

MOTORHŰTŐ FOLYADÉKOK DIELEKTROMOS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

Greznár Márk – Kovács Róbertné

Absztrakt: A folyadékok dielektromos tulajdonságainak jellemzése elengedhetetlen a gyártó cégek számára, mivel információt szolgáltat a késztermékek minőségéről. Ezen paraméterek mérésére különböző eljárások kerültek kidolgozásra. Az alkalmazandó mérési elv kiválasztásánál figyelembe kell venni az anyag tulajdonságait az alkalmazni kívánt frekvencián, valamint, hogy a megkívánt pontosság elérhető-e az adott módszerrel. Az általunk használt DAK-3.5 mérőrendszer, mérési elve a nyitott végű érzékelőt alkalmazó eljárások közé tartozik. Méréseink során a kereskedelemben kapható, különböző adalékanyagok hozzáadásával készülő motorhűtő folyadékok dielektromos paramétereit vizsgáltuk 200-2400MHz frekvencia-, és 20-50 °C hőmérséklettartományban.

Abstract: Characterization of the dielectric properties of liquids is essential for manufacturing companies as they can provide information on the quality of finished products. Various methods have been developed to measure these parameters and each method is limited to specific frequencies, materials, applications. DAK-3.5 measuring system used in our tests measures the dielectric properties of the samples based on open-ended coaxial probe technique. During our investigations dielectric parameters of commercially available engine coolants produced by the addition of various additives were examined in the frequency 200-2400MHz, and at 20-50 °C range.

Kulcsszavak: motor hűtőfolyadék, dielektromos tulajdonság, nyitott végű érzékelő

Keywords: engine coolant, dielectric property, open-ended coaxial probe

1. Bevezetés

A belsőégésű motorokban az oxigén és az üzemanyag reakciója során keletkező energia 30-40%-a hasznosul mozgásienergiaként, harmada távozik a kipufogógázzal, a fennmaradó részt a hűtőrendszernek kell a motorból elszállítania. A felesleges hőmennyiség eltávolítása kulcsfontosságú, hiszen a magas hőmérséklet a motorok esetén kenőanyagként használt motorolaj, szélsőséges esetben magának a motornak a tönkremeneteléhez vezethet. Személyautókban a motorok teljesítményének növekedésével néhány évtizede a motorok léghűtését felváltotta a folyadékhűtés, mely hatásosabb, csendesebb és tisztább üzemet eredményez. Hőtechnikai szempontból a víz legmegfelelőbb hűtőközeg, mivel ennek a legnagyobb a hőkapacitása, így adott mennyiségű víz tudja a legtöbb energiát szállítani, emellett könnyen hozzáférhető és olcsó. Hátránya azonban, hogy légköri nyomáson 0 °C hőmérséklet alatt megfagy, illetve 100 °C-on felforr, komoly károkat okozva a hűtőrendszerben. A leggyakrabban valamilyen glikol bázisú motorhűtő folyadékot alkalmaznak a hűtőrendszer védelme érdekében korróziós adalékokkal, úgynevezett inhibitorokkal keverve. Az öntöttvas, hegesztett acél, illetve könnyűfém ötvözetű szerkezeti anyagokból álló motorrészekben keringő hűtővíz önmagában is korrózív hatású, azonban a fagyáspont csökkentésére használt glikol még csak fokozza ezt a hajlamot. A hatásos korrózióvédelem nem más, mint a kémiai egyensúly megteremtése a hűtőfolyadékban.

Alapvetően háromféle adaléktechnológiát különböztetünk meg. A szerves adaléktechnológiát (IAT, G11 szabvány) alkalmazták régebben típusgenerációkon

keresztül. Lényege, hogy a hűtőfolyadékban inhibitoroként jelen lévő szilikátok, foszfátok és borátok korróziógátló védőbevonattal látnak el minden felületet, még a gumi összekötőcsöveket és tömítéseket is. A szilikátok igen gyorsan kiválnak a fémfelületen, valamint bizonyos körülmények között apró szilárd részecske formában is kiválhatnak, és a tömített felületek közé kerülve abrazív kopást okoznak, ami hosszabb idő után átfolyáshoz, szivárgáshoz vezet. Ezen kétféle kiválás miatt a hűtőfolyadékban a szilikát koncentráció 20% alá esik mintegy 15000 km futásteljesítmény alatt. A hátrányai ellenére még néhány gyártó ragaszkodik az ezen technológiával készülő motorhűtő folyadékokhoz, mert alumínium hengerfej, motorblokk és hűtő esetén jó hatásfokú korrózióvédelmet biztosít. Európa sok országban kemény a csapvíz. Emiatt foszfátot nem alkalmaznak inhibitoroként, mivel üledéket képez kalciummal és magnéziummal vegyülve.

A szerves adaléktechnológia (OAT, G12+) esetén a korrózióvédelmet a szerves savakból, karboxilátokból előállított semlegesített sók adják. A védendő felülettel felületén való érintkezés hatására oxidréteg keletkezik, a szerves inhibitorok ezt az oxidréteget stabilizálják vékony filmszerű réteggé, ami egyben megakadályozza a mélyebb fémrétegek további oxidációját. Ennek eredményképp jobb hővezetési paraméterek, és hosszabb élettartam jellemzi ezeket a folyadékokat. Használatuk különösen ajánlott alumínium ötvözetekből készülő motoroknál.

A hibrid adaléktechnológia (HOAT, G13) alkalmazásával készülő motorhűtő folyadékok tartalmazzak némi szilikát tartalmú inhibitor (kb. 400-500 mg/l) is, a szerves savak sóinak védő hatását kiegészítendő. Elektrokémiai okokra vezethető vissza, hogy ezen technológiával készülő folyadékok kevésbé rongálják a fém, illetve gumi alkatrészeket egyaránt. A környezetszennyezés csökkentése miatt glicerint kevernek az etilén-glikol alapú hűtőfolyadékokhoz, illetve egyes gépjárműgyártók áttértek a propilén-glikol alapú nem toxikus hűtőfolyadékokra, melyek ára magasabb, kinematikai viszkozitásuk nagyobb az etilén-glikol alapú hűtőfolyadékokénál.

A különböző technológiákkal, adalékok hozzáadásával készülő motorhűtő folyadékok közötti különbségek a dielektromos tulajdonságaikban is fellelhetőek. Vizsgálataink célja ezen különbségek feltárása. A kapott eredményeket a gyártó cégek felhasználhatják a termékek előállításánál, azok minőségének ellenőrzésére.

A méréseink során a visszaverődéses technológiák közé sorolható mérési elvet használtuk, ami alkalmas nagy mennyiségű minták gyors mérésére.

Folyadékok mérése során az érzékelőfej tisztítása fontos lépés minden egyes minta után, hogy elkerülhessük azok keveredését.

2. Anyagok és módszerek

A folyadékok összetételének, valamint tulajdonságainak megismeréséhez több évtizede hatékonyan alkalmazzák azok dielektromos tulajdonságainak mérését. Ezen paraméterek információt nyújtanak azzal kapcsolatban, hogy a különböző anyagok elektromágneses térbe helyezése esetén a közölt energia mire fordítódik.

Elektromágneses energiaközlés esetén a hullám formájában terjedő energia eléri a kezelt anyag felületét, egy része visszaverődik, egy része elnyelődik, egy része keresztülhalad rajta. A három jelenség a permittivitással jellemezhető, ami tehát jellemzi az anyag elektromágneses térre gyakorolt hatását. A villamos permittivitás a tér valamely pontjában a vákuum permittivitásának és a teret az adott pontban kitöltő anyag vákuuméhoz viszonyított, relatív permittivitásának szorzata:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \quad (1)$$

ahol ε_0 a vákuum permittivitása, illetve dielektromos térállandója, ε_r dimenzió nélküli számérték, az anyag relatív permittivitása, vagy relatív dielektromos térállandója. Az anyagra jellemző permittivitás tehát a villamos tér anyagtól független, illetve a teret kitöltő anyagtól függő jellemzője közötti kapcsolatot határozza meg.

Komplex formában is megadható:

$$\varepsilon = \varepsilon' - j \cdot \varepsilon'' \quad (2)$$

ahol ε' - az anyagban tárolt energiára, ε'' - a dielektromos veszteségre jellemző érték. A leggyakrabban alkalmazott módszerek a dielektromos jellemzők mérésére a hullámvezető és tápvonal technika, nyitott végű érzékelőt alkalmazó eljárás, szabadterű átvitel, rezonáns módszer. (Afsar, et al. 1986, Baker-Jarvis, et al. 1990, Courtney 1998, Yue, et al. 1998, Courtney and Motil 1999, Wang, et al. 2002, Murata, et al. 2005, Krupka 2006b). A mérési módszer kiválasztása függ az anyag fizikai és elektromos tulajdonságaitól, a frekvenciatartománytól és az elvárt mérési pontosságtól. A legtöbb mérési módszert széles körben alkalmazzák, figyelembe véve az adott módszer korlátait, - beleértve a frekvenciát, amelyen a mérések elvégezhetők -, és a mérendő anyag tulajdonságait. (Afsar et al., 1986.)

Az általunk használt DAK-3.5 mérőrendszer alkalmas folyadékok, szilárd halmazállapotú és gél állagú anyagok dielektromos paramétereinek meghatározására. A mérési elve a nyitott végű érzékelőt alkalmazó eljárások közé tartozik. Az érzékelőt, amely az anyag felületéről visszavert jeleket fogadja, szilárd anyag esetén légrésmentesen az anyag felületéhez kell érinteni, vagy folyadékok esetén bele kell meríteni abba. Mivel a vizsgált anyag dielektromos paramétereit az anyag felületéről visszavert jelek reflexiós tényezőjéből számítjuk ki, ezért a mérési pontosság érzékeny minden olyan körülményre, amely megváltoztatná azok fázisát vagy amplitúdóját vagy akár magukat a visszavert jeleket. Az érzékelő egy koaxiális kábelen keresztül közvetlenül csatlakozik a vektor hálózat analízátorhoz, így biztosítva a visszavert jelek stabilitását. A mérőrendszer alkalmas 200MHz és 3GHz közötti frekvencia tartományban történő mérésekre, és többféle anyagra gyári kalibrációval rendelkezik.

Első lépésként kalibráltuk a mérőeszközt 20 °C-os vízre, mint referenciaközegre. Ezután öt különböző motorhűtőfolyadék koncentrátum (1. táblázat) dielektromos paramétereit mértük meg 20-30-40-50°C hőmérsékleteken, illetve a

koncentrátumokat desztillált vízzel különböző arányban (1:1, 1:2, 2:1, 3:2) hígítva 20°C-on is elvégeztük a méréseket. A desztillált víz hozzáadása bizonyos mértékig csökkenti a fagyáspontot, pontosabban fogalmazva, a kristályosodás kezdeti hőmérsékletét, mivel a szabvány szerint ennek meghatározása úgy történik, hogy a folyadékot folyamatosan hűtik, és közben figyelik, mikor következik be az első szilárd kristályok megjelenése. Az etilén-glikol fagyáspontja -13 °C körül van, azonban a víz molekuláival kötött erős hidrogénkötés megakadályozza a kristályok kialakulását, hígítva a kristályosodás kezdeti hőmérséklete csökkenni kezd. A legalacsonyabb fagyáspontot kb. 70% etilén-glikol és 30% desztillált víz keverékével érjük el, ami -68 °C körül van. A kereskedelemben kapható motorhűtő folyadék koncentrátumok az eleve bennük található kis mennyiségű víznek, és felhasznált egyéb anyagoknak köszönhetően kb. -21 °C-on fagynak meg.

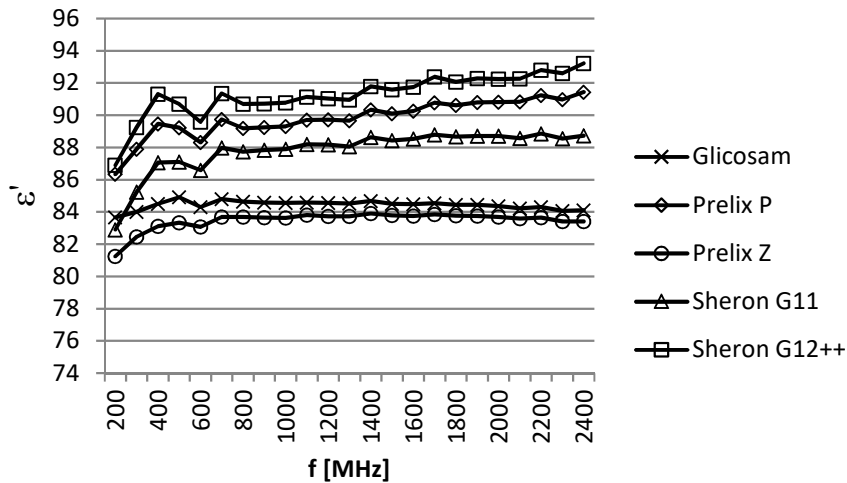
1. táblázat Motorhűtő folyadékok

Kereskedelmi megnevezés	Rövidített megnevezés	Gyártó	Szabvány
Prelix autoglykol fagyálló hűtőfolyadék koncentrátum	Prelix P	MEDIKÉMIA Zrt.	G12++
Prelix autoglykol fagyálló hűtőfolyadék - 72°C	Prelix Z	MEDIKÉMIA Zrt.	G11
Glicosam Alu koncentrált hűtőfolyadék	Glicosam	Samato Kft.	G11
SHERON fagyálló koncentrátum G12++	Sheron G12++	Sheron	G12++
SHERON fagyálló koncentrátum G11	Sheron G11	Sheron	G11

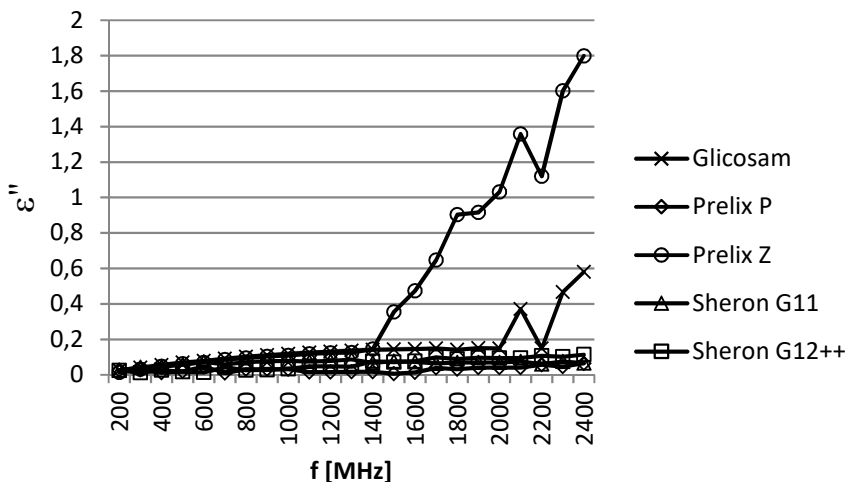
3. Eredmények és értékelésük

Az 1. ábrán a dielektromos állandó valós részének (ϵ') változását láthatjuk a frekvencia függvényében, különböző motorhűtő folyadék koncentrátumok esetén. A mért értékek hasonló trendet mutatnak és jól elkülöníthetők egymástól, a G11 szabványnak megfelelő motorhűtő folyadék koncentrátumok esetén alacsonyabb, a G12++ szabványnak megfelelők esetén magasabb értékeket mértünk.

1. ábra ε' értéke 20 °C és különböző motorhűtő folyadék koncentrációk esetén



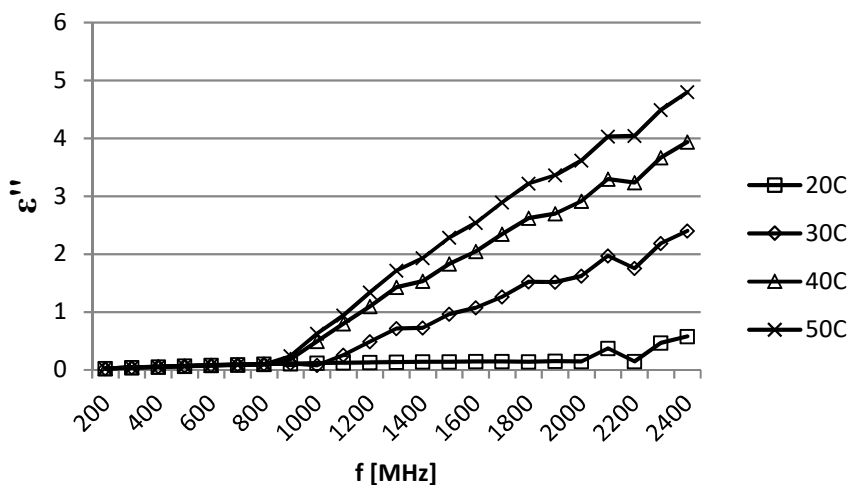
2. ábra ε'' értéke 20 °C és különböző motorhűtő folyadék koncentrációk esetén



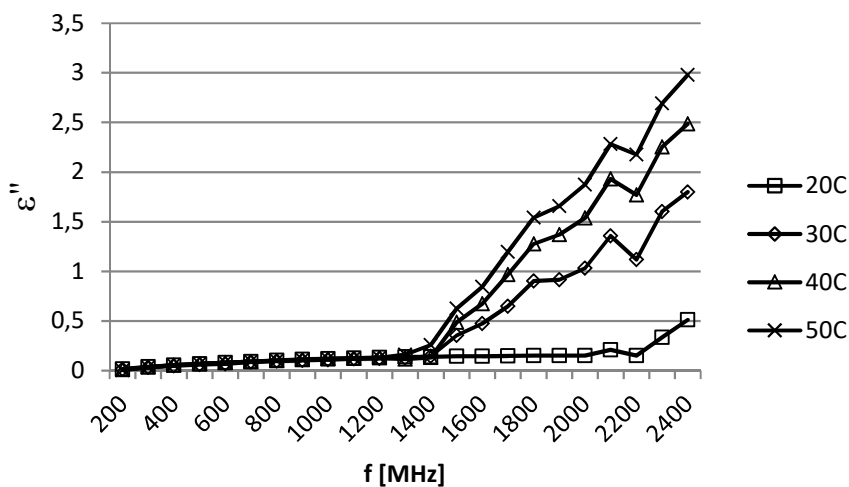
A 2.ábrán a dielektromos állandó képzetes részének (ε'') változását láthatjuk a frekvencia függvényében, különböző motorhűtő folyadék koncentrációk esetén. A mért értékek itt már jelentősen eltérnek egymástól. A Glicosam és a Prelix Z minták esetén más-más frekvencia határ felett láthatunk emelkedést, míg a többi mintánál ε'' értéke a vizsgált frekvenciatartományban 0,2 érték alatt maradt.

Az 1. és 2. ábrán látható eredmények alapján várható volt, hogy elsősorban a Glicosam és a Prelix Z minták esetén lesz jellemző a különböző hőmérséletek hatása. Ezeket mutatjuk be a 3. és 4. ábrán. A másik három motorhűtő folyadék koncentráció esetén ε'' 0 és 0,12 között változott mindegyik vizsgált hőmérsékleten.

3. ábra ϵ'' változása különböző hőmérsékleteken a frekvencia függvényében
Glicosam motorhűtő folyadék koncentrátum esetén

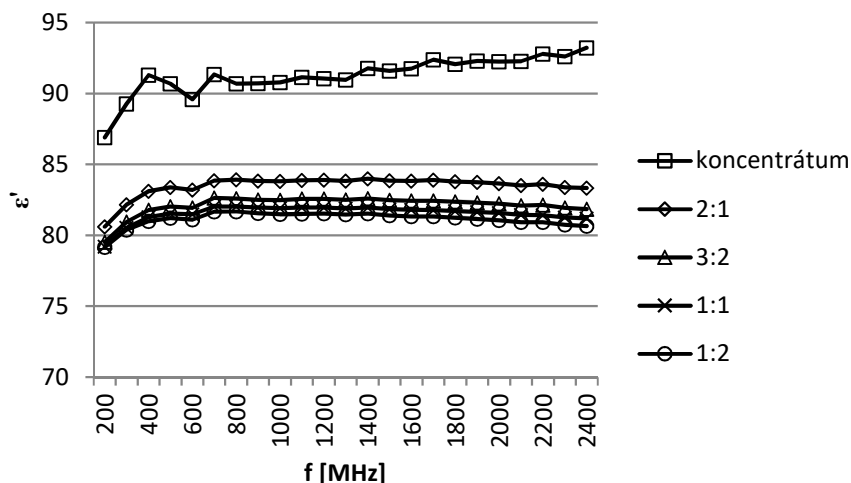


4. ábra ϵ'' változása különböző hőmérsékleteken a frekvencia függvényében
Prelix Z motorhűtő folyadék koncentrátum esetén

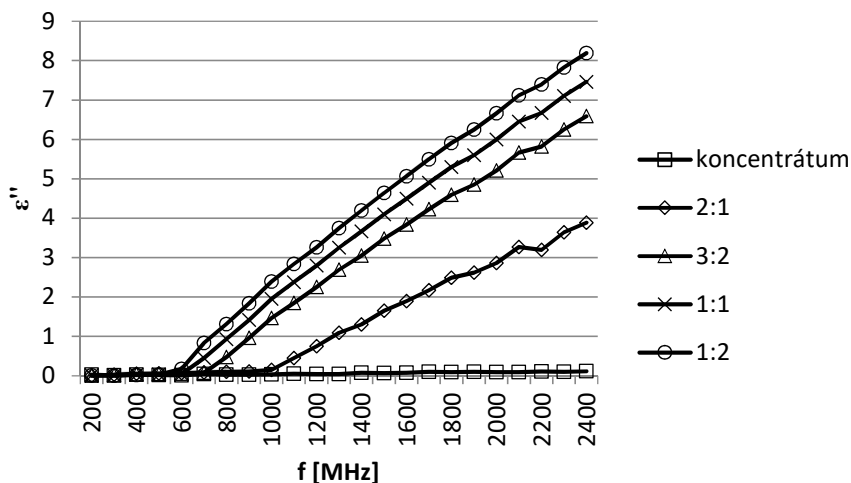


A koncentráció változása volt a harmadik paraméter, melynek hatását vizsgáltuk. Ezen eredményeket mutatjuk be a Sheron G12++ minta esetén (5., 6. ábra). A többi mintánál is hasonló tendenciák voltak megfigyelhetőek.

5. ábra ϵ' változása különböző hígítási arányok esetén a frekvencia függvényében Sheron G12++ motorhűtő folyadék koncentrátum esetén



6. ábra ϵ'' változása különböző hígítási arányok esetén a frekvencia függvényében Sheron G12++ motorhűtő folyadék koncentrátum esetén



Az 5. és 6. ábrán látható, hogy a víztartalom növekedésével a minta dielektromos jellemzői közelítenek a víz dielektromos paramétereire.

4. Összefoglalás

Jelen közleményünkben azon mérési eredményeinket mutattuk be, amelyek alapján a különböző adaléktechnológiával készülő motorhűtő folyadékok dielektromos paramétereinek változásai ismerhetők meg a frekvencia változásának függvényében különböző hőmérsékleteken és koncentrációk mellett. Az eredmények rávilágítanak arra, hogy ezen mért paraméterek alkalmasak a különböző

eljárással készült motorhűtő folyadékok megkülönböztetésére, illetve a motorhűtő folyadékban lévő fagyálló koncentrátum meghatározására.

Irodalomjegyzék

- Afsar, M. N., Birch, J. R. and Clarke, R. N. 1986. The Measurement of the Properties of Materials. Proceedings of the IEEE. 74(1)
- Baker-Jarvis, J., Vanzura, E. J. and Kissick, W. A. 1990. Improved Technique for Determining Complex Permittivity with the Transmission/Reflection Method. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 38(8)
- Courtney, C. C. 1998. Time-Domain Measurement of the Electromagnetic Properties of Materials. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 46(5): 517–522.
- Courtney, C. C. and Motil, W. 1999. One-Port Time-Domain Measurement of the Approximate Permittivity and Permeability of Materials. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 47(5): 551-555.
- Krupka, J. 2006b. Frequency domain complex permittivity measurements at microwave frequencies. Meas. Sci. Technol. 17: R55 - R70.
- Murata, K., Hanawa, A. and Nozaki, R. 2005. Broadband complex permittivity measurement techniques of materials with thin configuration at microwave frequencies. Journal of Applied Physics. 98(8): 084107-1 to 084107-8.
- Wang, Z. Y., Kelly, M. A., Shen, Z. X., Wang, G., Xiang, X. D. and Wetzel, J. T. 2002. Evanescent microwave probe measurement of low-k dielectric films. Journal of Applied Physics. 92(2): 808–811.
- Yue, H., Virga, K. L. and Prince, J. L. 1998. Dielectric Constant and Loss Tangent Measurement Using a Stripline Fixture. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology - Part B. 21(4)