FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

MATEMATIKAI MODELL MALMI BÚZA DIELEKTROMOS JELLEMZŐINEK MEGHATÁROZÁSÁRA

Géczi Gábor

Abstract

To estimate the complex dielectric constant of seeds I set a mathematical model, which is an equation of lines included in the simplified form of the Landau-Lifshitz, Looyenga equation and illustrates the dielectric properties of grain as a function of moisture content.

$$\varepsilon = \left[\frac{\rho_h}{\rho_m} \cdot (m \cdot w + \varepsilon_a)^{1/3} - \frac{\rho_h}{\rho_m} + 1 \right]^3 \quad (1)$$

The model is useful for the determination of the complex dielectric constant on 20 °C and at 2.45 GHz frequency, knowing bulk density, ρ_h , kernel density, ρ_m , moisture content, w , and parameters depending on the kind and quality of grain: dielectric base value, ε_a , and dielectric steepness, m . The dielectric base value for milling wheat is $\varepsilon_a = 4,042 - 0,145i$, and its dielectric steepness is $m = 0,052 - 0,052i$. Applying the model the relative deviation of estimations compared to the measured values in terms of the real dielectric constant is 1 % while it is 5% for the loss factor.

Összefoglalás

Szemestermények komplex dielektromos állandójának becslésére egy matematikai modellt állítottam fel, amely a Landau-Lifshitz, Looyenga összefüggés egyszerűsített alakjába ágyazott olyan egyenesek egyenlete, amely a mag dielektromos jellemzőit ábrázolja a nedvességtartalom függvényében.

$$\varepsilon = \left[\frac{\rho_h}{\rho_m} \cdot (m \cdot w + \varepsilon_a)^{1/3} - \frac{\rho_h}{\rho_m} + 1 \right]^3 \quad (1)$$

A modell 20 °C-on és 2,45 GHz frekvencián alkalmas a komplex dielektromos állandó meghatározására, a halmazsűrűség, ρ_h , a magssűrűség, ρ_m , a nedvességtartalom, w , és a gabona fajtájától, minőségétől függő paraméterek, mint dielektromos alapérték, ε_a , és dielektromos meredekség, m , ismeretében. Malmi búzára a dielektromos alapérték $\varepsilon_a = 4,042 - 0,145i$, míg a dielektromos meredekség pedig $m = 0,052 - 0,052i$. Alkalmazva a modellt a becslések relatív eltérése a mért értékekhez képest a valós dielektromos állandó tekintetében átlagban 1%, míg a veszteségtényező esetén átlagban 5%.

Bevezetés

Mezőgazdasági termények dielektromos jellemzőit többek között a nedvességtartalom, a hőmérséklet, a halmazsűrűség befolyásolja. Egy modell, amely az előbb említett fizikai paramétereket magába foglalva, az eddigieknél nagyobb pontossággal, egyszerűbben határozza meg a komplex permittivitást, megkönnyítené mind a kezelésben, mind a méréstechnikában használatos berendezések, műszerek beállítását, ellenőrzését.

A gyakorlati használatban az érdeklődés középpontjában álló dielektromos jellemzők az ún. valós dielektromos állandó vagy permittivitás ϵ' és a dielektromos veszteségtényező ϵ'' , vagyis a valós illetve a képzetes részei a relatív komplex permittivitásnak.

$$\epsilon = \epsilon' - \epsilon'' \cdot i \tag{2}$$

A valós dielektromos állandó megmutatja, hogy az anyag milyen mértékben képes tárolni az elektromos erőter energiáját, míg a veszteségtényező az elektromos energia hővé alakulásának a mértéke [1].

Anyag és módszer

A búza dielektromos jellemzőinek számítására egy olyan algoritmust illetve modellt (1) javaslok, amelyben először a dielektromos alapértékből és meredekségből meghatározható az adott nedvességtartalmú mag komplex dielektromos állandója. Majd az így kapott érték segítségével a Landau-Lifshitz, Looyenga egyenletet felhasználva kiszámítható az adott halmazsűrűségű búza dielektromos jellemzője.

A dielektromos alapérték, ϵ_a , és dielektromos meredekség, m , a gabonamag dielektromos jellemzőit a nedvességtartalom függvényében ábrázoló egyenesek tengelymetszetei és meredekségei. A dielektromos alapérték felfogható, mint a száraz gabonamag komplex dielektromos állandója. A dielektromos paraméterek több különböző fajtájú, de azonos minőségi besorolású búzamintákon végzett vizsgálatok eredményének átlaga [2, 4].

A Landau-Lifshitz, Looyenga összefüggés általánosan elfogadott keverék egyenlet, amely kétkomponensű rendszerek esetén fejezi ki az összegezhetőséget:

$$(\epsilon)^{1/3} = v_1 \cdot (\epsilon_1)^{1/3} + v_2 \cdot (\epsilon_2)^{1/3} \tag{3}$$

ahol s a keverék komplex permittivitását jelöli, ϵ_l a közeg komplex permittivitása, amelyben az ϵ_2 -es komplex permittivitású szemcsék találhatók elosztva, továbbá v_1 és v_2 a komponensek által képviselt részmennyiségek ebben a sorrendben, ahol $v_1 + v_2 = 1$. Szemestermények esetén a közeg levegő, amely $\epsilon_1 = 1 + 0 \cdot i$ értékkel helyettesíthető a számítások során. A magok által a keverék teljes mennyiségéből képviselt töredék részt, v_2 , (részmennyiség), a (ρ_H/ρ_{mag}) kifejezés adja meg [1, 3, 4].

A modell értékelése

A modell egyenlet paramétereinek igazolására az egész ország területéről búzamintákat szereztem be. Az 1. sz. táblázatban a búza minták minősítéséhez szükséges jellemzőket - hektoliter tömeg, nedvességtartalom, nedvessikér tartalom, esésszám és nyersfehérje tartalom - tüntettem fel. A táblázat utolsó oszlopában látható a minőségi besorolás az MSZ 6383:1998 szabvány alapján.

Búzaminták minősítési paraméterei 1. sz. táblázat

Minta Jele	Származási hely (megye)	Hektoliter tömeg [kg/100 l]	w [%]	Nedves-sikér [%]	Esés-szám [sec]	Nyers-fehérje [%]	Minőségi besorolás
XI.	Bács-Kis.	82,25	12,4	29,2	325	12,8	Malmi búza II.
XII.	Bács-Kis.	82,35	12,6	32,2	360	13,9	Malmi búza I.
XIII.	Bács-Kis.	80,15	10,9	25,8	212	11,5	Takarmány
XIV.	Tolna	83,50	12,2	26,2	234	11,5	Malmi búza II.
XV.	Tolna	82,50	12,4	24,0	303	11,6	Takarmány
XVI.	Heves	82,57	11,2	25,7	366	11,1	Takarmány.
XVII.	Somogy	81,30	13,5	31,3	258	13,7	Malmi búza I.
XVIII.	Somogy	74,35	12,2	23,0	85	9,6	Takarmány
XIX.	Békés	78,25	13,0	27,5	290	12,9	Malmi búza III.
XX.	Békés	81,55	12,9	30,5	346	13,5	Javító búza
XXI.	Békés	77,00	13,3	21,5	295	10,8	Takarmány
XXII.	Fejér	79,90	10,6	28,7	342	12,7	Malmi búza II.
XXIII.	Fejér	78,80	11,9	31,6	223	13,2	Malmi búza III.
XXIV.	Csongrád	79,50	11,3	29,0	299	12,8	Malmi búza II.
XXV.	Csongrád	79,00	12,8	31,5	255	14,3	Malmi búza I.

Búzaminták dielektromos jellemzői méréssel és számítással 2. sz. táblázat

Minta jele	Minta jellemzői			Komplex dielektromos állandó $\varepsilon=\varepsilon'-\varepsilon''i$		Relatív eltérés δ_ε [%]	
	w %	ρ_m g/cm ³	ρ_h g/cm ³	Méréssel	Becsléssel	ε'	ε''
XI.	12,4	1,331	0,814	2,87-0,32i	2,82-0,34i	1,7	7,3
XII.	12,6	1,323	0,817	2,89-0,33i	2,85-0,35i	1,4	7,0
XIV.	12,2	1,317	0,822	2,90-0,35i	2,87-0,35i	1,2	0,1
XVII.	13,5	1,287	0,793	2,92-0,39i	2,86-0,37i	1,9	4,7
XIX.	13,0	1,279	0,774	2,86-0,37i	2,81-0,35i	1,8	5,2
XXII.	10,6	1,341	0,784	2,72-0,27i	2,67-0,28i	1,7	4,9
XXIII.	11,9	1,313	0,791	2,82-0,35i	2,77-0,32i	1,7	7,2
XXIV.	11,3	1,288	0,773	2,76-0,29i	2,74-0,31i	0,7	6,3
XXV.	12,8	1,294	0,785	2,80-0,33i	2,81-0,35i	0,3	5,3

A malmi búza minőségi besorolású mintákon először méréssel majd számítással meghatároztam a komplex dielektromos állandót. A szemestermény halmazok dielektromos jellemzőinek mérésére a két pont módszert alkalmaztam négyszögletes csőtápvonalas berendezésen [2, 3, 4]. A számításokhoz az 1. sz. modell egyenletbe helyettesítettem be, ahol a dielektromos alapértéket $\varepsilon_a=4,042 - 0,145i$, míg a dielektromos meredekséget $m = 0,052 - 0,052i$ értékkel vettem figyelembe.

A kapott értékek a 2. sz. táblázatban találhatóak, ahol feltüntettem a relatív százalékos eltérést a mért értékhez képest, δ_{ε} , külön a valós, külön a képzetes részekre.

$$\delta_{\varepsilon} = \frac{|\varepsilon_{mért} - \varepsilon_{becsült}|}{\varepsilon_{mért}} \cdot 100 \tag{4}$$

1. ábra. Malmi búza minősítésű minták, becsült és mért dielektromos jellemzők összehasonlítása

■ $-\varepsilon'$ mért ♦ $-\varepsilon'$ becsült ▲ $-\varepsilon''$ mért ● $-\varepsilon''$ becsült

Az 1 sz. ábrán szemléletesen látható a mért és becsült értékek közötti különbség. Látható, hogy veszteségtényező esetében a mért és a számított értékek szinte teljesen megegyeznek. A valós rész tekintetében egy kivétellel a becsült érték kisebb a mért értéknél. Kutatásainkat folytatva törekszünk a dielektromos paraméterek pontosítására, illetve keressük azt a minőségi, minősítési paramétert, amely leginkább befolyásolja a szemestermények dielektromos jellemzőinek értékét.

Felhasznált irodalom

1. Nelson S.O. (1991): Dielectric Properties of Agricultural Products, IEEE Transactions, Vol.26. No.5, 845-869p.
2. Géczi G., Váczy G. (2002): Búza dielektromos állandójának meghatározása elméleti úton. FMTÜ VII., EME kiadvány Kolozsvár, ISBN 973-8231-16-7, 59-62 p.
3. Sembery P. (2002): Mezőgazdasági termények dielektromos jellemzői. Akadémia Kiadó, Budapest, ISBN 963 05 7910 3, 90 p.
4. Géczi G. (2002): Szemestermények mikrohullámú dielektromos jellemzői, Doktori értekezés, Gödöllő, 120p.

Géczi Gábor egyetemi tanársegéd, Ph.D. hallgató
2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

Szent István Egyetem Gödöllő
geczi.aeet.mgk@mgk.gau.hu