

19. Měření amplitudové permeability

19.1. Teoretický rozbor

Pro intenzitu magnetického pole uvnitř prstencového vzorku platí vztah

$$H(t) = \frac{N_1}{l_s} i_1(t).$$

Z Faradayova indukčního zákona odvodíme

$$u_i(t) = N_2 \frac{d\Phi(t)}{dt} = N_2 S_{Fe} \frac{dB(t)}{dt}$$

a pro okamžitou hodnotu magnetické indukce $B(t)$ platí

$$B(t) = \frac{1}{N_2 S_{Fe}} \int_0^t u_i(t) dt.$$

Požadovaného sinusového průběhu indukce $B(t)$ se dosahuje tzv. *napěťovým magnetováním*, tj. buzením vzorku ze zdroje sinusového napětí.

Kvalitu sinusového průběhu $B(t)$ lze posuzovat buď porovnáváním efektivní hodnoty a aritmetické střední hodnoty indukovaného (sekundárního) napětí $u_i(t)$, jejichž poměr by podle standardu IEC měl být $1,11 \pm 1\%$, nebo pohodlněji sledováním průběhu na osciloskopu (norma předepisuje současné použití obou metod).

Amplitudová permeabilita je definována z poměru amplitud (tj. maximálních hodnot) veličin B a H podle vztahu

$$\mu_a = \frac{B_m}{\mu_0 H_m} \quad (-; \text{T}, \text{H} \cdot \text{m}^{-1}, \text{A} \cdot \text{m}^{-1})$$

kde $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$.

Po integraci dostaneme pro maximální hodnotu magnetické indukce vztah

$$B_m = \frac{U_2}{4,44f N_2 S_{Fe}}.$$

19.2. Naměřené a vypočtené hodnoty

- Parametry vzorku

- Počet závitů magnetizačního vnutí $N_1 = 100$
- Počet závitů snímacího vnutí $N_2 = 100$
- Rozměry: $D_1 = 70 \text{ mm}$, $D_2 = 40 \text{ mm}$, $v = 20 \text{ mm}$
- Průřez vzorku S_{Fe}

$$S_{Fe} = \frac{1}{2}(D_1 - D_2)v = \frac{1}{2} \cdot 0,03 \cdot 0,02 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Stanovení magnetických parametrů hysterezní smyčky pro indukci $B = 1,1 \text{ T}$
 - Kmitočet $f = 50 \text{ Hz}$

– Napětí U_2

$$U_2 = 4,44fN_2S_{Fe}B_m = 4,44 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 7,326 \text{ V}$$

– Indukce $B_m = 1,1 \text{ T}$ se na obrazovce osciloskopu zobrazila jako $U_{B_m} = 181,9 \text{ mV}$.

– Remanence pro $U_{B_r} = 161,2 \text{ mV}$

$$B_r = \frac{U_{B_r}}{U_{B_m}} B_m = \frac{161,2}{181,9} 1,105 = 0,97 \text{ T}$$

– Maximální intenzita $I_{H_m} = 112,3 \text{ mA}$ (na osciloskopu zobrazeno jako úbytek napětí na odporu $R_N = 1 \Omega$)

$$H_m = \frac{N_1 2 I_{H_m}}{\pi(D_1 + D_2)} = \frac{100 \cdot 2 \cdot 112,3 \cdot 10^{-3}}{\pi(0,07 + 0,04)} = 64,99 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$$

– Koercivita $I_{H_c} = 45,75 \text{ mA}$

$$H_c = \frac{I_{H_c}}{I_{H_m}} H_m = \frac{45,75}{112,3} 64,99 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} = 27,47 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$$

19.2.1. Tabulka hodnot

B_m [T]	U_2 [V]	I_{PP} [mA]	H_m [A · m ⁻¹]	μ_a [-]
0,10	0,663	40,6	11,75	6739,57
0,50	3,334	80,0	23,15	17208,15
0,70	4,658	98,8	28,58	19476,95
0,80	5,320	111,9	32,38	19630,89
0,90	5,996	131,9	38,17	18770,48
1,00	6,660	162,5	47,02	16923,08
1,10	7,317	212,5	61,49	14217,81

19.2.2. Příklad výpočtu pro $B_m = 1,10 \text{ T}$

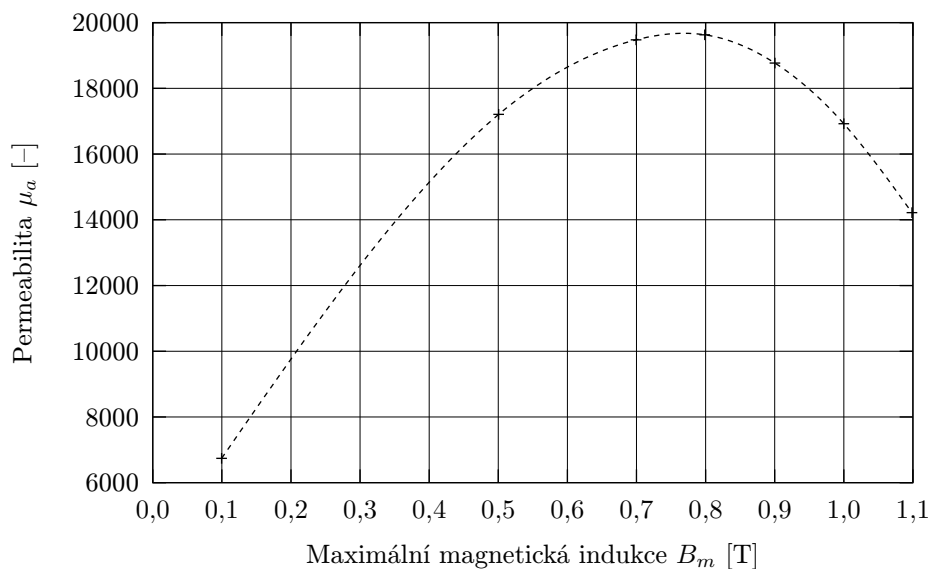
- Maximální intenzita H_m

$$H_m = \frac{N_1 I_{PP}}{\pi(D_1 + D_2)} = \frac{100 \cdot 212,5 \cdot 10^{-3}}{\pi(0,07 + 0,04)} = 61,49 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$$

- Permeabilita μ_a

$$\mu_a = \frac{B_m}{\mu_0 H_m} = \frac{1,10}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 61,49} = 14217,81$$

19.3. Závislost permeability na mag. indukci



19.4. Závěr

Závislost permeability μ_a vzorku na maximální velikosti magnetické indukce B_m ukazuje, že průběh je nelineární s maximem mezi 0,7 a 0,8 T.

Pro zobrazení dynamické hysterezní smyčky byla v integračním RC článku nejlepší volba rezistor o velikosti $R = 120 \text{ k}\Omega$. Pro menší odpor $R = 40 \text{ k}\Omega$ je příliš malá časová konstanta a není splněna podmínka $\omega RC \gg 1$ a smyčka se zobrazí deformovaně. Při použití většího odporu $R = 350 \text{ k}\Omega$ byla amplituda výstupního napětí příliš malá pro kvalitní zobrazení na osciloskopu.