



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar  
Villamos Energetika Tanszék

Mucsi Dénes

**SZIGETELŐ RUDAK ÉS  
SZIGETELŐ GÉMES  
GÉPJÁRMŰVEK PERIODUKIS  
VIZSGÁLATA**

KONZULENS

Cselkó Richárd

Németh Bálint

Göcsei Gábor

BUDAPEST, 2014

# Tartalomjegyzék

<b>Összefoglaló.....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Bevezetés.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Középfeszültségen alkalmazott FAM módszerek.....</b>	<b>6</b>
2.1 Távolról végzett munka .....	6
2.2 Érintéssel végzett munka .....	8
<b>3 Feszültség alatti munkavégzéshez használt eszközök vizsgálatai.....</b>	<b>9</b>
3.1 Típusvizsgálatok .....	9
3.2 Átvételi és Periodikus vizsgálatok.....	9
<b>4 Szigetelőgémes FAM gépjármű vizsgálata .....</b>	<b>10</b>
4.1 Periodikus vizsgálatok .....	10
4.1.1 Levezetési ellenállás mérés.....	11
4.1.2 Szivárgási áram mérés .....	11
4.2 Szigetelő gém méretei .....	13
4.3 Melegedés számítás.....	14
4.3.1 Melegedés számítás a felső és alsó gém mérésének esetében .....	16
4.4 A [2] szabvány szerinti minimális levezetési ellenállás értékének vizsgálata ...	17
4.5 Alsó szigetelő betét különböző kialakításai .....	19
<b>5 Szigetelő rudak vizsgálata .....</b>	<b>20</b>
5.1 Vonatkozó szabványpontok ismertetése.....	20
5.2 Elvégzett kísérletek .....	21
<b>6 Összegzés .....</b>	<b>26</b>
<b>Irodalomjegyzék .....</b>	<b>27</b>
<b>7 Ábrajegyzék .....</b>	<b>28</b>
<b>8 Képjegyzék .....</b>	<b>29</b>
<b>9 Táblázatok.....</b>	<b>30</b>

# Összefoglaló

A jó minőségű villamosenergia-ellátás érdekében a megfelelő paraméterek megfelelő értéken tartása mellett létfontosságú, hogy az üzem a lehető legkevesebbet szüneteljen. A folyamatos energiaellátás fenntartásában létfontosságú szerepet játszik a feszültség alatti munkavégzés (FAM), melynek segítségével lehetőség nyílik a villamosenergia-hálózat berendezéseit működés közben javítani és azokon munkát végezni.

A munkavégzéshez használt eszközök alkalmasságának eldöntésére átvételi és periodikus vizsgálatokat írnak elő a vonatkozó szabványok. Előbbit a használatba vétel előtt, utóbbit pedig rendszeresen, meghatározott időközönként kell elvégezni.

Dolgozatomban FAM szigetelő rudak és a középfeszültségen (KöF) használatos szigetelőgémes kosaras gépjárművek szabványos méréseivel foglalkozom. Az említett eszközök vizsgálatánál a vonatkozó szabványok méréseit és határértékeit elemzem.

A FAM szigetelő rudak vizsgálatánál a mérési elrendezés felülvizsgálatát tűztem ki célul. Szigetelőgémes kosaras kocsik esetében a szabványos szigetelési ellenállás és szivárgó áram mérések határértékeinek megfelelését vettem górcső alá.

## **Abstract**

To keep the parameters of the electric network between their limits and to avoid the network outages are crucial in favour of good quality electric power service. For continuous energy service live line maintenance, which allows the maintenance and repair the parts of the electric power system under voltage, play a vital role.

It is needed to check the sufficiency of these equipment used for live line working. There are type tests, which are carried out before the first use of the equipment and routine tests which has to be performed with a certain frequency.

In my work I present investigations of the standardised measurements of hot-sticks and insulating booms. I analyse the measurements and the limits given by the concerning standards.

I have proposed the inspection of the arrangement of the hot-stick measurements. The main goal was in the case of insulated boom the examination of the limits of its insulation resistance and leakage current values given by the standards.

# 1 Bevezetés

A villamos-energia ellátás egyik legfontosabb követelménye a folytonosság a megfelelő minőség mellett. A folytonos energiaellátás mind a fogyasztók és a szolgáltatók szempontjából kritikus követelmény. A fogyasztók szempontjából a kényelem megléte, pl. gyertya helyett lámpa világítás, a mindennapjainkhoz elengedhetetlen elektronikus eszközök használata szempontjából, egyre több helyen a helyiségek klimatizálása a legfontosabb. A szolgáltatók szempontjából a legfontosabb, hogy ne legyen olyan időszak, amikor az villamos-energiát nem lehet értékesíteni, hiszen az el nem adott áram a legdrágább áram.

A folytonos villamos-energia szolgáltatás érdekében a karbantartásokat, ilyenek lehetnek pl. szigetelők cseréje stb. a hálózat kikapcsolása nélkül, feszültség alatt is el lehet végezni.

Hazánkban a feszültség alatti munkavégzés (FAM) technológiájának kidolgozója Dr. Csikós Béla volt, ő nagyfeszültségre dolgozta ki a módszerét. Ennek fantasztikus előnyeit felismerve néhány év alatt kidolgozták kis és közepfeszültségű hálózatra is elősegítve ezzel a jobb villamos-energia ellátást és szolgáltatást.

Manapság a Magyar Középfeszültségű Hálózaton, éves szinten sok FAM munka folyik, ezekhez elengedhetetlen eszközök a szigetelő rudak és a szigetelőgémes gépjárművek, melyek használatán nyugszik a közepfeszültségű feszültség alatti munkavégzés.

Ezen eszközök biztonságos használhatósága érdekében bizonyos időnként felül kell őket vizsgálni. A következőkben ezekbe a vizsgálatokba kívánok betekintést adni.

## **2 Középfeszültségen alkalmazott FAM módszerek**

A feszültség alatti munkavégzés legjelentősebb előnye, hogy a hálózatot a karbantartás idejére nem kell kikapcsolni, így a fogyasztók ellátva maradnak. Ez gazdaságilag is nagyon előnyös. Ezen előnyök ellenére ez a munkamódszer magában hordozza a veszély tényét, egy esetleges eszközhiba, emberi mulasztás végzetes lehet.

Ezen hibák elkerülése érdekében fontos, hogy a használt eszközök folyamatos ellenőrzéseken essenek át és személyzet megfelelő szakképesítést kapjon.

A következőkben a magyarországi középfeszültségű hálózaton alkalmazott munkamódszereket ismertetem röviden.

### **2.1 Távolról végzett munka**

Magyarországon, a középfeszültségű hálózaton a leggyakrabban alkalmazott FAM munkamódszer a távolról végzett munka. A távolról végzett munkamódszer keretén belül a feszültség alatti munkát végző dolgozó a karbantartott fázis veszélyes övezetén kívülről dolgozik megfelelő, speciálisan kifejlesztett segédeszközökkel.

Ezen eszközök az ún. szigetelő rudak, melyek végére szerelt megfelelő szerszámmal tudja a szerelő a karbantartási munkát végezni. Ilyen rudak lehetnek pl.:

- kötéskészítő rúd
- egyetemes rúd
- horgos rúd
- sodronyvágó rúd
- satus rúd
- univerzális rúd

Ezt a munkatípust a szerelők általában kétféleképpen végzik, az egyik, amikor egy alkalmas, az oszlopra szerelhető szigetelő létráról dolgoznak vagy egy szigetelő gémes gépjármű szigetelő kosarából.

Ezen munkák lehetnek a különböző (álló és feszítő) szigetelők cseréje, oszlopkapcsolók cseréje, karbantartása, tisztítási munkák.



1. kép Távolról végzett FAM

## 2.2 Érintéssel végzett munka

A másik középvezetésen is alkalmazott FAM munkamódszer, bár az esetek nagy részében kiefeszülésen alkalmazták, az ún. érintéssel végzett munka, amikor dolgozó a szerelni kívánt fázissal, berendezéssel közvetlen kapcsolatba lép. Az érintéssel végzett munka során fontos, a karbantartani nem kívánt fázisokat és földpontokat jól el kell szigetelni, hogy még véletlenül se érthesse meg a szerelő azokat.

Az érintéssel végzett munka során a szakképzett szerelő a munka során végig bevizsgált eszközöket használ, kezein szigetelő kesztyűt kell viselnie, ami a villamos védelmet biztosítja, ezen pedig egy mechanikai védelmet biztosító bőr védőkesztyűt kell használnia.



2. kép Érintéssel végzett FAM



## **3 Feszültség alatti munkavégzéshez használt eszközök vizsgálatai**

Mivel a FAM-hoz használt eszközöknek rendkívüli igénybevételeket kell bírni, anélkül, hogy bármilyen meghibásodás történjen fontos, hogy felhasználásuk során folyamatos minőségellenőrzés alatt álljanak.

A következő pontokban ismertetem a FAM eszközök különböző vizsgálatait, ezek közül az átvételi és periodikus vizsgálatokat részletezem.

### **3.1 Típusvizsgálatok**

A típusvizsgálatok a szigetelőket ellenőrző olyan tesztek, melyek főleg az alaktól és mérettől függő jellemvonásokat vizsgálnak. E tesztek minden alkalomkor meg kell ismételni, amikor a szigetelő terve, alakja vagy mérete megváltozik.

### **3.2 Átvételi és Periodikus vizsgálatok**

A feszültség alatti munka csak és kizárólag speciális szerszámokkal, eszközökkel és felszerelésekkel végezhető.

A feszültség alatti munkavégzéshez használt szerszámokat az első használatba vétel előtt átvételi vizsgálatnak kell alávetni. Ezen vizsgálatokról jegyzőkönyvet kell kiállítani, majd a megfelelőnek bizonyult szerszámokról, eszközökről és felszerelésekről FAM Minősítő Lapot kell kiállítani. A vizsgálatokat csak a FAM Bizottság által megfelelőnek minősített laboratóriumok végezhetik. [1]

A FAM szerszámokat időszakos, azaz periodikus vizsgálatoknak is alá kell vetni. Ezek gyakoriságát a vizsgált szerszám, eszköz Műszaki Lapja határozza meg, pl. szigetelő rudakra ez 1 év.

## 4 Szigetelőgémes FAM gépjármű vizsgálata



3. kép Szigetelőgémes gépjármű laboratóriumi vizsgálata

### 4.1 Periodikus vizsgálatok

A szigetelőgémes feszültség alatti munkavégzéshez használatos gépjárművek periodikus vizsgálati módszereit két szabvány írja elő. Ezek a következők:

- MSZ EN 61057 – Szigetelt gémes szerelőkosarak 1kV-nál nagyobb váltakozó áramú feszültség alatti munkavégzéshez
- IEC TS 61813 – Live working – Care, maintenance and in-service testing of aerial device with insulating booms

#### **4.1.1 Levezetési ellenállás mérés**

Periodikus vizsgálatok során az alsó és felső gémen levezetési ellenállás mérést kell végrehajtani [2] szabvány 8.1.1.1 pontja szerint. A levezetési ellenállás értékére  $10\text{M}\Omega$  alsó határérték van meghatározva.

#### **4.1.2 Szivárgási áram mérés**

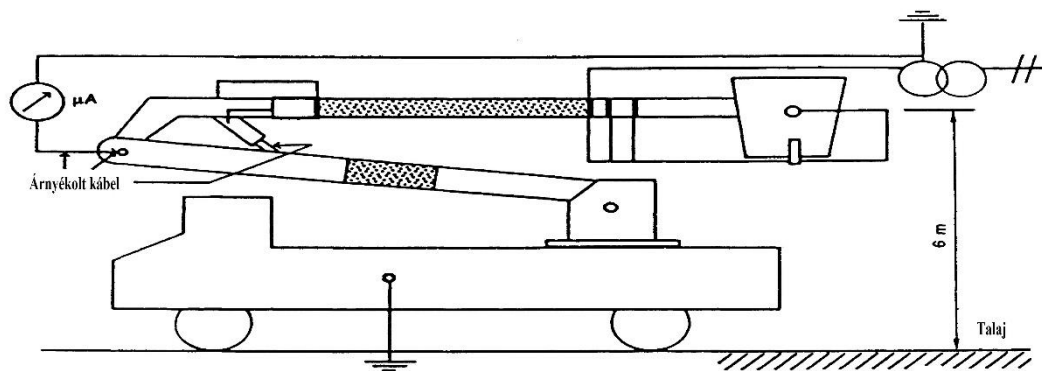
A felső gémen a szivárgási áram mérést a [2] szabvány 13. pontja és I. Táblázata szerint kell végrehajtani. A vonatkozó szabványpont előírja az eszközön végrehajtandó méréseket ezek:

- Névleges feszültségen történő mérés
- Névleges feszültség dupláján történő mérés
- 10 másodperces feszültségállóság teszt
- Kapcsolási túlfeszültség-állóság teszt

A vizsgálatom a „Névleges feszültség dupláján történő mérés”-re irányul mely során a szabványok által előírt határértékeket, kritériumokat vizsgálom.

A szabvány előírása szerint ennél a mérésnél  $1\mu\text{A}/\text{kV}$  maximális szivárgó áram engedhető meg, ami jelen esetben  $40\mu\text{A}$ -t jelent valamint a szivárgó áram értéke a mérés során nem növekedhet. A mérést 1 percig kell végezni átütés, átívelés, melegedés nem megengedett.

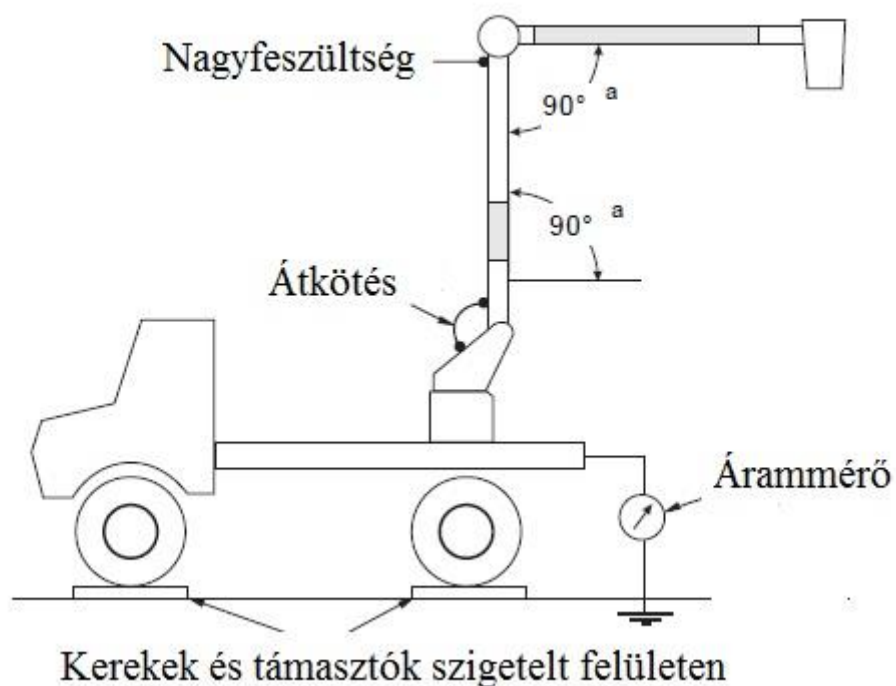
A mérési összeállítást a következő ábra mutatja. A gépjármű alvázat földelni kell, a nagyfeszültséget a kosaras részre kell bekötni a hitelesített  $\mu\text{A}$  mérőt a felső és alsó gém közös pontján kialakított mérési pont és a föld közé kell csatlakoztatni.



1. ábra A felső gém mérésének elrendezése

Az alsó gém szivárgási áram mérésénél a feszültség értéke 35kV effektív értékű 50Hz-es szinuszos jelalak az alsó és a felső gém közös, találkozási pontjára van csatlakoztatva. A [3] ajánlás szerinti határérték a szivárgási áramra nézve 3mA a mérés 3 perce alatt. Átütés, átívelés, melegedés nem megengedett a mérés során.

Az alsó gém mérési összeállítását a következő ábra mutatja. A nagyfeszültséget az alsó és felső gém közös pontjára kell csatlakoztatni, az áramot az alváz és a föld között kell mérni.



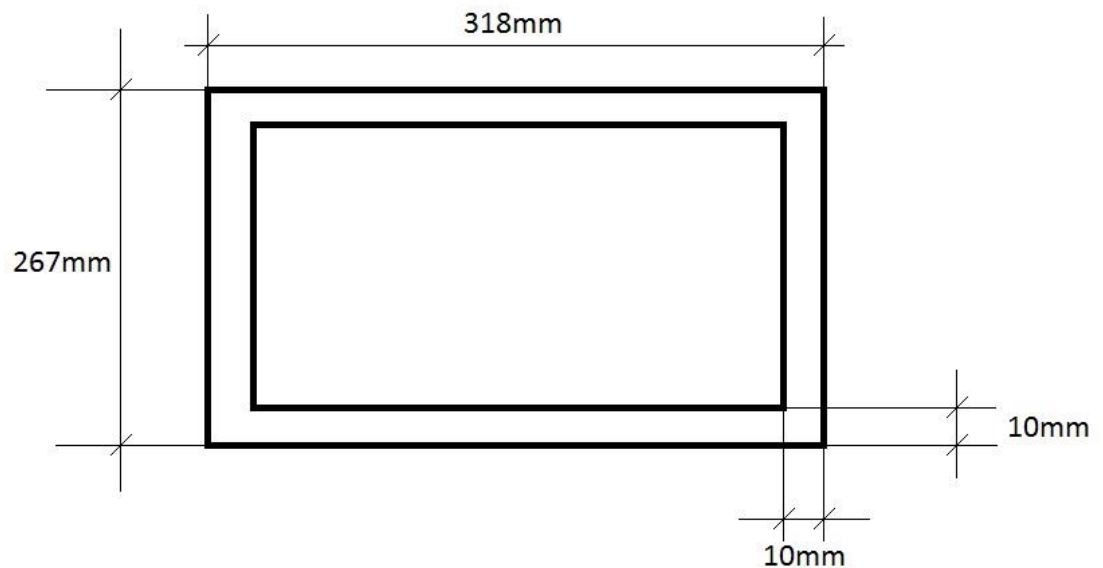
2. ábra Alsó gém mérésének elrendezése

## 4.2 Szigetelő gém méretei

A méréseim során megismert gém típusok közül egyet kiválasztva végeztem el a számításaimat a melegedésre és fajlagos ellenállásra vonatkozóan. Ebben a pontban ismertetem a gém fizikai paramétereit.

A gémelek fajhőjét és tömegét a műgyanta adatainak segítségével határoztam meg, mivel az ilyen gémelek anyaga nincs nyilvánosságra hozva a gyártók által. A műgyanta fajhője így  $c_{gém} = 1055 \frac{J}{kg \cdot K}$ , sűrűsége  $\rho = 1057 \frac{kg}{m^3}$ -re választódott[8].

A következő kép a felső gém keresztmetszeti méreteit mutatja, a gém hosszúsága 3,7 m.



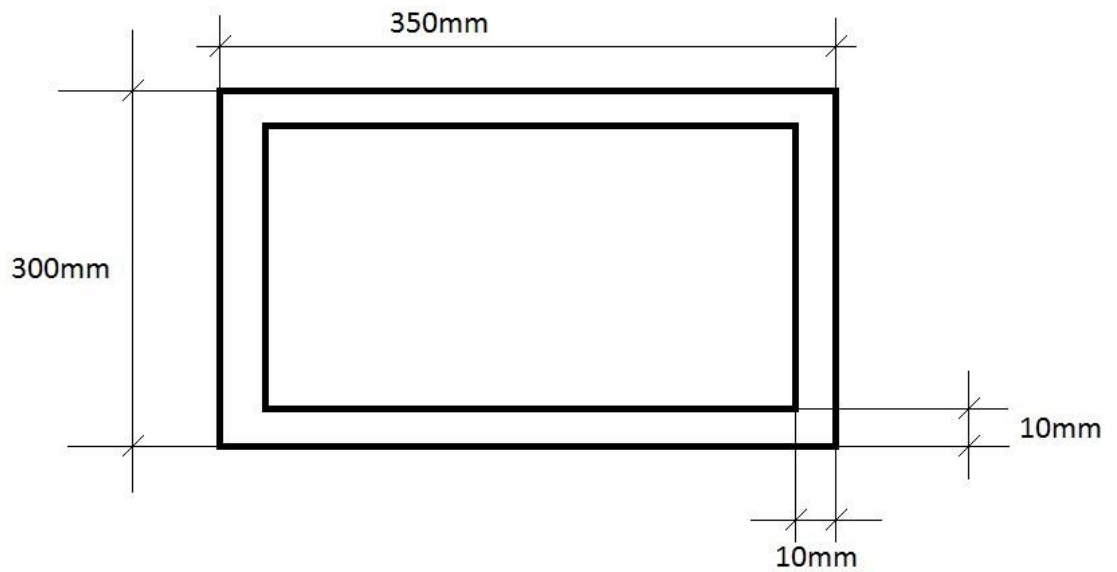
3. ábra Felső gém keresztmetszete

$$A = 0,318 * 0,267 - 0,298 * 0,247 = 0,0113m^2$$

$$V = A * l = 0,0113 * 3,7 = 0,04181m^3$$

$$m_{gém} = \rho * V = 1057 * 0,04181 = 44,1932kg$$

A következő kép az alsó gém keresztmetszeti méreteit mutatja, hosszúsága 0,61m.



4. ábra Alsó gém keresztmetszete

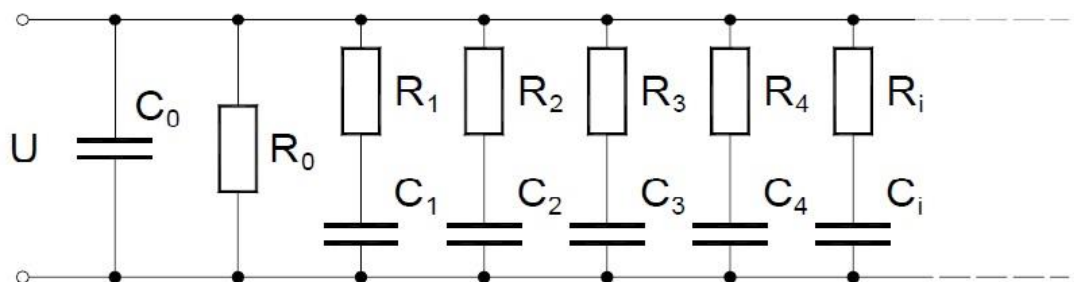
$$A = 0,350 * 0,300 - 0,330 * 0,280 = 0,0126m^2$$

$$V = A * l = 0,0113 * 3,7 = 0,0077m^3$$

$$m_{gém} = \rho * V = 1057 * 0,0077 = 8,1241kg$$

### 4.3 Melegedés számítás

A számítások elvégzéséhez a MATLAB programot használtam fel. A számítás elve mind az alsó és a felső gém esetén is azonos volt.



5. ábra Szigetelések helyettesítő kapcsolása

A fenti ábrán látható a szigetelések helyettesítő kapcsolása, ezen áramkör segítségével modellezhető a szigetelőben lejátszódó dielektromos folyamatok. Ez a kapcsolás a külső áramkörben és a szigetelés elektródjain ugyanazokat az áram, ill. feszültségváltozásokat hozza létre, mint a szigetelőben lejátszódó dielektromos folyamatok. [5]

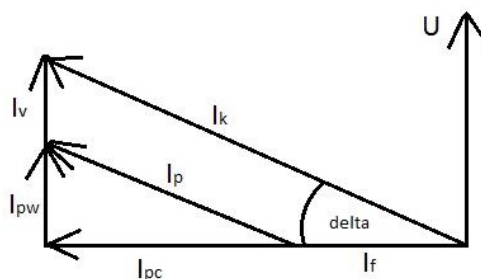
A helyettesítő áramkör elemei:

-  $C_0$ : A szigetelés geometriai kapacitása, ez nem tartalmazza a különböző polarizációs folyamatokat

-  $R_0$ : A szigetelőanyag szigetelési ellenállását, átvezetését, jelképezi

-  $\tau_i = R_i * C_i$ : A polarizációs folyamatokat a soros RC tagok jelképezik, ahol a polarizációs folyamat erősségével a  $C_i$  kapacitás értéke arányos és az  $R_i$  ellenállás értékét úgy kell megválasztani, hogy  $\tau_i$  időállandó az adott polarizációs folyamat idejével legyen azonos.[5]

A szigetelőanyagok fazorábráját a szigetelők helyettesítő kapcsolásából lehet meghatározni.



6. ábra Szigetések fazorábrája

Ahol,

- $I_p$  polarizációs áram, mely a soros RC tagok összegén folyik,
- $I_v$  szigetelési ellenálláson folyó áram,
- $I_f$  főkapacitáson folyó áram.

A fazorábrából leolvasható, hogy a szigetelő melegedésébe belejátszik a polarizációs áram wattos komponense is, azonban a számításaimban ezt elhanyagolom, annak tekintetében, hogy csak azokat a polarizációkat kell figyelembe venni, melyek kialakulásához szükséges idő nem kisebb jóval az alkalmazott váltakozó feszültség frekvenciájánál. [6] A pontos számításhoz azonban ez az  $I_{pw}$  áramösszetevő által keltett veszteség összetevő is hozzátartozik.

A kiindulás a mérési feszültség és az eddig tapasztalatok alapján a gyakori lehetséges szigetelési ellenállás értékek voltak. A szigetelési ellenállások értékét  $10\text{M}\Omega$ -tól  $100\text{G}\Omega$ -ig vettem  $10\text{M}\Omega$ -os léptékben. A következő lépés az egyes

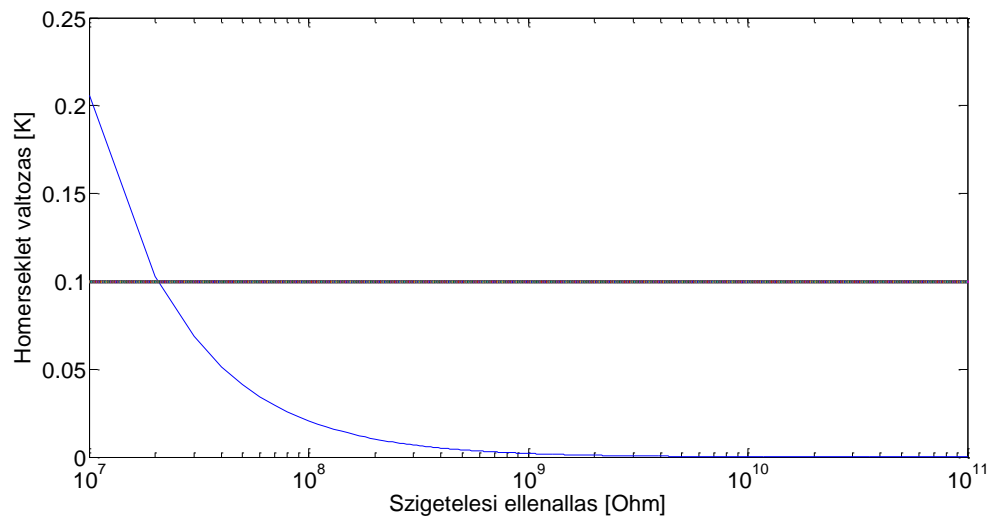
ellenállásértékekhez tartozó wattos áram kiszámítása volt, amihez az Ohm törvényt használtam fel. Majd ezen áramértékek segítségével a következő egyenlet írható fel.

$$I_w^2 * R * t = c * m * \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{I_w^2 * R * t}{c * m}$$

A fenti képlet nem veszi figyelembe a szigetelő folyamatos hőleadását a szivárgási áram mérés közben.

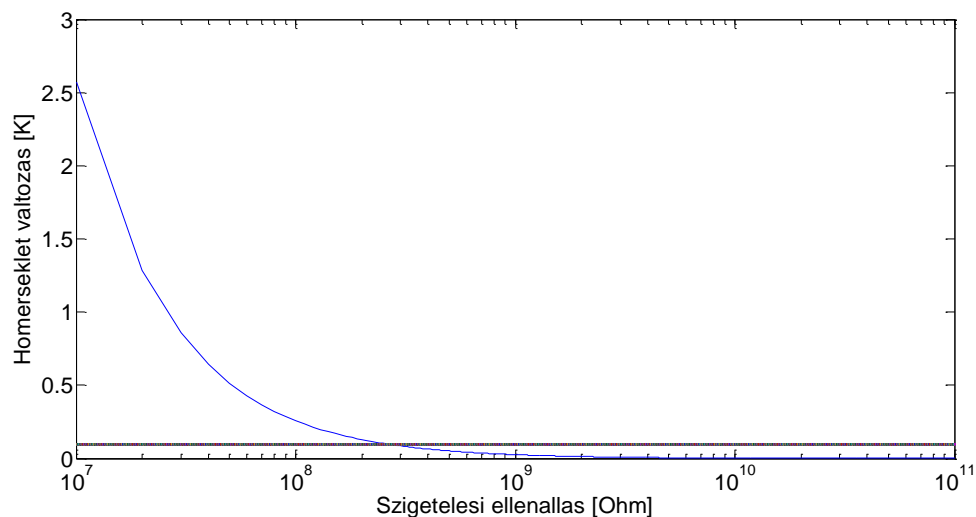
### 4.3.1 Melegedés számítás a felső és alsó gém mérésének esetében



7. ábra Felső gém melegedésének számítási eredményei

Az ábra a felső gém hőmérsékletváltozását mutatja a szigetelési ellenállás függvényében.





**8. ábra** Alsó gém melegedésének számítási eredményei

Az ábra az alsó gém hőmérsékletváltozását mutatja a szigetelési ellenállás függvényében.

A számítási eredményeket a fenti két ábra mutatja, melyekből az a következtetés vonható le, hogy a szigetelő gémekek a mérés során nem melegedhetnek olyan mértékben, hogy egy 0,1K felbontású hőkamerával kimutatható legyen. A grafikonok x tengelyén az értékeket logaritmikus skálán ábrázoltam a nagy ellenállás tartomány miatt.

Kimutatható melegedés a szigetelési ellenállás alsó határértéke körül lenne kimutatható, azonban e határértékek felülvizsgálata a következő pontra testálódik.

#### **4.4 A [2] szabvány szerinti minimális levezetési ellenállás értékének vizsgálata**

Ebben a fejezetben bemutatom, hogy mi történik áram határértékeket figyelembe véve, ha a szigetelési ellenállás értéke éppen csak a megengedhető 10MΩ értékű. A szigetelőkön folyó wattos áramot ki lehet számolni a szigetelési ellenállás értékét felhasználva, ami jelen esetben 10MΩ. Ekkor a keresztülhajtott wattos áram:

$$I_w = \frac{U_{eff}}{R}$$

Gém	Felső	Alsó
Feszültség [kV]	40	35
Szivárgó áram határérték [ $\mu$ A]	40	3000
Szivárgó áram wattos [ $\mu$ A]	4000	3500

1. táblázat Szigetelő gém mérésének határértékei

A táblázat eredményeiből látszik, hogy amennyiben a szigetelési ellenállás  $10\text{M}\Omega$ , akkor a határértéket már a wattos áramkomponens is túllépi és a mért szivárgási áramértékbe még a szigetelő kapacitív árama is szerepel, tehát az tovább „rontja” az eredményt.

A következő mennyiség, amit érdemes megvizsgálni, hogy a fent említett fizikai méretek mellett mekkora fajlagos ellenállásúnak kell lennie a szigetelő gémnek, hogy a  $10\text{M}\Omega$ -os érték megvalósulhasson. A számításhoz a következő képletet használtam:

$$R = \rho * \frac{l}{A}$$

$$\rho = R * \frac{A}{l}$$

Gém	Felső	Alsó
Fajlagos ellenállás [ $\Omega\text{m}$ ]	30540	76360

2. táblázat Felső és alsó gém fajlagos ellenállásának számítása

A műgyanta fajlagos ellenállása  $100\text{G}\Omega\text{m}$  nagyságrendbe esik, a fenti eredményeket ehhez viszonyítva megmutatja, hogy sokkal kevésbé jó szigetelőanyagból kellene, gyakorlatilag az eredmények félvezető anyagot mutatnak, hogy készüljön az ilyen méretekkel rendelkező szigetelő, hogy egyáltalán kijöhessen a  $10\text{M}\Omega$ -os alsó határ.

## 4.5 Alsó szigetelő betét különböző kialakításai

A szigetelőgémes gépjárműveknél az alsó gémben kialakított szigetelő betét elhelyezésére kétféle módszer van használatban jelenleg. Ezeket a következő ábra mutatja.



9. ábra Alsó gém szerkezeti kialakításai

A rajzon feltüntetett felső megoldásnál a szigetelő rész a fém gém belsejében kap helyet, az alsónál pedig a szigetelő keresztmetszete nagyobb, mint a fém tartószerkezeté ezért köré nyúlik.

A két megoldás közt az alapvető különbség van, ami a szigetelő biztonságos értéken tartása tekintetében mutatkozik meg. Menet közben a felszerelt a szigetelő és a fémszerkezet találkozásánál az illesztés tökéletlensége miatt és az esetleges nedvesebb, párásabb időjárás következtében elszennyeződhet, ami nagy részben csökkenti a szigetelési ellenállás értékét az alsó gémen.

## 5 Szigetelő rudak vizsgálata

Magyarországon a középvezettségű feszültség alatti munkavégzés a távolból és az érintéssel végzett munkamódszert egyszerre használják, tehát nem különíthető el élesen a két munkamódszer. Ehhez a fajta módszerhez is a legtöbbet használt legfontosabb és legsokrétűbb munkaeszközök a szigetelő rudak.

Létfontosságú tehát, hogy ezek a rudak mindig a legnagyobb biztonsággal legyenek használhatók. Ehhez az kell, hogy bizonyos időközönként vizsgálatokon essenek át, amikor működési és villamos vizsgálatoknak vannak alávetve ezen eszközök.

Ahhoz, hogy a vizsgálatokat minden esetben precízen és megfelelően el lehessen végezni ezen nagyfontosságú eszközökön, szükséges, hogy legyen olyan előírás a tesztekre, ami kétséget kizáróan, minden esetben megfelelő eredményt ad.

### 5.1 Vonatkozó szabványpontok ismertetése

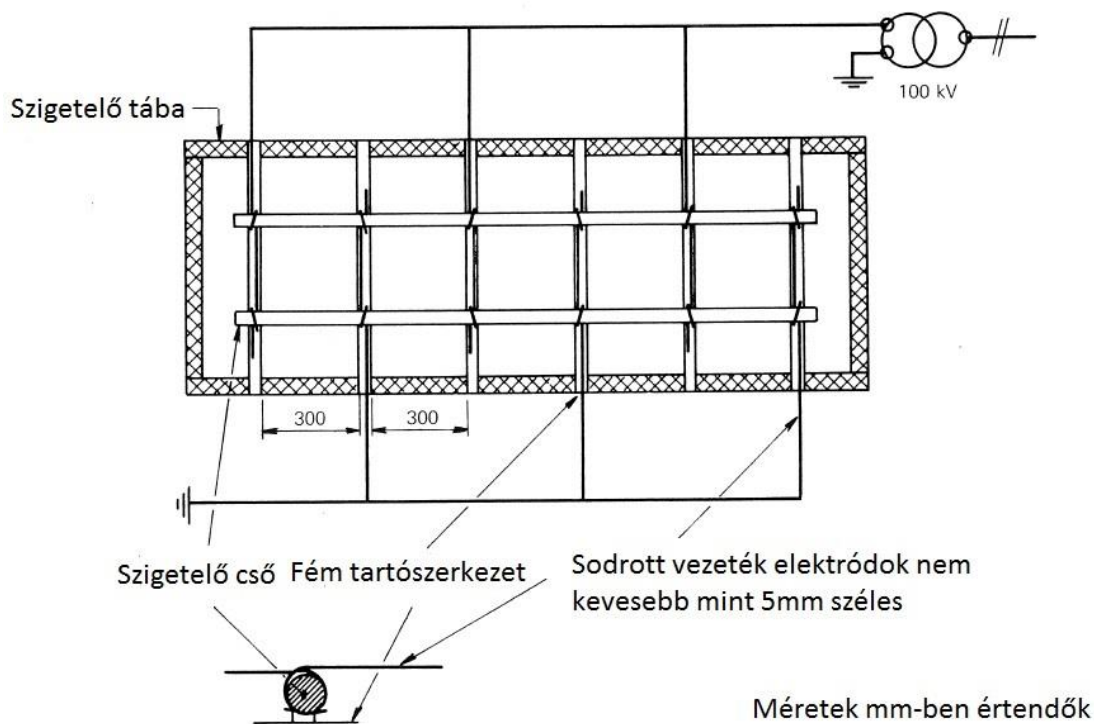
A szigetelő rudak vizsgálatát a [4] szabvány írja le, periodikus vizsgálatukhoz a 11.-es pontban leírtakat kell alkalmazni. A periodikus vizsgálatra a következők érvényesek:

- minden rudat és csövet szemrevételes és villamos vizsgálat alá kell vetni
- a rudakat és csöveket 100kV effektív értékű 50Hz-es váltakozó áramú vizsgálatnak kell kitenni 1 percre, melynél az elektródok távolsága 30cm

A vizsgált elemeknek teljesíteni kell a következőket:

- nem történhet átívelés és átütés
- nem lehet kézzel érzékelhető melegedés
- próba közben a szivárgó áram értéke nem növekedhet

A következő ábrán egy ajánlott és szokásos mérési elrendezés látható, a [4] szabvány ajánlásával.



10. ábra Tipikus mérési elrendezés szigetelő rudakra

## 5.2 Elvégzett kísérletek

A szigetelő rudak modellezésére üreges PVC csöveket használtam, melyeket a szabványos feszültségpróbának vettem alá. A csöveket először épen, alapállapotukban, megtisztítva mértük meg, ezeket mutatják a következő mérési elrendezések. A mérés 100kV effektív értékű, 50Hz-es szinuszos jelalakokkal volt végezve 1 percig.

Az első feszültségpróbát mind a két PVC cső teljesítette, átütés, átívelés nem történt, melegedés nem volt érzékelhető.

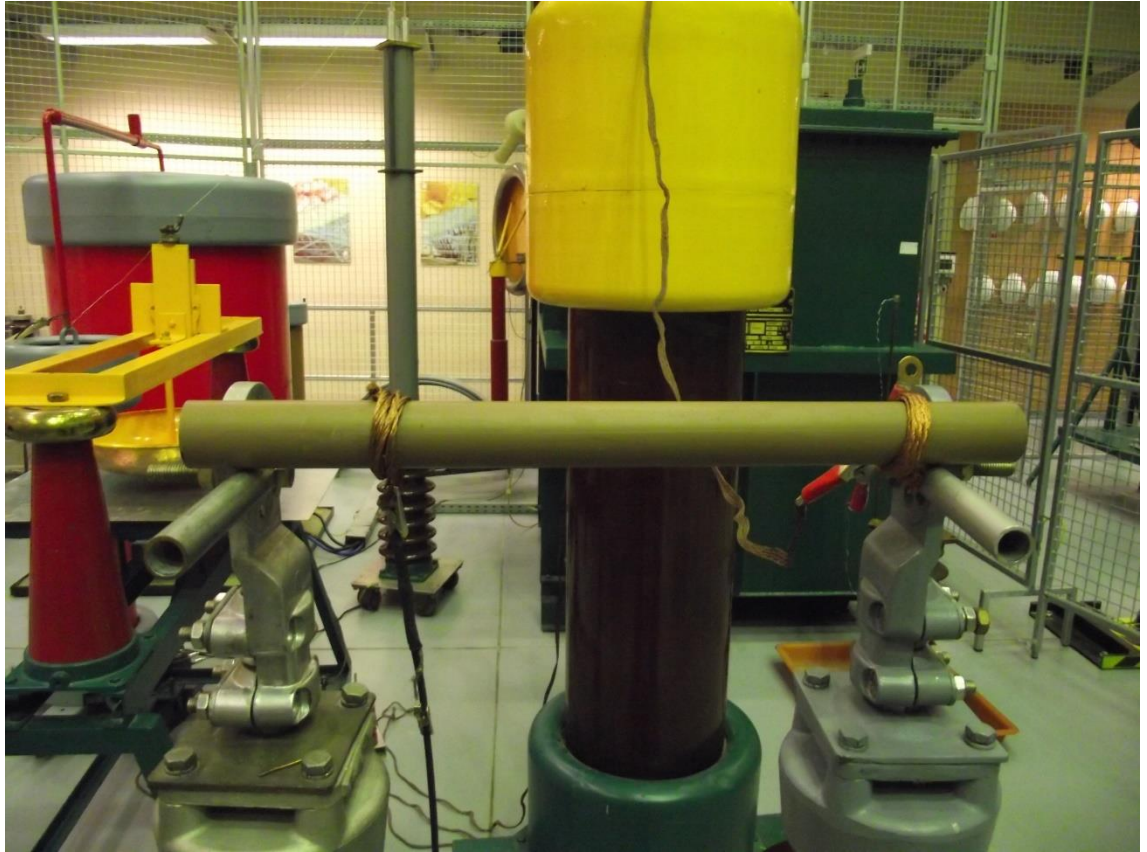
A második feszültségpróba ugyanazzal a feszültséggel történt, mint az első, azonban a rudak fizikai állapota meg lett változtatva. A rudakon egy-egy elektródtól elektródig tartó karcolást ejtettem, amit beszennyeztem sárral. A rúd fizikai állapotának módosítása annak modellezésére szolgál, hogy ha pl. egy rúd valamilyen oknál fogva megkarcolódik és használják tovább, ami a munka közben, esetleg tárolás közben, szennyeződik rontva ezzel a szigetelő képességét. Egy ilyen sérülés elősegíti a rúd mentén az átívelés kialakulását, főleg ha a sérülés régről származik és használat alatt kellően beszennyeződött.

A modelleken végrehajtott mérések arra voltak hivatva, hogy olyan, a szabványnak megfelelő mérési elrendezéseket mutassak, ami egy rúdra különböző elektródelrendezés mellett más-más eredményt adjanak.

A szabvány jelenleg nem kötelezi a mérés végrehajtását egy adott, előre meghatározott elektródelrendezéssel, csupán azt írja elő, hogy 100kV-nak kell kitenni őket.



**4. kép Mérési elrendezés**



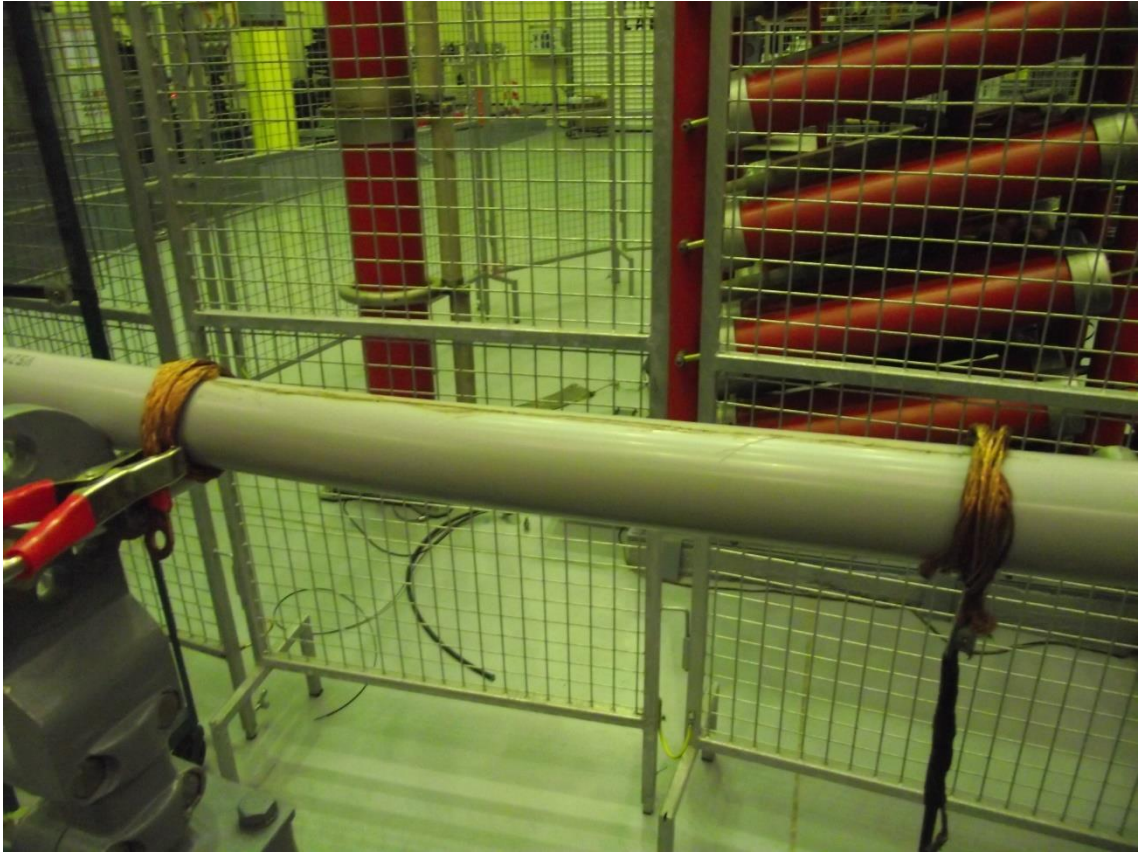
**5. kép Mérési elrendezés**

A ábrákon a sértetlen állapotú mérések láthatók, amikor a csövek felületét teljes kerületében érintik az elektródok.

A következő ábrákon a megkarosított, beszennyezett csöveket láthatjuk.



**6. kép Megkarcolt és szennyezett szigetelő cső**

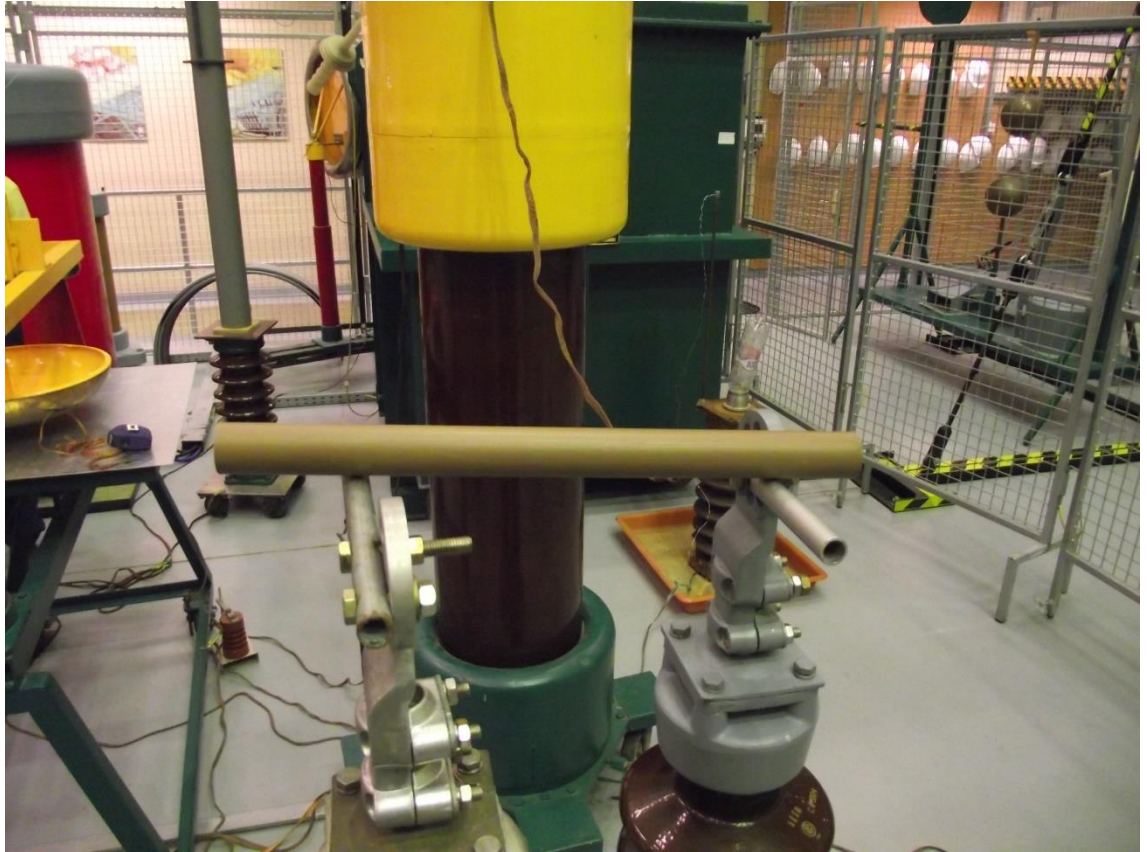


**7. kép Megkarcolt és szennyezett szigetelő cső**

A károsított csöveken a körbeérő elektródelrendezéssel végrehajtott mérés után a barna cső átívelt a karcolás mentén a szürke ebben az állapotban is kibírta a 100kV-ot.

A további mérést a barna rúdon végeztük el, amikor az elektródok csak a rúd alján voltak a karcolás pedig a felső részén volt. Ebben az elrendezésben a rúd átment a feszültségpróbán.





**8. kép Mérési elrendezés másik módszerrel**

A fentebb leírt eredmények következtében, az állapítható meg, hogy egy rúd, ami meg lett károsítva különböző elektródelrendezésű mérésekben más-más eredményeket szolgáltatott. Az egyik elrendezésben a rúd megfelelt a feszültségpróbán a másikban pedig az az eredmény született, hogy a rúd alkalmatlan a további munkavégzésre.

## 6 Összegzés

A dolgozatom készítésekor részletesen megismerkedem a hazai közép feszültségű FAM technológiájával.

A szigetelőgémes gépjárművek és szigetelő rudak vizsgálata alatt behatóan megismertem a hazai szabványokat, mérési módszereket, eljárásokat.

A szigetelő gémes gépjárművek esetében a szabványos határértékek ellenőrzése olyan eredményekkel zárult, melyek a szabványos értékek átgondolására adhat okot. A számításokat tovább lehet pontosítani a lassú melegedés képletének alkalmazásával és a polarizációs veszteség beszámításával.

A szigetelő rudak mérési elrendezésének vizsgálata azt mutatja, hogy attól függhet a mérés sikeressége, hogy milyen elektród elrendezést használunk, és milyen pozícióban vannak a rudak.

## Irodalomjegyzék

- [1] MEE FAM Tagozat a FAM Bizottság ajánlásával: *KÖZÉPFESZÜLTSGŰ ÁTVÉTELI ÉS PERIODIKUS VIZSGÁLATOK GYŰJTEMÉNYE*, 2006
- [2] MSZ EN 61057 – Szigetelt gémes szerelőkosarak 1kV-nál nagyobb váltakozó áramú feszültség alatti munkavégzéshez
- [3] IEC TS 61813 – Live working – Care, maintenance and in-service testing of aerial device with insulating booms
- [4] MSZ EN 60855- Habbal töltött szigetelőcsövek és tömör szigetelőrudak feszültség alatti munkavégzéshez, 2000
- [5] Villamos Szigeteléstechnika,  
<http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/villamosszigetelestechnika.pdf>
- [6] Csernátony-Hoffer, Horváth: Nagyfeszültségű Technika, 1978
- [7] Vladimir Caha, Damir Sljivac, Srete Nikolovski: Testing of insulation of live work tools and equipment-experience based recommendations, ICOLIM, Zagreb, 2011
- [8] therm\_prop\_non\_met.pdf,  
[http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/thermomechanics/therm\\_prop\\_non-met.pdf](http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/thermomechanics/therm_prop_non-met.pdf)

## 7 Ábrajegyzék

1. ábra A felső gém mérésének elrendezése .....	12
2. ábra Alsó gém mérésének elrendezése .....	12
3. ábra Felső gém keresztmetszete.....	13
4. ábra Alsó gém keresztmetszete.....	14
5. ábra Szigetelések helyettesítő kapcsolása.....	14
6. ábra Szigetelések fázorábrája.....	15
7. ábra Felső gém melegedésének számítási eredményei .....	16
8. ábra Alsó gém melegedésének számítási eredményei .....	17
9. ábra Alsó gém szerkezeti kialakításai .....	19
10. ábra Tipikus mérési elrendezés szigetelő rudakra .....	21

## 8 Képjegyzék

1. kép Távolról végzett FAM.....	7
2. kép Érintéssel végzett FAM.....	8
3. kép Szigetelőgémes gépjármű laboratóriumi vizsgálata.....	10
4. kép Mérési elrendezés.....	22
5. kép Mérési elrendezés.....	23
6. kép Megkarcolt és szennyezett szigetelő cső.....	23
7. kép Megkarcolt és szennyezett szigetelő cső.....	24
8. kép Mérési elrendezés másik módszerrel .....	25

## 9 Táblázatok

1. táblázat Szigetelő gém mérésének határértékei .....	18
2. táblázat Felső és alsó gém fajlagos ellenállásának számítása.....	18