

VILLAMOSGÉPEK ÉS MÉRÉSEK TANSZÉKÉNEK KÖZLEMÉNYE

Új módszer dielektromos veszteségi tényező mérésére

Írta: SCHNELL LÁSZLÓ
műszaki egyetemi tanársegéd

537.226.3.083

Выводы: Автор рассматривает новый метод для измерения угла потерь. В мосте переменного тока, который содержит измеримый конденсатор осуществляется со сопротивлениями R_1 и R_2 равенство $U_{AB} = U_{AC} = \text{const}$. В этом случае существует между диагональным напряжением и $\text{tg } \delta$ линейная зависимость. Для измерения напряжения автор использует электронный вольтметр практически без потребления. В дискуссии в конце статьи Зольтан Иштван со стороны Эл. Иссл. Цент. Лаборатории излагает до сих пор известные отечественные методы комбинации систем без заземления и систем и длинном заземлением. В статье рассматриваются принципы конструкции и эксплуатационные правила.

Übersicht: Nach einer kurzen Einführung gibt der Verfasser eine neue Methode zur Bestimmung des dielektrischen Verlustfaktors an. Das Prinzip der Messung liegt darin, dass in der die zu messende Kapazität enthaltenden Wechselstrombrücke, durch die Aenderung der Widerstände R_1 und R_2 , die Spannung $U_{AB} = U_{AC} = \text{const}$. eingestellt wird. In diesem Fall ist die Diagonalspannung U_{CB} eine näherungsweise lineare Funktion von $\text{tg } \delta$. Zur Messung der Spannungen verwendet der Verfasser einen praktisch verbrauchsfreien Röhrenvoltmeter. In der Diskussion erörtert Zoltán István seitens des VKKL die gebräuchlichen Methoden zur Messung des dielektrischen Verlustfaktors.

Summary: After a brief introduction author describes a new method for measuring the dielectric loss coefficient. The principle of this method is, that in the a. c. bridge, containing the capacity to be measured, by variation of the resistances R_1 and R_2 , the voltage $U_{AB} = U_{AC} = \text{const}$. is controlled. In this case the diagonal voltage U_{BC} is approximately a linear function of $\text{tg } \delta$. For measuring the voltages a valve voltmeter, practically without consumption is used. In the following discussion Zoltán István with VKKL describes the usual methods for measuring the dielectric loss coefficients.

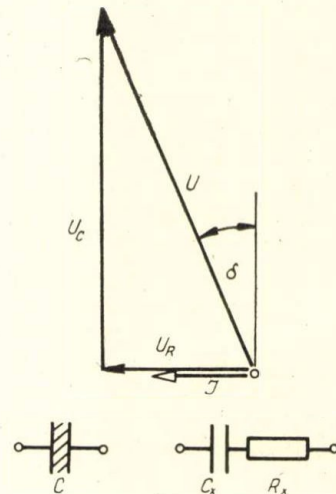
Resumé: Après une courte introduction, l'auteur donne une méthode nouvelle pour mesurer l'angle de perte diélectrique. Dans le pont de courant alterné, qui contient le condensateur à mesurer, on réalise $U_{AB} = U_{AC} = \text{une égalité constante}$, en variant R_1 et R_2 . Alors la tension diagonale U_{CB} est une fonction presque linéaire de $\text{tg } \delta$. L'auteur emploie pour mesurer les tensions des voltmètres électroniques, qui n'ont pratiquement pas de consommation. Du Laboratoire Centrale pour Recherches Electriques, Zoltán István décrit les procédés employés dans le pays servant à la mesure du coefficient de perte diélectrique.

Sok esetben kívánatos nagyfeszültségű villamosgép — és kábelszigetelések dielektromos veszteségi tényezőjének ismerete és ennek változása a különböző üzemi tényezők (feszültség, hőmérséklet) függvényében. Ezekből az adatokból ugyanis következtetéseket lehet levonni a szigetelő anyag belső szerkezetére, homogénítására, villamos szilárd-ságára vonatkozólag. A veszteségi tényező mérését legcélzerűbb üzemi feszültségen, és üzemi periódusszámmal elvégezni. Az ennél lényegesen egyszerűbb kisfeszültségű és nagy periódusszámmal történő mérés eredménye ugyanis legtöbb esetben nem számítható át biztonsággal az üzemi viszonyokra.

Célszerű a szigetelés veszteségi tényezőjének mérését a fent említett szigetelőanyagokon gyártás

közben, tehát beépítés előtt elvégezni, mert így esetleg olyan rejtett hibákat (légzáródmány) lehet felfedezni, amelyek beépítés után a szigetelőanyag átütésére vezetnek.

Mint ismeretes, az ideális kondenzátor töltőárama 90° -kal siet a feszültséghez képest, energiafelvétele tehát zérus. Ez az eset áll fenn jó közelítéssel lég- és gáztöltésű kondenzátoroknál az ionizáció határáig. Ha az elektródok közé valamilyen szilárd (vagy folyékony) szigetelőanyagot helyezünk, akkor ez a szög $90^\circ - \delta$ -ra csökken. δ a kondenzátor veszteségi szöge, $\text{tg } \delta$ -t pedig *veszteségi tényezőnek* nevezzük. Az áramnak van wattos összetevője, a dielektrikumban tehát energiaveszteség lép fel. Ennek oka egyrészt az, hogy a szigetelőanyag nem tökéletes szigetelő, tehát vezetőképessége nem zérus, másrészt pedig, hogy a szigetelőanyagban dielektromos veszteség lép fel. Ez utóbbi az ionok vagy elektronoknak a villamos tér hatására ide-oda való mozgásakor vagy a dipólusok forgásakor lép fel. Egyértelmű magyarázat, amely minden jelenséget megvilágít, még nem ismeretes.^{1,2}



1. ábra

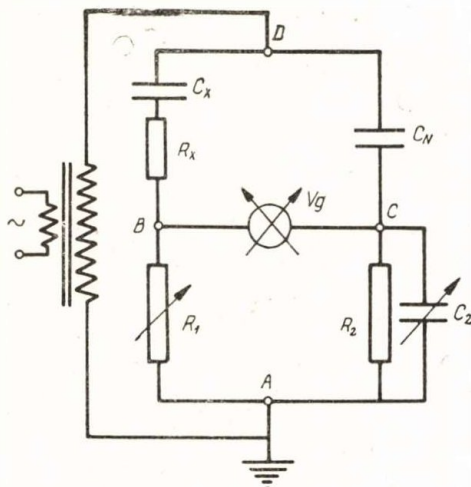
A dielektromos veszteséggel rendelkező, továbbiakban *veszteséges C kondenzátort* helyettesíthetjük egy *veszteségmentes C_x kondenzátorral* és egy vele sorbakötött R_x *ellenállással*. Az R_x ellenállásnak akkorának kell lennie, hogy a rajta fellépő veszteség megegyezzen a veszteséges kondenzátorban keletkezett veszteséggel. A helyettesítő kapcsolást és a hozzá tartozó vektorábrát az 1. ábrán láthatjuk. E szerint az energiaveszteség:

$$P = U_R I = U_c \text{tg } \delta I = U_c^2 \omega C_x \text{tg } \delta \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{U_R}{U_C} = R_x \omega C_x \quad (1a)$$

A dielektromos veszteségi tényező mérésére sok módszer ismeretes. A kevésbé használatosak a szigetelőanyagban ténylegesen fellépő veszteséget mérik. Ebből az (1) összefüggés szerint $\operatorname{tg} \delta$ kiszámítható (kalorimetrikus módszer,³ wattmérős módszer⁴). Legelterjedtebb⁵ a híd módszer, amellyel a $\operatorname{tg} \delta$ -t közvetlenül lehet mérni. A hídkapcsolások közül leggyakrabban használatos a Schering-híd.⁵ A dielektromos veszteségi tényezőt 50 Hz-en legtöbbször ezzel mérik.

A Schering-híd kapcsolása a 2. ábrán látható. E szerint a veszteséges kondenzátort egy C_N veszteségmentes, rendszerint légekondenzátorhoz, vagy



2. ábra

egy ismert veszteségi tényezőjű, pl. üvegekondenzátorhoz, (Minos-üveg) hasonlítjuk. Az R_1 és C_2 ohmos ellenállás ill. kondenzátor változtatásával a V_g vibrációs galvanométert árammentessé teszünk. Kiegyenlített állapotban :

$$\left(\frac{1}{j\omega C_x} + R_x \right) \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C_2} = \frac{1}{j\omega C_N} R_1$$

Az egyes ágak fázisszögeire a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$\varphi_x + \varphi_2 = \varphi_1 + \varphi_N$$

Mivel

$$\varphi_x = 90^\circ - \delta, \quad \varphi_2 = \arctg R_2 \omega C_2$$

$$\varphi_1 = 0 \quad \varphi_N = 90^\circ$$

$$\operatorname{tg} \delta = R_2 \omega C_2$$

Ha

$$R_2 = \frac{1000}{\pi} = 318,47 \, \Omega, \quad \text{és } f = 50 \, \text{Hz}$$

akkor

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1000}{\pi} \cdot 2\pi f \cdot C_2 = 0,1 C,$$

Ha C -t μF -ban adjuk meg.

Mérhető a dielektromos veszteség katódsugár oszcillográffal is, a veszteségi hiszterézisgörbe területének planimétrálása útján. Ezzel a módszerrel $\operatorname{tg} \delta$ közvetlenül is meghatározható.^{6,7}

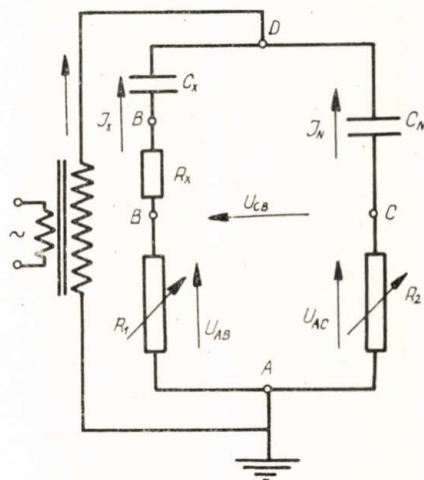
Az alább ismertetett új módszer a dielektromos veszteségi tényezőnek csővoltmérővel vagy más, gyakorlatilag fogyasztásmentes voltmérővel való mérését mutatja be. Ez főleg nagyobb veszteségi tényezőjű anyagok (pl. turbórudak) mérésére alkalmas, és egyszerű kezelése, valamint nem kényes szerkezete folytán különösen üzemi méréseknél használható előnyösen.

Változóáramú hidak — pl. a 2. ábrán látható Schering-híd — kiegyenlítésének feltétele az, hogy az $A-B$, valamint az $A-C$ pontok közötti U_{AB} és U_{AC} feszültségek nagysága és fázisa is egyenlő legyen. Ekkor a $B-C$ pontok között nincs feszültségkülönbség, tehát a vibrációs galvanométer árammentes. A feszültségek nagyságát főleg R_1 , fázisát pedig C_2 változtatásával befolyásolhatjuk. A kiegyenlítés több fokozatban történik, úgy, hogy az R_1 -gyel és a C_2 -vel váltakozva a vibrációs galvanométeren relatív minimumokat állítunk be és ezt addig folytatjuk, amíg a galvanométer teljesen árammentessé válik.

A 3. ábrán látható kapcsolásban, mely szintén híd-kapcsolás, az R_1 és R_2 tiszta ohmos ellenállások változtatásával az U_{AB} és U_{AC} feszültségek nagyságát gyakorlatilag fogyasztásmentes csővoltmérő segítségével egyenlő értékre állítjuk be. Ekkor a $C-B$ pontok közötti feszültség a hidat tápláló U feszültségen kívül csak a veszteséges kondenzátor veszteségi tényezőjétől függ. Amennyiben pedig az $U_{AB} = U_{AC}$ nagyságát az U feszültségtől függetlenül mindig ugyanakkora értékre állítjuk be, tehát

$$U_{AB} = U_{AC} = A = \text{állandó érték}, \quad (2)$$

akkor U_{CB} csak $\operatorname{tg} \delta$ -tól függ, és $\operatorname{tg} \delta$ gyakorlatban előforduló értékeinél ennek lineáris függvénye. Ennek igazolására vizsgáljuk meg a 3. ábrán látható



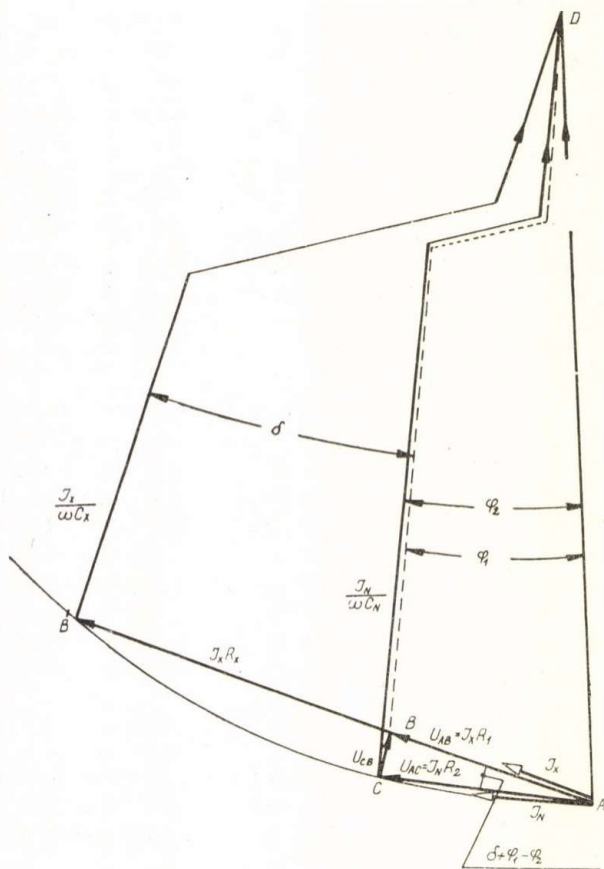
3. ábra

kapcsolás vektorábráját (4. ábra). Az $A-D$ pontokra kapcsolt U feszültséggel az ABD ágban az R_1 és R_x ohmos ellenállásokon és a C_x kapacitáson

fellépő feszültség, az ACD ágban pedig az R_2 ohmos ellenálláson és a C_N kapacitáson fellépő feszültség tart egyensúlyt. A $B-C$ pontok közötti feszültség:

$$U_{CB} = U_{AB} - U_{AC}$$

Mint a vektorábrából megállapítható, U_{AB} és U_{AC} közötti fázisszög $\delta + \varphi_1 - \varphi_2$, ahol $\delta = \arctg R_x \omega C_x$ a veszteséges kondenzátor veszteségi szöge, φ_1 és φ_2 pedig az R_1 ill. R_2 ellenállásoktól függő fázisszög.



4. ábra

Állítsuk be R_1 és R_2 ellenállásokat olyan értékűre, hogy a rajtuk fellépő feszültségek kielégítsék a (2) összefüggést. Ekkor

$$U_{CB} = 2 A \sin \frac{\delta + \varphi_1 - \varphi_2}{2}$$

δ előforduló értékeinél (ez normális körülmények között 5° -nál kisebb) a szinuszt az ívvel, vagy a tangenssel is helyettesíthetjük.

$$U_{CB} \approx A (\delta + \varphi_1 - \varphi_2) \approx A \operatorname{tg} (\delta + \varphi_1 - \varphi_2) \quad (3)$$

Vizsgáljuk meg $\varphi_1 - \varphi_2$ értékét. Nagyon kis szögekről lévén szó, írható:

$$\varphi_2 \approx \operatorname{tg} \varphi_2 = R_2 \omega C_N,$$

valamint ha az ABD \triangle -et igen jó közelítéssel derékszögűnek tekintjük

$$\varphi_1 \approx \operatorname{tg} \varphi_1 \approx R_1 \omega C_x$$

tehát

$$\varphi_1 - \varphi_2 \approx \omega (R_1 C_x - R_2 C_N) \quad (4)$$

És ha figyelembe vesszük azt, hogy $U_{AB} = U_{AC}$ esetén (3. ábra)

$$\frac{R_1}{\sqrt{(R_1 + R_x)^2 + \frac{1}{\omega^2 C_x^2}}} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + \frac{1}{\omega^2 C_N^2}}}$$

mivel pedig R_1 , ill. R_2 az adott viszonyok között három nagyságrenddel kisebb (l. táblázat) $\frac{1}{\omega C_x}$ ill. $\frac{1}{\omega C_N}$ -nél, mellettük elanyagolható. Így

$$\frac{R_1}{\sqrt{R_x^2 + \frac{1}{\omega^2 C_x^2}}} \approx \frac{R_2}{\sqrt{\frac{1}{\omega^2 C_N^2}}}$$

és az 1/a összefüggés felhasználásával:

$$\frac{1}{\omega C_x} \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} \cdot R_2 \approx \frac{1}{\omega C_N} \cdot R_1$$

ebből

$$C_x \cdot R_1 - \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} C_N \cdot R_2 \approx 0$$

$\operatorname{tg}^2 \delta$ az előforduló értékeknél az egység mellett elhanyagolható, így

$$C_x R_1 - C_N R_2 \approx 0 \quad (5)$$

tehát a 4. összefüggés alapján

$$\varphi_1 - \varphi_2 \approx 0$$

Ezzel a 3. egyenlet így alakul:

$$U_{CB} = A \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (6)$$

Tehát ha R_1 és R_2 ellenállásokat olyan értékűre állítjuk be, hogy $U_{AB} = U_{AC} = A$ legyen, akkor az U_{CB} átlófeszültség igen jó közelítéssel csak a veszteséges kondenzátor $\operatorname{tg} \delta$ -jától függ, és ennek lineáris függvénye. C_x értéke ekkor C_N , R_1 és R_2 ismeretében az (5) összefüggésből számítható.

Az alábbi táblázatban egy kivielezett összeállítás számszerű adatait közöljük $\operatorname{tg} \delta = 0,02$, $0,1$ és $0,2$ esetén $U = 15,000$ és 1500 V mérési feszültségek mellett. U_{CB} kiszámításakor $A = 1$ V. Látható, hogy U_{CB} még $\operatorname{tg} \delta = 0,2$ esetén is csak $1,4 \%$ -kal tér el a linearitástól. Az U_{CB} -t indikáló műszer csővoltmérő, lineáris feszültségskálával.

C_N^F	C_x^F	R_x^Ω	$\operatorname{tg} \delta$	δ°	U^V	R_1^Ω	R_2^Ω	φ_1	φ_2	$\varphi_1 - \varphi_2$	U_{CB}^V
$36 \cdot 10^{-12}$	10^{-10}	$6,36 \cdot 10^5$	0,02	$1^\circ 8,82'$	15,000	2,110	5,870	0,23'	0,23'	0	0,02
$36 \cdot 10^{-12}$	10^{-10}	$6,36 \cdot 10^5$	0,02	$1^\circ 8,82'$	1,500	21,100	58,700	2,3'	2,3'	0	0,02
$36 \cdot 10^{-12}$	10^{-10}	$31,8 \cdot 10^5$	0,1	$5^\circ 42,66'$	15,000	2,110	5,870	0,23'	0,23'	0	0,0996
$36 \cdot 10^{-12}$	10^{-10}	$31,8 \cdot 10^5$	0,1	$5^\circ 42,66'$	1,500	21,100	58,700	2,3'	2,3'	0	0,0996
$36 \cdot 10^{-12}$	10^{-10}	$63,6 \cdot 10^5$	0,2	$11^\circ 18,66'$	15,000	2,110	5,870	0,23'	0,23'	0	0,1972

A Műszaki Egyetem Villamos Gépek és Mérések tanszékén elkészített berendezés elvi kapcsolását az 5. ábra mutatja.

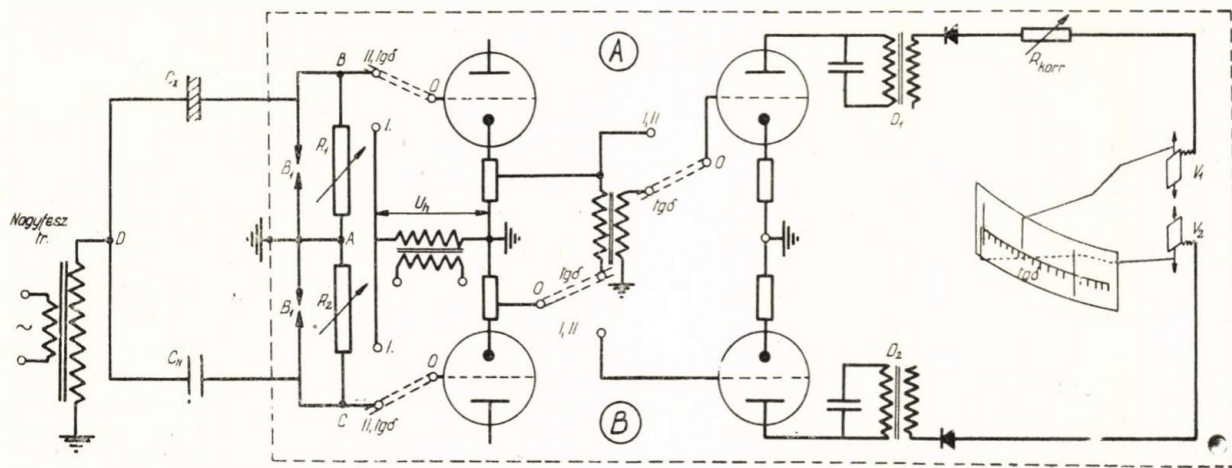
A berendezés két, teljesen szimmetrikus erősítőből és csővoltmérőből áll. A kapcsolók »II« állásában az *A* rendszer az R_1 , a *B* rendszer pedig az R_2 ellenállásokon fellépő feszültségeket méri. Ezek értékét a közös házba épített kettős voltmérőszerűen kiképzett V_1 és V_2 egyenirányítós Deprez műszerek mutatják. Az R_1 és R_2 ellenállásokat addig kell változtatni, amíg a műszerek a skála meghatározott jeléig térnek ki, és kitérésük egymással egyenlő. Ekkor $U_{AB} = U_{AC} = A$. Ezután az együttesen működtethető kapcsolókat a »tg δ « állásba kell kapcsolni. Ekkor a V_2 műszert lekapsoltuk, a V_1 műszer pedig az U_{CB} differenciafeszültséget méri. A kapcsoló átkapcsolásával az erősítést 10-szeresre növeltük meg. Így a V_1 műszer teljes kitérése tg $\delta = 0,1$ -nek felel meg.

A kapcsoló »I« állásában az erősítő le van választva az R_1 , ill. R_2 ellenállásokról és mindkét erősítőre az $U_h = A = 1$ V stabilizált feszültség van rákapcsolva. Ekkor a V_1 és V_2 műszereknek azonos kitérést kell mutatni. Éltérés esetén R_{korr} -ral lehet helyesbíteni.

A B_1 szikraközök túlfeszültség esetén (pl. C_x átütésekor) átütnek és megvédik a berendezést az elégtéstől.

A berendezés tg δ mérési határának alsó értékét az szabja meg, hogy az $U_{AB} = U_{AC}$ egyenlőséget milyen pontosan lehet beállítani.

Ha a műszerek és az erősítés hibáját 0,5%-ra becsüljük, akkor az e miatt fellépő hiba tg $\delta = 0,03$ felett 1,5%-nál kisebb. Az erősítő és műszer hibáját azért tarthatjuk 0,5%-on belül, mert a kapcsoló »I« állásában az $U_h = A$ feszültséggel az erősítőt és a műszert azon a ponton hitelesítettük (az R_{korr} ellenállással a kitéréseket egyenlőnek állítottuk be.)



5. ábra

A műszer söntölésével a tg δ méréshatár növelhető. A műszer közvetlenül tg δ -ra skálázható. Skálamenete az előforduló értékeknél teljesen lineáris

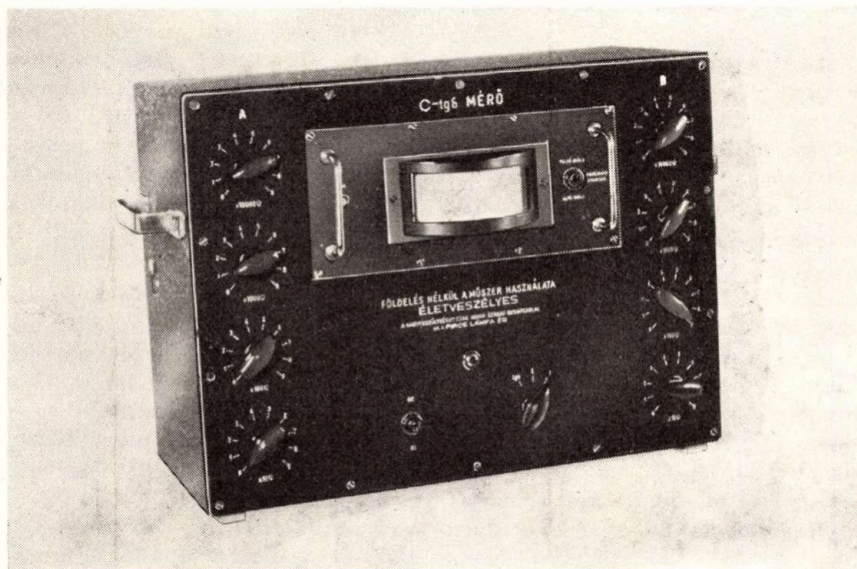
amelyen az $U_{AB} = U_{AC} = A$ értékeket kell beállítani.

A kapcsoló »tg δ « állásában, amikor a műszer a tg δ -át mutatja, a várható pontosság megfelel egy jóminőségű csővoltmérő pontosságának.

A műszerek körébe iktatott D_1 és D_2 50 Hz-re hangolt rezgőkörrel elérhető, hogy a műszer gyakorlatilag csak az alapharmonikusra érzékeny, így a mérési eredmények összehasonlíthatók a Schering-híddal mért eredménnyel. Schering-hídnál ugyanis a nullaindikátorként alkalmazott vibrációs galvanométer csak az 50 Hz-es alapharmonikusra érzékeny.

A berendezés fényképét a 6. ábra mutatja. A baloldali 4 egymás alatti gomb az R_1 , a jobboldaliak az R_2 ellenállások változtatására szolgálnak.

Mindkét ellenállás-érték 0–100 000 Ω határok között



6. ábra

változtatható. Alul balra van a készülék bekapcsolója, a jobboldali gombbal pedig az 5. ábra 0—I, II, tg δ kapcsolóit lehet működtetni. A jelzőlámpa a készülék bekapcsolt állapotában is csak akkor világít, ha a doboz földelve van. A műszertől jobbra látható a méréshatár átkapcsoló, balra pedig az R_{kor} ellenállás állító csavarja. A C_N és C_x csatlakozásai a doboz hátoldalán vannak.

A berendezés tg δ méréshatárai: tg $\delta = 0,02$ — $0,1$ és tg $\delta = 0,1$ — $0,5$. $36pF$ -os normálkondenzátor, és ennél nem kisebb C_x esetén kb. $1000 V$ a legkisebb mérési feszültség. Nagyobb kapacitások esetén (pl. ha légkondenzátor helyett Minos-üveg kondenzátort alkalmazunk normálkondenzátorként), az alsó határfeszültség megfelelő mértékben kisebb.

IRODALOM

1. K. W. Wagner: Dielektrische Nachwirkung. Annalen d. Physik. 1913. 817. old.
2. P. Debye: Polare Molekeln. Leipzig 1929.
3. Scott—Bousman—Benedict: A thermal method of standardizing dielectric power loss measuring equipment. Journal AIEE. 1928. 361 old.
4. Zickner u. Pfestorf: Thermowattmetrische Verlustmessungen an grossen Kapazitäten ETZ. 1930. 1681. old.
5. A. Palm: Schering Messbrücken. ATM J 921—3 (1932. szept.)
6. Minton: An investigation of dielectric losses with the cathode ray tube. Trans. AIEE. 1915. 1627 old.
7. Fischer L.: Dielektromos veszteségi szög mérése katódcsővel. Elektrotechnika, 1947. 191. old.

HOZZÁSZÓLÁS

Schnell László: »Új módszer dielektromos veszteségi tényező mérésére« c. cikkéhez.

Az Elektrotechnika a nagyfeszültségű szigetelések mérési problémáival kapcsolatosan új elgondoláson alapuló mérőberendezést közöl. A Villamosipari Központi Kutató Laboratórium szükségesnek látja, hogy a nagyfeszültségű szigetelések mérésének népgazdasági szempontból közzismerten nagyjelentőségű kérdését a téma jelenlegi állásának megfelelően összefoglalva általános áttekintésben ismertesse.

Az utolsó évtizedekben a szigetelőanyagok hatalmas fejlődéséhez a roncsolásmentes anyagvizsgálat elvének széleskörű alkalmazása döntően járult hozzá. Ennek az elvnek értelmében általában a dielektromos veszteségi szög tangensének meghatározása képezi az összehasonlítási alapot.

A vizsgálatokra szolgáló berendezések közül mindezekig a legnagyobb jelentőségű H. Schering által 1920-ban javasolt és a PTR-ben kidolgozott¹⁾ nagyfeszültségű mérőhíd. (Működési elvét Schnell László cikke is részletesen ismerteti.) Ennek az elgondolásnak elvitathatatlan előnyei:

- a) a vizsgált tárgy vagy berendezés villamos igénybevétele a mérés közben igen tág határok közt változtatható, beleértve az üzemi állapotot is,
- b) a mérési határ nagyobb kapacitások felé könnyen kiterjeszhető (pl. nagyfeszültségű kábelek³⁾),
- c) némi változtatással földelt berendezések mérésére is alkalmas (fordított Schering-híd⁴⁾)

d) érzékenysége és pontossága gyakorlati célokra tökéletesen kielégítő⁵⁾.

A Schering-hídat a fentebb felsorolt sokoldalúsága következtében lényegtelen változtatásokkal számos gyár készíti, a vele végzett mérések irodalma terjedelmes és a szakfolyóiratok mindig visszatérő tárgya.

Hazánkban is több ilyen mérőberendezés van, (pl. Műszaki Egyetem, Ganz Villamossági Gyár, VKKL stb.).

Bár a Schering-híd laboratóriumi mérésekre kiválóan alkalmas, gyors üzemi ellenőrző és összehasonlító mérések szempontjából a következő hátrányai vannak:

- a) kiegyenlítése sok esetben nehézkes, időt rabló és nagy gyakorlatot igényel,
- b) ha a tangens delta a mérés alatt akár belső (ionizáció), akár külső okok (sugárzás, feszültség-, periódus-, vagy hőmérsékletingadozás) miatt nem állandó, a híd megbízható kiegyenlítése sok esetben lehetetlen.
- c) Megbízható eredményeket csak a mérési berendezés gondos összeállítása és árnyékolása esetén kaphatunk. Ez általában csak laboratóriumban érhető el, bár elsősorban kábelmérésekre,⁶⁾ már hordozható berendezések is vannak,⁷⁾
- d) a szükséges különleges nagyfeszültségű normálkondenzátorok és precíziós dekádkondenzátorok igen drágák.

Érthetőek tehát — üzem céljaira — a Schering-híd egyszerűsítésére, esetleg pótlására irányuló törekvések, még a pontosság rovására is.

A VKKL már 1950-ben felkérte a Villamosgépek- és Mérések Tanszékét ilyen berendezés kidolgozására. A feladatot Schnell László azzal oldotta meg, hogy a nehézkesen kezelhető és drága dekádkondenzátorok helyett a híd kiegyenlítő ágában fix kondenzátort és tangens deltában közvetlenül kalibrált potenciométert választott. Ennek a VKKL számára készített berendezésnek a jól konstruált és nagyérzékenységű ($1\mu V/mm$, 80Ω) hordozható vibrációs galvanométere ugyancsak Schnell László munkája.

További új elgondolást jelent a Schnell László cikkében részletesen ismertett mérőberendezés, amely a Ganz Villamossági Gyárban fél éve üzemben van, és jól használhatónak bizonyult.

Természetesen a Schering-híd nem az egyetlen megfelelő eszköz a dielektrikumok vizsgálatára. Még hazánkban is — és itt csak ezekre akarok kitérni — számos különböző elgondolás került felszínre és részben ismertetésre.

Ezek közül először Kellner Józsefnek a Ganz Villamossági Gyárban kb. 30 évvel ezelőtt szerkesztett kompenzáló wattmérője érdemel említést. A műszer a vizsgált tárgynak, mint nem tökéletes kondenzátornak veszteségét párhuzamos egyenértékű ellenállás formájában adja meg. Hibája, hogy a veszteségi szög számításához ismernünk kell a mért tárgy kapacitását is.

A nullázó wattmérő elvét tovább fejlesztette Valkó István Pál. Ő a feszültségkör áramának fázisát — a lengőtekerccsel és az előtétellenállás kisebbik részével — párhuzamosan kapcsolt kon-

denzátorral addig toltta el, amíg az a mért kondenzátoroknak a wattmérő állótekerésén átfolyó áramára merőleges nem lett, tehát az érzékeny dinamóméter nem adott kitérést. Az előbb említett fáziseltolás szöge jó közelítéssel éppen a vizsgált dielektrikum veszteségi szögével egyenlő. A kondenzátorok és az ellenállások értékének kellő megválasztásával nullázás esetén a tangens delta közvetlenül leolvasható.⁸

A dinamométeres módszerek általános hibája az, hogy kis veszteségi szögek mérése esetén aránylag érzéketlenek és az álló és lengőtekerés elkerülhetetlen induktívítása nem kívánt fáziseltolásokat okoz. Ilyen esetekben a mérés pontossága erősen korlátozott.

Az utóbbi hibát Fogaras László küszöbölte ki oly módon, hogy a wattmérőt katódsugárcsővel helyettesítette. Fogaras módszerében a veszteségi szög kiegyenlítése az oszcillográf ernyőjén a Lissajous alakzatnak egyenessé való elfajulásában mutatkozik. A dielektromos hiszterézis az ernyőn a kiegyenlítésnél többszörösen áthurkolódó elnyúló görbét ad egyenes helyett.⁹

Meg kell emlékeznünk egy még egészen új, Deák Pál által javasolt és jelenleg kidolgozás alatt álló vizsgálati módszerről is. Elgondolásának lényege azon az ismert tényen alapul, hogy legtöbb esetben a dielektrikumok kritikus igénybevételének kezdete az ionizáció felléptével van összekötve és az ionizáció nagyfrekvenciás rezgések forrása. Miután ezek a rezgések megfelelő erősítés és szűrés után többféle eszközzel is kimutathatók, ez a

módszer különösen gyors ellenőrző vizsgálatokra látszik alkalmasnak.

Amint e rövid — és teljességre igényt nem tartó — ismertetésből is kitűnik, az erőáramú ipar igényeinek kielégítésére több hazai elgondolás áll rendelkezésre. Szükségesnek tartjuk, hogy az egyes speciális üzemi céloknak megfelelően összehasonlító mérések történjenek, hogy az eddig ismert és a jövőben nyilván jelentkező új elgondolások lehetőség szerint legjobban szolgálják villamosiparunk fejlődését és ezzel népgazdaságunk érdekeit.

ZOLTÁN ISTVÁN

HIVATKOZOTT IRODALOM

1. »Tätigkeitsbericht der P. T. R.« Zeitschr. f. Instrumentenkunde 40. köt. 124—125 old. (1920).
2. A. Semm, »Verlustmessungen bei Hochspannung« Archiv f. Elektrotechnik, 9. köt. 30—34. old. (1921.)
3. G. Zickner und G. Pfestorf: »Über die Verwendung der Hochspannungsbrücke nach Schering zur Untersuchungen von grossen Kapazitäten.« Zeitschr. f. technische Physik. 12. köt. 210—213. old. (1931.)
4. E. Bormann und J. Seiler: »Dielektrische Verlustmessungen an Drehstromkabeln bei betriebsmässiger Beanspruchung« E. T. Z. 49. köt. 239—247. old. (1928.)
5. J. L. Miller: »Die Empfindlichkeit der Scheringbrücke.« E. und M. 49. köt. 677—678. old. (1931.)
6. E. Bormann und J. Seiler: »Dielektrische Verlustmessungen an einem verlegten Hochspannungskabel« E. T. Z. 46. köt. 114—115. old. (1925.)
7. C. H. Hill, T. R. Watts and G. A. Burr: »Portable Schering-bridge of field tests« Electrical Engineering, 53. köt. 176—182. old. (1934.)
8. Valkó István Pál: »Kondenzátor veszteségszögének mérése« Elektrotechnika, 1941. 118. old.
9. Fogaras László: »Dielektromos veszteségszög mérése katódsugárcsővel« Elektrotechnika, 1947. 191—194. old.



Megszakító-olajok kormozódásának vizsgálata*

Írta: HORVÁTH TIBOR
műszaki egyetemi adjunktus

(Közlemény a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosművek Tanszékéről)

621.315.615.2.001.4: 621.316.52

Исследование нагарообразования в маслах-прерывателях служит целям классификации масел по признаку их применяемости в качестве прерывателя. Классификация была проведена у тех масел, которые дали одинаковые результаты при обычных, стандартных испытаниях. Исследование основано на оптическом измерении нагара, образовавшегося в масле под воздействием электрической дуги.

Übersicht: Die Untersuchung der Verrussung der Schalteröle verfolgt den Zweck, dass die Öle welche sich während der vorschrittlichen Untersuchungen gleich verhalten, nach der Verwendbarkeit in den Schaltern einzuteilen seien. Die Untersuchung beruht auf der optischen Messung der Russmenge, welche sich im Öl, zufolge der Einwirkung des elektrischen Lichtbogens bildet.

Summary: The examination of circuit breaker oils to soot content has the purpose, that oils behaving on themselves equally at standard tests, should be classified after the possible use in circuit breakers. The examination is based on an optical measuring method, by which the amount of soot produced by electric arcs in the oil can be measured.

L'examen de la carbonisation de l'huile dans les interrupteurs a comme but de les classer selon leur comportement lors des essais, afin de les standardiser pour leur emploi dans les interrupteurs.

L'essai consiste essentiellement à mesurer par des procédés optiques, la quantité de l'huile carbonisée produite par un arc sous l'huile.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a szigetelő olajokat a villamos ív különféleképpen befolyásolja. A szokásos üzemi olajpróbák alkalmával egyenlő minőségűeknek talált olajok közül a megszakítóokban egyesek még számos megszakítás után is alig mutatnak változást, míg másokat már néhány megszakítás annyira elkormoz, hogy a megszakító működése kérdésessé, sőt veszélyessé válik.

* A VKKL megbízásából végzett kutatómunka