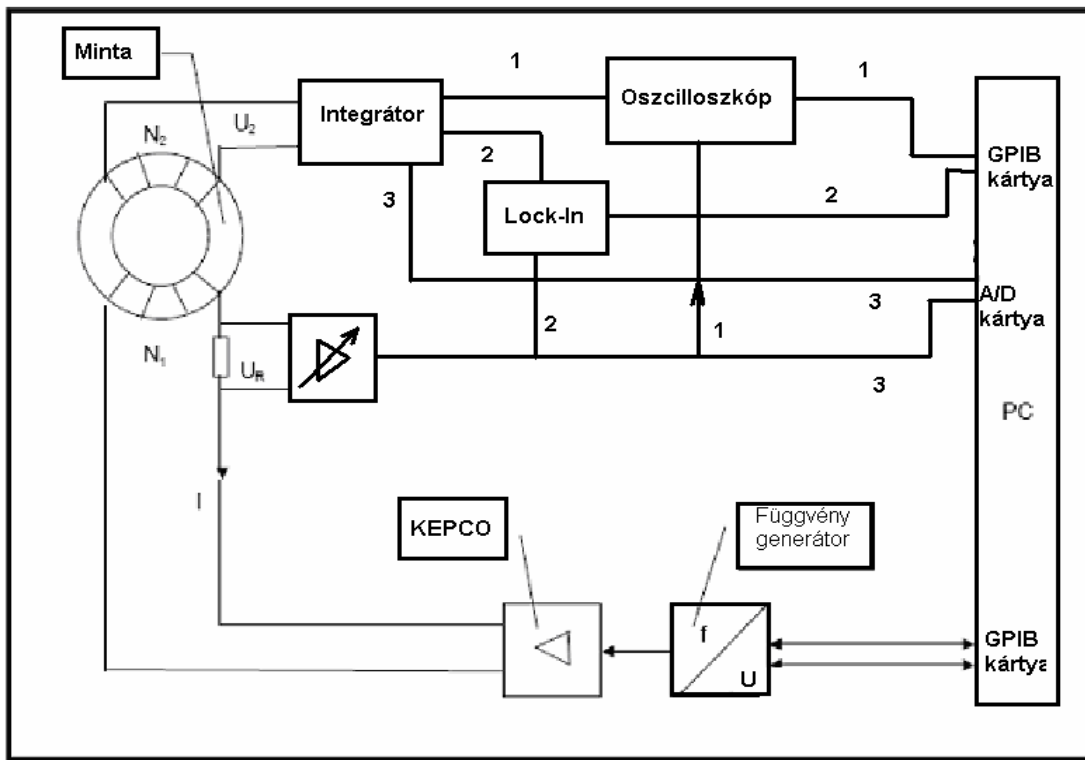


Nanokristályos lágymágneses vasmagok minősítése

1. Kvázi DC hiszterézis görbe felvétele

A berendezést főleg extrém lágymágneses anyagokból ($H_c < 1 \text{ A/m}$) készült toroid minták tesztelésére fejlesztettük ki, de az 50 A-es Kepco tápegység lehetővé teszi félkemény ($H_c < 10 \text{ kA/m}$) anyagok hiszterézis görbéjének a felvételét is. A berendezés sematikus ábrája az 1. ábrán látható.



1. ábra

Toroid alakú minta esetén néhány menet gerjesztő és jelfogó tekercsokat használunk. Extrém lágymágneses anyagból készült toroid esetén elegendő egy menet gerjesztő tekercsként, ami lényegében a toroid közepén átmenő egyenes vezető.

A berendezés „hardware” részének a leírása

A gerjesztő teret előállító áramot egy mérőellenállással U_H/R feszültségmérésre vezetjük vissza. Toroid minta esetén a gerjesztő teret az (1) képlettel számoljuk ki:

$$H = \frac{N_1 \cdot I}{l} = \frac{N_1}{l \cdot R} \cdot U_H \quad [A/m] \quad (1)$$

A toroid átlaghosszát a (2)-es képlettel a valódi keresztmetszetét a (3)-as képlettel számoljuk ki:

$$l = \frac{d_i + d_o}{2} \pi \quad [m] \quad (2)$$

$$S = \frac{m}{l \rho} \quad [m^2] \quad (3)$$

Az indukált feszültséget, U_i , a (4) képlet adja meg a vasmag S keresztmetszete valamint az f mérőfrekvencia és az N_2 mérőtekerces menetszám függvényében:

$$U_i = -N_2 \cdot S \cdot f \cdot \frac{dB}{dt} \quad [V] \quad (4)$$

Ezt az indukált feszültséget integrálja fel a Walker integrátor és megkapjuk a mérendő mágneses B indukciót:

$$B(t) = \frac{1}{N_2 \cdot S \cdot f} \int U_i(t) dt \quad [T] \quad (4)$$

Esetünkben $N_1 = 1$ és $N_2 = 10-100$ között van. Minél nagyobb az N_2 , annál jobb, mert csökkenti az integrator driftjét.

A gerjesztő jelforma létrehozására több lehetőségünk van:

1. A Kepko teljesítménygenerátor beépített jelgenerátora. Ez csak korlátozott számú és alakú gerjesztő jelalak előállítását teszi lehetővé.
2. Az Agilent függvénygenerátor nagy szabadságot ad különböző meglévő jelformák illetve megtervezhető jelformák előállítására. Számítógéppel tervezett gerjesztő jelalakot szintén az Agilent jelgenerátoron keresztül (mint DA konverter működik) juttatjuk el a Kepko tápegységhez.

A berendezés software részének a leírása:

A megvásárolt eszközök különböző felbontású és különböző frekvenciájú mintavételezést tesznek lehetővé:

1. A lock-in felbontása a legjobb: 1 mV-os a felbontás -10 és +10 V között, a mintavételi frekvencia 28 kHz, tehát két mintavétel között minimálisan 35 μ sec telik el (maximálisan 0,1 sec). Egyszerre 32 000 pontot tud felvenni maximálisan.

2. Az oszcilloszkóp érzékenysége 20 mV/256, de egy mérés során csak 1000 adatot tud eltárolni. A mintavételi sebesség 1 MHz, tehát jobb mint a másik két eszköz.

3. Az Kepko tápegységhez vásárolt AD kártya érzékenysége: 2.5 V/4096, mintavételi frekvencia 150 kHz.

Lényegében tehát 3 AD konverter van (1. ábrán az 1, 2, 3 lehetséges mérési összeállítások), amiket különböző feladatokra tudunk optimalizálni. Nagyon alacsony frekvenciás hiszterézis görbe felvételeknél, nagyon kis Hc méréseknél a lock-in AD konvertere a legmegfelelőbb, míg magas frekvenciás méréseknél az oszcilloszkóp AD konverterét használják.

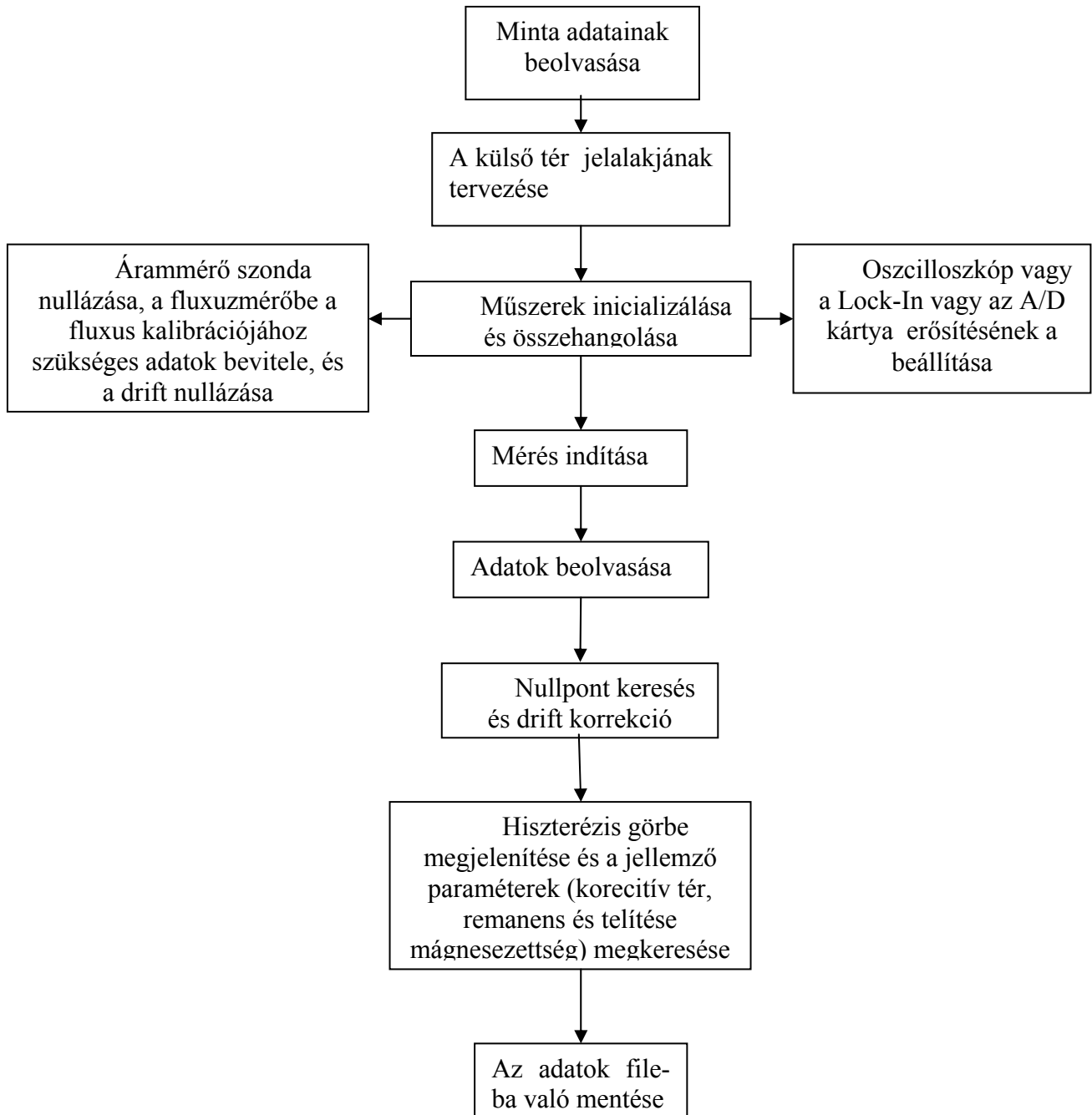
Ennek megfelelően 3 különböző programot írtunk a hiszterézis görbe felvételére a 3 különböző AD konvertert tartalmazó eszköz felhasználásával, mivel a különböző konverterek utasítás rendszere és működési elve eltér egymástól. Ezeket a programokat DELPHY nyelven készítettük, pontosításuk és felhasználó barátibb finomításuk folyamatban van.

Mindhárom program a következő fő részekből áll:

- I. Gerjesztés
- II. Fluxus mérés
- III. Hiszterézis görbe felvétel

A mérőműszerek a hőmérséklet ingadozásra nagyon érzékenyek, ezért a mérés folyamán lehetőleg állandó hőmérsékletet kell biztosítanunk. A körben lévő termofeszültségek, az erősítő zaja, stb., a mérendő jel csúszását (driftjét) okozzák, amit a grafikon felvétele után szoftveresen korrigálunk

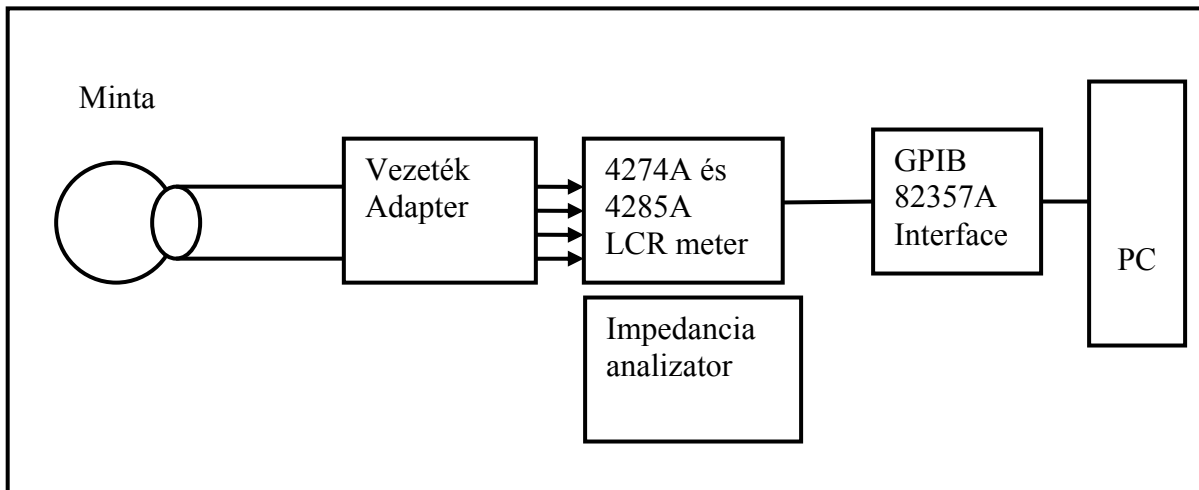
A 2. ábrán bemutatjuk a 3 program közös folyamatábráját.



2. Ábra: A mérőprogram folyamatábrája

3. A permeabilitás frekvencia függvényének mérésére szolgáló elrendezés

A berendezés sematikus ábrája a 3. ábrán látható:



3. ábra

Az impedancia analizátorok (Hewlett-Packard 4274A és Agilent 4285A) lényegében a sorosan csatolt egyenértékű L indukciót és R ellenállást adják meg.

$$L = \mu_0 \cdot \mu' \cdot \frac{S \cdot N^2}{l} \quad (\text{H})$$

$$\mu'' = \mu' \cdot \frac{R}{L \cdot \omega}$$

ahol

L: indukció (H-ben), R az ellenállás (Ω -ban)

μ_0 : vákum permeabilitás = $4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am

μ' : mágneses permeabilitás valós része

S: vasmag keresztmetszete (m^2 -ben)

N: menetszám

l: toroid magon belül a mágneses úthossz (m-ben)

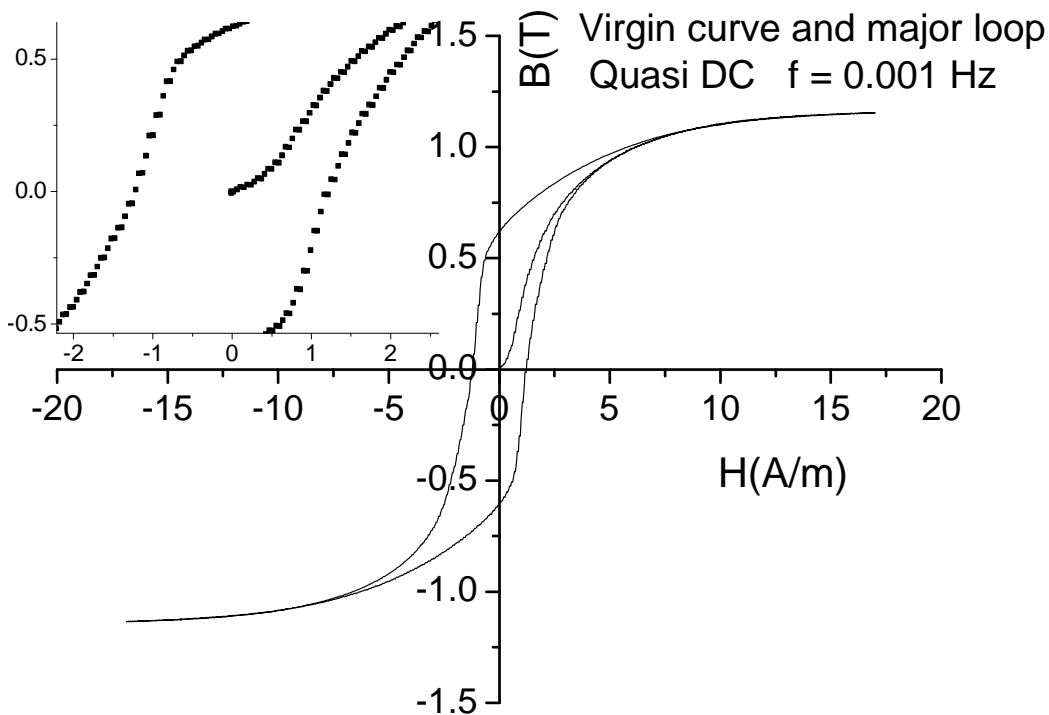
ω : körfrekvencia

A kapott adatokból meghatározzuk a mag u.n. jósági tényezőjét, Q , a frekvencia függvényében:

$$Q = \frac{\mu'}{\mu''} = \frac{\omega L}{R}$$

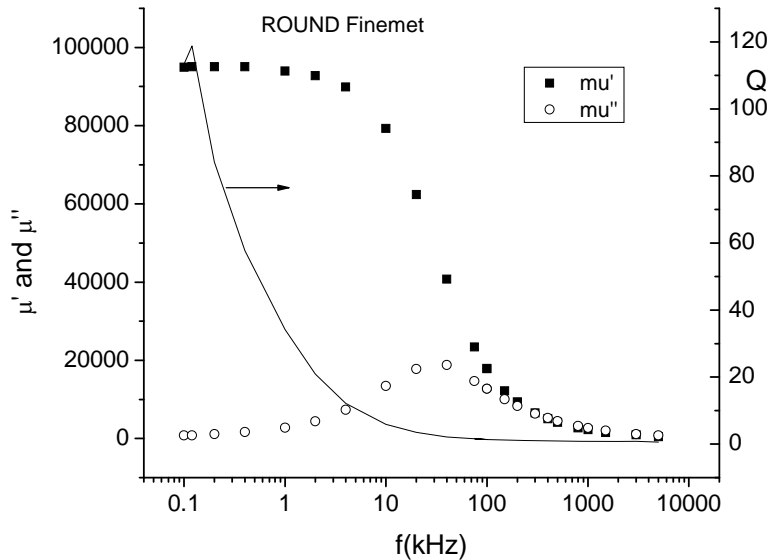
Néhány kísérleti eredmény:

A kvázi DC hiszterézis görbe és a lemágnesezés után felvett u.n. szűzgörbe látható a 4-es ábrán az ultralág Finemet nanokristályos anyagra, amit 540 °C-on egy órán át nanokristályosítottunk és így a ROUND típusú (nem lefektetett, nem negyszögös) görbét kaptuk.



4. ábra. A ROUND típusú hiszterézis görbe egyszerűen hőkezelt Finemet anyagra (540 °C/1h). A betét ábrán látható a mérés kiváló felbontása.

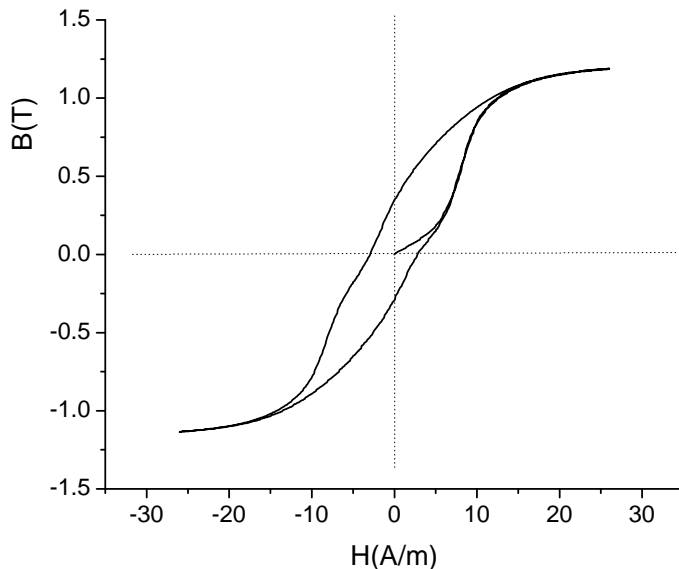
Ugyanennek az anyagnak a permeabilitás spektruma az 5-os ábrán látható:



5. ábra. Az egyszerűen hőkezelt Finemet (540oC/1h) frekvencia spektruma és a jósági tényező frekvenciafüggése.

A határfrekvencia ~ 40 kHz, amit a permeabilitás képzetes részének a maximumából olvashatunk le. A jósági tényező már 10 kHz fölött egységnyi nagyságúra csökken.

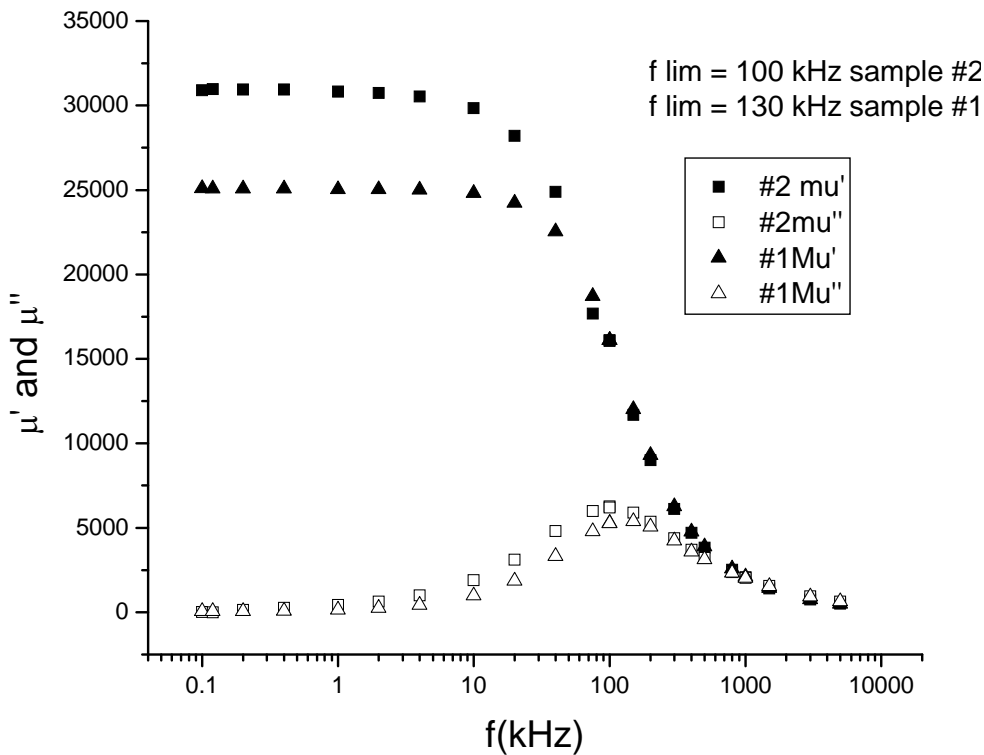
Részlegesen tranzverzális anizotrópiával rendelkező vasmag hiszterézis görbéje kis tereknél ellaposodik de nagyobb tereknél a görbe alakja az indukált anizotrópia mentes (ROUND típusú görbe) görbére emlékeztet (6 ábra). Ez az u.n „darázsderék” (WASP) alakú görbe.



6. ábra. Részlegesen tranzverzális indukált anizotrópiával rendelkező vasmag kvázi DC hiszterézis görbéje.

Ugyanennek a mintának a permeabilitás spektruma a 7-es ábrán látható.

Kis gerjesztéseknél, ami a permeabilitás mérésre jellemző, a „darázsderek” hatásos módon lecsökkenti a sztatikus permeabilitást és kiterjeszti a frekvenciahatárt. A részlegesen indukált anizotrópia viszont a minták szórását eredményezi, ami látszik a #1 és #2 minták adatain.



7. ábra. A részleges tranzverzális indukált anizotrópiával rendelkező vasmag permeabilitás spektruma.