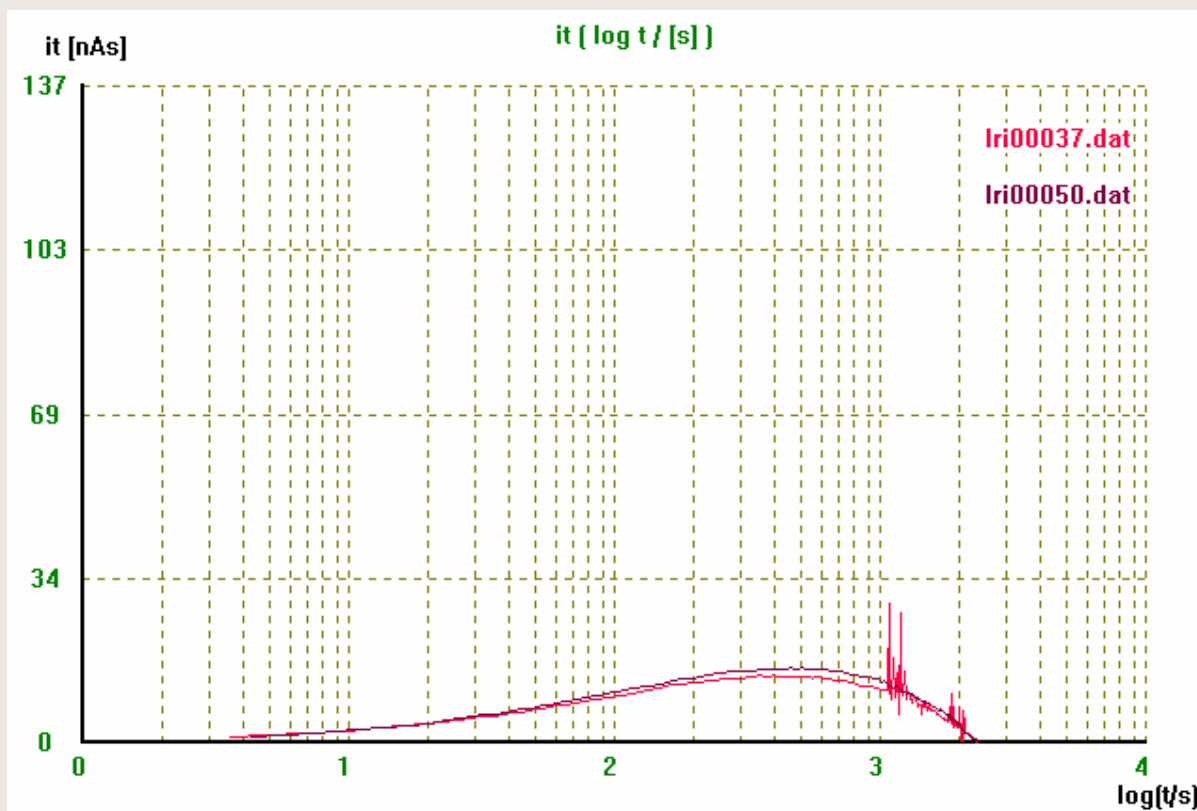
File száma	Kábelér jele	Mérés ideje	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	A	Deviation
<b>A hosszú időtartamú vizsgálat előtt elvégzett mérések eredményei</b>											
Iri00037.dat	1/A	2003.04.07	7.015	225.702	149.289	98.397	10.677	68.631	373.300	2.380	1.312
Iri00038.dat	2/A	2003.04.07	4.159	259.617	146.388	61.421	10.602	82.226	519.019	2.279	0.214
Iri00039.dat	1/B+C	2003.04.07	13.135	445.395	238.589	150.189	11.478	74.676	444.401	2.437	0.889
Iri00040.dat	2/B+C	2003.04.07	10.544	602.336	316.950	146.699	13.020	86.661	504.744	2.224	0.501
<b>A hosszú időtartamú vizsgálat első három hónapja után elvégzett mérések eredményei</b>											
Iri00050.dat	1/A	2003.09.01	10.928	197.548	157.220	82.359	13.678	94.022	528.624	2.349	0.105
Iri00051.dat	1/B+C	2003.09.01	17.523	373.301	254.034	138.638	13.304	95.443	579.637	2.461	0.124
Iri00052.dat	2/B+C	2003.09.01	15.893	476.871	303.052	154.507	14.388	100.692	571.852	2.304	0.140
Iri00053.dat	1/B+C	2003.09.08	13.800	171.160	114.244	68.395	12.389	91.035	522.681	2.435	0.098
Iri00055.dat	2/B	2003.09.08	14.080	170.775	95.089	57.636	11.465	89.497	546.458	2.510	0.096
Iri00057.dat	3/A	2003.09.08	10.022	224.699	145.865	76.049	13.710	92.501	528.807	2.322	0.108
Iri00058.dat	3/B	2003.09.08	11.232	286.755	167.048	70.884	11.728	82.481	439.578	2.113	0.190
Iri00059.dat	3/C	2003.09.09	11.931	151.448	93.009	53.892	11.241	89.078	549.590	2.523	0.095
Iri00060.dat	4/A	2003.09.09	12.959	213.971	113.330	55.419	13.121	89.962	543.335	2.312	0.132
Iri00061.dat	4/C	2003.09.09	12.078	234.595	125.526	55.579	12.575	87.415	518.333	2.236	0.118
Iri00063.dat	5/B	2003.09.09	12.978	272.181	150.365	57.808	13.067	86.691	543.385	2.217	0.175
Iri00066.dat	6/B	2003.09.15	9.717	359.188	143.761	66.423	10.020	70.053	471.514	2.341	0.111
Iri00067.dat	6/C	2003.09.15	11.020	313.932	169.345	68.729	12.338	77.185	457.929	2.163	0.103
Iri00068.dat	6/A	2003.09.15	11.767	397.901	195.687	67.836	12.988	81.845	526.916	2.141	0.147
Iri00000.dat	2/C	2003.10.09	12.504	183.648	100.747	62.141	11.249	94.861	555.382	2.470	0.115
Iri00003.dat	5/A	2003.10.10	11.608	219.604	145.884	74.629	11.288	87.608	552.131	2.486	0.116
Iri00004.dat	5/C	2003.10.10	12.300	186.102	107.104	59.547	10.995	86.472	575.316	2.598	0.103
Iri00005.dat	6/C	2003.10.15	11.193	351.319	186.146	71.725	10.404	71.546	438.236	2.190	0.123
Iri00008.dat	4/C	2003.10.15	11.611	236.372	112.013	48.003	11.490	89.859	552.768	2.261	0.117
Iri00009.dat	6/B	2003.10.15	9.881	411.558	152.104	69.005	9.393	70.133	469.581	2.317	0.127
Iri00012.dat	6/B	2003.10.31	9.108	431.239	173.534	79.732	8.724	63.604	406.801	2.286	0.139

# Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékekkel



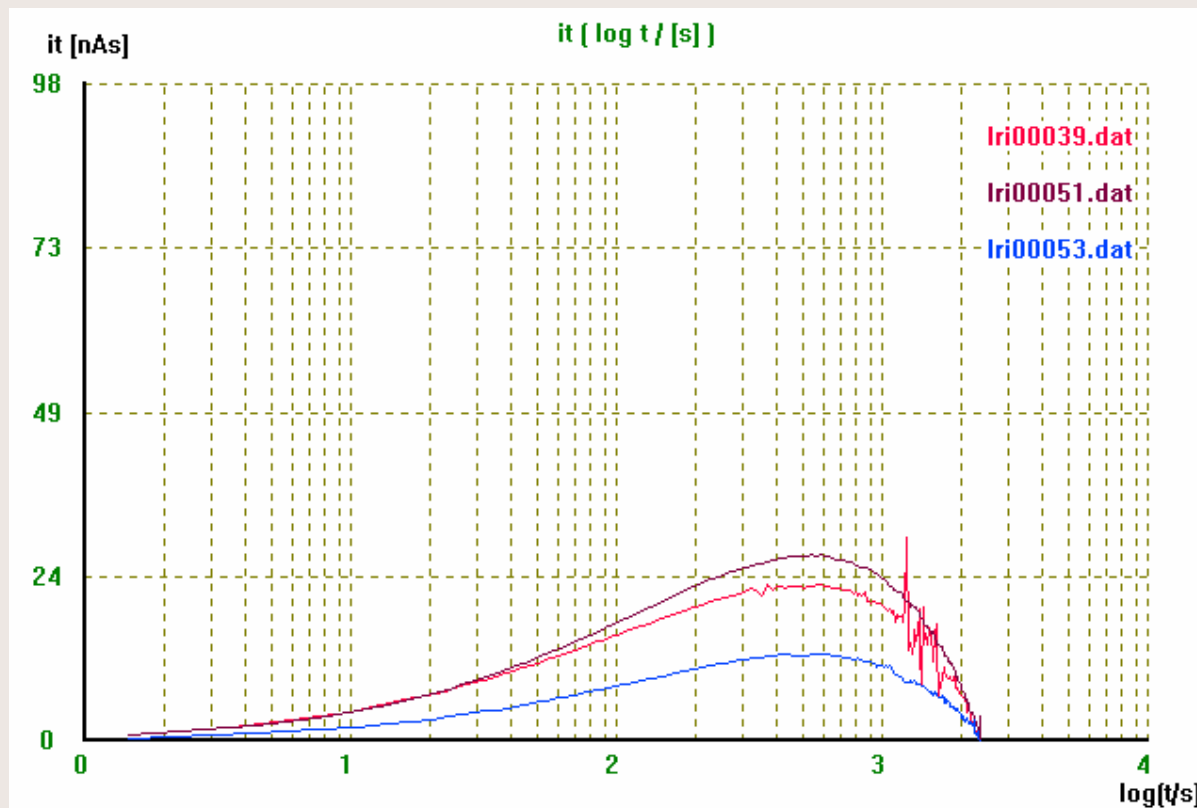
Az 1. sz. kábel 'A' erén a hosszú időtartamú vizsgálatot megelőzően, illetve a vizsgálat első három hónapja után elvégzett mérések alkalmával felvett jelleggörbék - relaxációs áram az idő függvényében

# Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékekkel



Az 1. sz. kábel 'A' erén a hosszú időtartamú vizsgálatot megelőzően, illetve a vizsgálat első három hónapját követően elvégzett relaxációs áram mérés eredményfüggvényei

# Relaxációs áram mérés KDA típusú hálózatdiagnosztikai készülékekkel



Az 1. sz. kábel 'B+C' erein a hosszú időtartamú vizsgálat előtt, illetve a vizsgálat első három hónapját követően elvégzett relaxációs áram mérés eredményfüggvényei

# A mérési eredmények értékelése, a

## vizsgálati módszer kiegészítése



- a kábeleken mérhető szigetelésromlás nem mutatható ki, ezért nem végeztünk átütési feszültség vizsgálatokat

### A hosszú időtartamú vizsgálat folytatása:

- az eddigi áram- és feszültségterhelések megtartása mellett
- hetenként ismételt részleges kisülés mérés
- A kábelszakaszok átütési vizsgálatát a KDA típusú készülék által számított  $A$  értékekben történt változásokhoz rendeljük a próbatárgyak korlátozott száma miatt
- Új kábelszakasz beállítása, ahol a kábelerek közötti hézag nincs feltöltve vízzel



# A 3 hónapos öregítést követő ciklus tapasztalatai

- Az öregítési folyamatban további 2 kábelér átütött a végelzárónál (2C, 4C)
- Egyik kábeléren sem volt 200pC-nál nagyobb részleges kisülés  $U=24\text{kV}$ -on a hetenként ismételt mérések alkalmával
- Vannak olyan kábelerek, amiken egy hónapra visszamenőleg is 800-1200pC részleges kisülés mérhető  $U=24\text{kV}$ -on, illetve már  $U=18\text{kV}$ -on is
- KDA mérések a 6A, 6B, 6C, 2B és 4A jelű ereken, majd a 2-es és 4-es jelű kábelszakaszok átütési feszültségeinek meghatározása

# A 3 hónapos öregítést követő ciklus tapasztalatai

- A KDA készülékekkel végzett mérések nem mutatnak szigetelés öregedést
- Az átütési feszültségek megegyeznek a kiindulási értékekkel
- A hosszú időtartamú vizsgálat  $3U_0=18\text{kV}$  feszültségterheléssel, és  $t=60^\circ\text{C}$  érhőmérsékleten folytatódik
- 3 hét alatt az 1A és 1C jelű erek átütöttek a megváltoztatott paraméterek mellett

# Elérhetőség

Homok Csaba

VEIKI-VNL Kft.

Tel.: 417-3154

Fax: 417-3163

E-mail: [homok@vnl.hu](mailto:homok@vnl.hu)

