

# COMPUTER MODELLING OF COURSES OF COMPLEX PERMITTIVITY

**Jan Frybert**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xfrlybe00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Frk

E-mail: frkmar@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

The aim of this work was to create the program for modelling of frequencies courses of complex permittivity parts according to the basic empirical functions, which are described distribution of relaxation time. The main attention is concentrated on the influence of particular parameters on the courses of real and imaginary parts of complex permittivity. Whole program is written in Borland Builder C++ and is under development at all times.

## 1. ÚVOD

Cílem práce bylo seznámit se s problematikou komplexní permitivity a vytvořit programové prostředí pro simulaci a grafické znázornění průběhů složek komplexní permitivity. Vytvořený program má názorně objasnit uživateli vliv jednotlivých parametrů na průběhy složek komplexní permitivity.

## 2. ROZBOR

Permitivita je základní fyzikální veličina vyjadřující vliv prostředí na indukci elektrického pole ve střídavém elektrickém poli. Základní definiční vztah pro komplexní permitivitu je

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - j\varepsilon'' , \quad (1)$$

kde reálná složka představuje relativní permitivitu a imaginární ztrátové číslo. Základní empirické funkce popisující komplexní permitivitu v kmitočtové oblasti:

Debye: 
$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 + i\omega\tau_0} \quad (2)$$

Cole-Cole: 
$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{(1 + i\omega\tau_0)^{1-\alpha}} \quad (3)$$

Cole-Davidson: 
$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{(1 + i\omega\tau_0)^\beta} \quad (4)$$

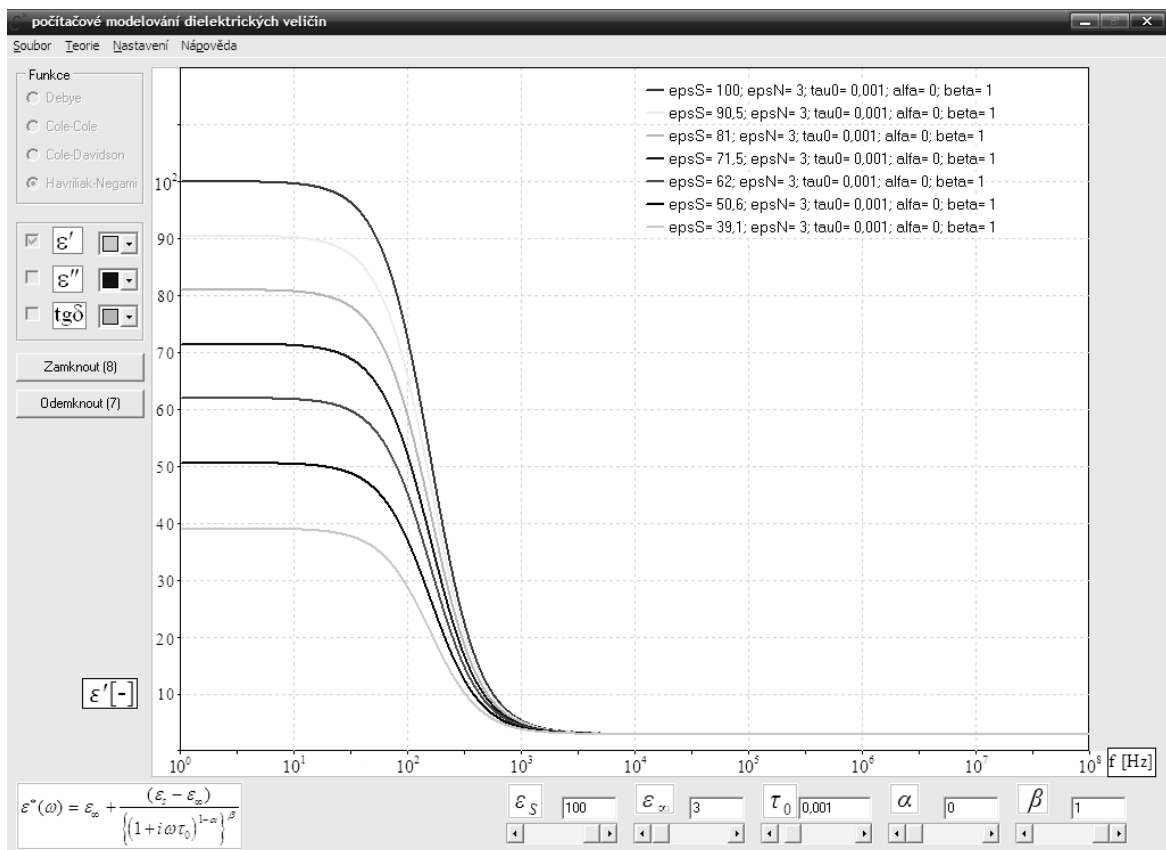
Havriliak-Negami: 
$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{\left\{ (1 + i\omega\tau_0)^{1-\alpha} \right\}^\beta} \quad (5)$$

## 2.1. SLOŽKY KOMPLEXNÍ PERMITIVITY

Za účelem grafického znázornění jednotlivých složek komplexní permitivity bylo nutné vztahy (2), (3), (4), (5) rozložit na reálnou a imaginární část. Pro rozklad jednotlivých funkcí bylo využito exponenciálního tvaru komplexního čísla  $z^n = |z|^n \cdot e^{jn\varphi}$ , následně již nebylo složité po drobných úpravách a zjednodušeníh (např. výraz  $|\omega\tau_0|$  bude vždy kladný,  $\Rightarrow \omega\tau_0$ ) získat výsledné tvary pro reálnou a imaginární část komplexní permitivity, podle kterých probíhají jednotlivé simulace.

## 2.2. REALIZACE PROGRAMU

Jedním z možných zobrazovaných průběhů je frekvenční závislost ztrátového činitele  $tg\delta$ , který lze vyjádřit prostým podílem  $\varepsilon''/\varepsilon'$ . Na obrázku 1 je znázorněno grafické prostředí programu, které se skládá z několika dílčích částí. Hlavní část tvoří kreslicí plocha (paint-box), ve které jsou zobrazovány frekvenční průběhy zvolených veličin, v daném případě  $\varepsilon'$ .



**Obrázek 1:** Grafické prostředí programu včetně frekvenčních průběhů  $\varepsilon'$ .

Ve spodní části jsou uvedeny vstupní parametry příslušných empirických funkcí rozložení relaxačních dob, které je možno zadávat pomocí textových polí nebo komponentou

„scrollbar“. Program také obsahuje ukázkou rovnice která je zaškrtnuta v menu a panel na volbu veličiny a barvy kterou bude vykreslena. Osy mají tři měřítka, které se podle potřeby automaticky mění. U vykreslené grafické závislosti je možno tzv. krokováním následným uzamčením sledovat vliv jednotlivých parametrů. Pro export byl zvolen formát xls (Microsoft Excel), ve kterém jsou zapsány vstupní hodnoty a funkce podle které se počítalo. (Obrázek 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	freq	Eps1	Eps2	tgdelta	epsilonS[-]	epsilonN[-]	tau[]	alfa[]	beta[]	haviliak-Negami	
2	[Hz]	[-]	[-]	[-]	20	3	0,001	0,3	1		
3	1	19,7702	0,42414	0,021454							
4	1,023293	19,76634	0,430843	0,021797							
5	1,047129	19,76242	0,437648	0,022145							
6	1,071519	19,75843	0,444557	0,0225							
7	1,096478	19,75437	0,451571	0,022859							
8	1,122018	19,75024	0,458693	0,023225							
9	1,148154	19,74603	0,465924	0,023596							
10	1,174898	19,74176	0,473264	0,023973							
11	1,202265	19,73741	0,480716	0,024356							

**Obrázek 2:** Export ve formátu xls.

### 3. ZÁVĚR

Všechny nasimulované průběhy odpovídají výše uvedeným vztahům. V rámci využití programu ve výuce předmětů zaměřených na materiálovou tematiku se v dalším období předpokládá úprava uživatelského rozhraní. Pro zařazení do laboratorního cvičení bude program doplněn o teoretický rozbor a návod k obsluze.

### LITERATURA

- [1] JIRÁK, J., LIEDERMANN, K., SEDLAŘÍKOVÁ, M., AUTRATA, R., ROZSÍVALOVÁ, Z. Materiály v elektrotechnice, elektronické texty ETE004. Brno: , 2002.
- [2] Internetové stránky Prof. Yuri Feldman, <http://aph.huji.ac.il/feldman/> .
- [3] RAIDA, Z., FIALA, P. Počítače a programování 2. Brno: FEKT VUT v Brně, 2002.
- [4] FRK, M. Nedestruktivní diagnostika Thermikanitu v průběhu elektrického a tepelného namáhání. Edice PhD Thesis. Edice PhD Thesis. Brno: VUTUM, 2007. 26 s. ISBN: 978-80-214-3411-0.