

**Yer magnit maydonini aylanuvchi
induksion g'altak yordamida o'lchash**

Tajribaning maqsadlari

- Er magnit maydonining komponentlarini aniqlash.
- Er magnit maydonining og'ish burchagini aniqlash.

Asosiy ma'lumotlar

O'ramlar soni N ta, yuzasi $A = \pi R^2$ bo'lgan aylanma induksion g'altak aylanish o'qining diametridan otuvchi o'q atrofida o'zgarmas ω burchak tezlik bilan bir jinsli B magnit maydonida aylansa uni kesib o'tuvchi magnit oqimi

$$\Phi = \pi R^2 \cdot N \cdot B \cdot \cos(\omega t) \quad (1)$$

Bu yerda ω – burchak tezlik, R – induksion g'ltakning radiusi, N - induksion g'ltakning o'ramlar soni. (1) tenglamada aylanish o'qi B magnit maydoniga perpendikulyar yonalgan.

B magnit maydonini induksiylanayotgan kuchlanish U ning amplitude qiymatidan aniqlash mumkin

$$U = -\frac{d\Phi}{dt} = \pi R^2 \cdot N \cdot B \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) \quad (2)$$

$T = 2\pi/\omega$ aylanish davrida foydalanib, induksiyalangan kuchlanishning maksimal qiymati uchun quyidagini hosil qilamiz

$$U = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot N \cdot R^2}{T} \cdot B = a \cdot B \quad (3)$$

$$a = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot N \cdot R^2}{T} \quad (4)$$

Induksion g'altakning z – yo'nalish atrofida aylanish uchun Dekart koordinatalar sistemasida (1 – rasm) kuchlanish amplitudasi

$$U_z = a \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad (5)$$

Induksion kuchlanish urning quyidagi magnit maydonida induksiylanadi

$$B = \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} \quad (6)$$

Simmetriya tufayli x - yoki y – yo'nalishlar uchun quyidagilar o'rinli bo'ladi

$$U_x = a \sqrt{B_y^2 + B_z^2} \quad (7)$$

$$U_y = a \sqrt{B_z^2 + B_x^2} \quad (8)$$

Er magnit maydonining komponentalari (5), (7) va (8) tenglamalar sistemasini yechish orqali hisoblanishi mumkin

$$B_x = \sqrt{\frac{-U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}{2a^2}} \quad (9)$$

$$B_y = \sqrt{\frac{U_x^2 - U_y^2 + U_z^2}{2a^2}} \quad (10)$$

$$B_z = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2 - U_z^2}{2a^2}} \quad (11)$$

Xususiyl holda er magnit maydonining umumiy qiymati

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}{2a^2}} \quad (12)$$

Er magnit maydonining qiyalik burchagi ϑ quyidagi tenglamadan topilishi mumkin

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{B_z}{\sqrt{B_x^2 + B_y^2}} = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}{2U_z^2}} \quad (13)$$

Bu formula matematik jihatdan to'g'ri, ammo o'lchash noaniqligi tufayli kvadrat ildizning argument ekvatorga yaqin joylardagi tajribalar uchun manfiy bo'lishi mumkin. Masalaning echimi uchun qo'llanmaning oxiriga qarang. Bu tajribada induksion g'altakning aylanish o'qi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasining x-, y- va z- yo'nalishlari bo'yicha o'rnatiladi. Har bir holda induksiyalangan kuchlanish amplitudasi vaqtning funksiyasi sifatida CASSY bilan o'lchanadi. O'lshangan signallardan amplituda va chastota ering magnit maydon kuchlanganligi va og'ish burchagini aniqlash uchun foydalaniladi.

Apparatura

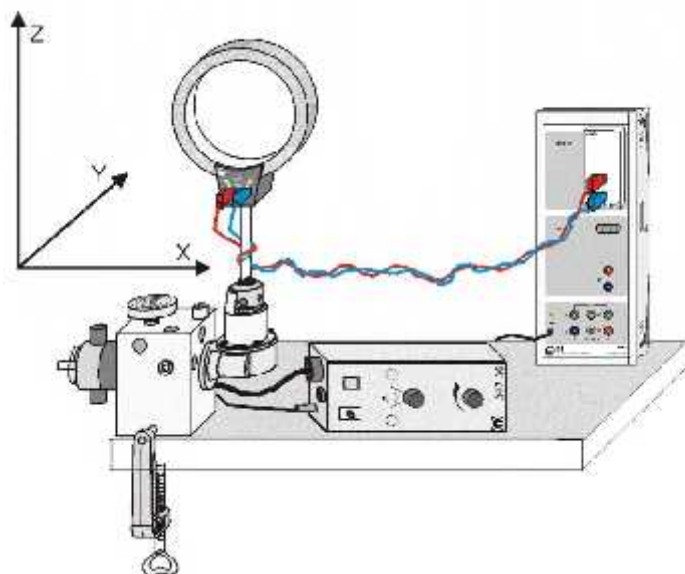
- 1 Juft Gelmgolts g'altaklari 555 604
- 1 Sensor CASSY 524 010USB
- 1 Mikrovoltmetr.....524 040
- 1 CASSY Lab.....524 200
- 1 Ulash kabeli Ø 2,5 mm², 200 cm, qizil 501 35
- 1 Ulash kabeli Ø 2,5 mm², 200 cm, ko'k... 501 36

Qo'shimcha recomendatsiya:

- 1 Experimental motor 347 35
- 1 Experimental motor uchun kotroller 347 36

Qo'shimcha talablar

- 1 PC, Windows 2000/XP/Vista



1-rasm. Eksperimental motor bilan o'lchanadigan eksperimental qurilmaning sxemaviy korinishi

Tajriba qurilmasi.

-Tajriba motorini ctol ustining burchagiga 1-rasmda ko'rsatilgandek qo'yingki, uning x- , y- va z- yo'nalishlarda buralishi mumkin bo'lsin.

-mikrovoltmetrni va induksion g'altakni bir-biriga ulash uchun 2 m uzunlikdagi aylanma ulash kabelidan foydalaning.

Tajribalarni o'tkazish

Tajribani motor yordamida o'tkazish

CASSY misollar faylidan "Earth magnetic field" ni ishga tushiring. Eslatma: By fayl CASSY misollar faylida saqlanmagan. U kompyuter "Hard disk" idan funksional knopka F3 ni bosish bilan ishga tushirilishi lozim.

-Misollar faylidagi berilganlarni funksional knopka F4 ni bosish bilan tozalang.

-Tajriba motorining tezligini 0 ga o'rnatish.

-Motorni ehtiyotkorlik bilan qo'shing va uning tezligini taqriban sekundiga 0.3 aylanishgacha oshiring.

-Aylanma ulash kabelini qo'l bilan shunday yo'naltiringki, ular tajriba motori bilan o'rab olinsin. O'tkazgich halqa aylanayotganida u tugunlarda ushlab qolinmasligiga amin bo'ling.

-Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida o'lchashni F9 funksional knopkani bosish yordamida boshlang.

-Eslatma: O'lchash 20 sekunddan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi. O'lchash parametrlarining detallari uchun ... knopkasini bosish va "measuring parametr" menyusidan ularni ko'ring.

-O'lchashlar tugagandan keyin motorning o'chirilganligiga ishonch hosil qiling. Tajriba motorini teskariga aylanitirish va uni qulay fursatda to'xtatish.

-Aylanish o'qini x – yo'nalishga o'zgartirish va o'lchashlarni dastlabki burchak tezlik bilan takrorlang.

-Va nihoyat induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida aylanish o'qining y – yo'nalishi uchun tajriba motorini 90° ga buqirish.

-Induksion g'altakning d diametrini o'lchang.

Tajriba motorisiz o'lchashlarni bajarish.

-CASSY misollar faylidan "Earth magnetic field" ni ishga tushiring. Eslatma: By fayl CASSY misollar faylida saqlanmagan. U kompyuter "Hard disk" idan funksional knopka F3 ni bosish bilan ishga tushirilishi lozim.

-Misollar faylidagi berilganlarni funksional knopka F4 ni bosish bilan tozalang.

-Tajriba motorining tezligini 0 ga o'rnatish.

-Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida o'lchashni F9 funksional knopkani bosish yordamida boshlang.

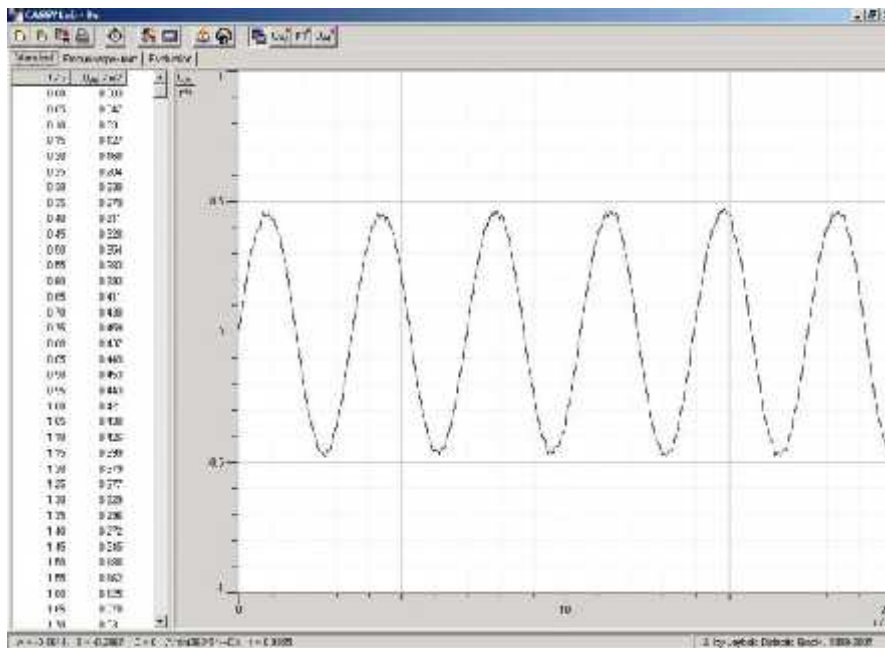
-Induksion g'altakni z o'qi atrofida qo'l bilan aylantiring.

-Eslatma: O'lchash 20 sekunddan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi. O'lchash parametrlarining detallari uchun ... knopkasini bosish va "measuring parametr" menyusidan ularni ko'ring.

-O'lchashlarni y - va x - o'qlar atrofida aylantirishlar uchun takrorlang.

O'lchash misollari

Misol sifatida, x- o'qi atrofida aylantirishlar uchun kuchlanish grafiga 2-rasmda keltirilgan. y- va z- o'qlar atrofida aylantirishlar uchun tajriba natijalari 5-rasm va 6-rasmlarda ko'rsatilgan.



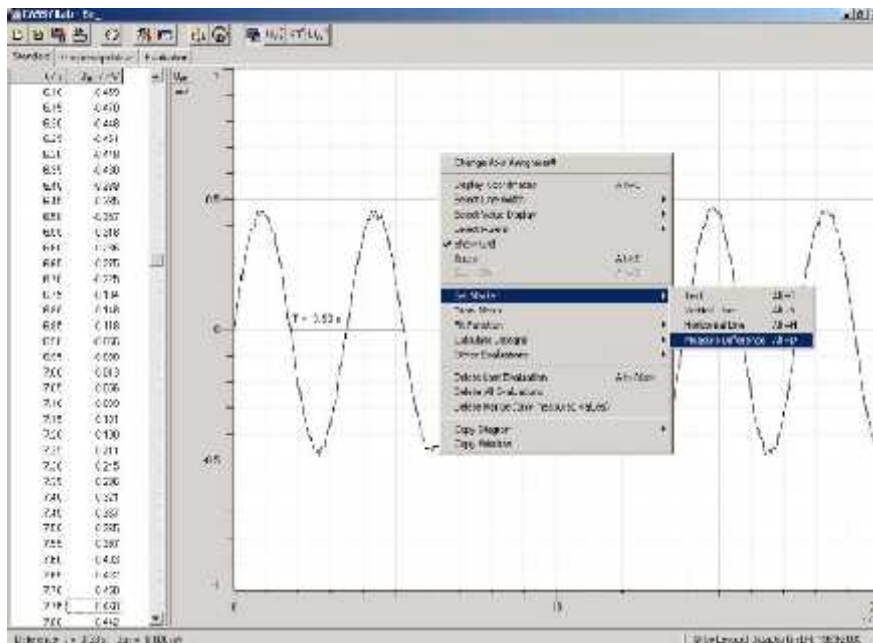
2-rasm. U_x induksiyalangan kuchlanish vaqtning funksiyasi sifatida (z-yo'nalish=aylanish o'qi)

Hisoblash va natijalar

Er magnit maydonining komponentlarini aniqlash uchun amplituda va chastota aniqlanishi lozim. Chastotani aniqlashning bir necha yo'llari mavjud.

Metod 1

- Display ustida sichqonchani o'ng knopkasini bosing va "Set Marker/ Measure Difference" ni tanlang. (3 - rasm)
- e.g. ni nol kuchlanish holati ustiga bosing va buni T davrdan keying holat ustiga bosing.

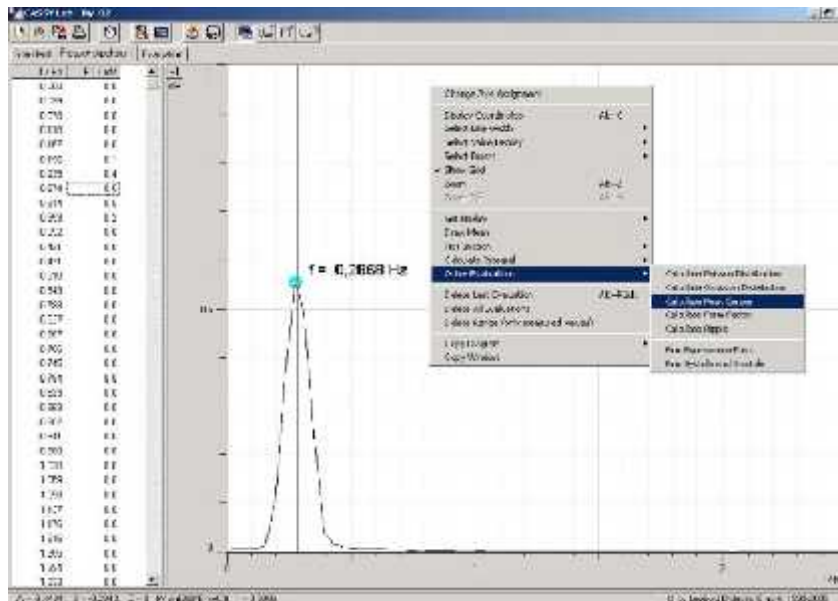


- Alt T sizga asosiy chiziqning natijasini displayda ko'rishga imkon beradi. (3 - rasm)

3-rasm. Chastotani aniqlash (Metod 1). (4) va (5) rasmlarni taqqoslang

Metod 2

- Jadvalda "Frequency Spectrum" ustiga bosing.
- Display ustida sichqonchani o'ng knopkasini bosing va "Other Evaluations" / "Calculate Peak Center" ni tanlang.
- Tajriba natijalari ustida sichqonchani surib maksimumni belgilang.
- Alt -T sizga asosiy chiziqning natijasini displayda ko'rishga imkon beradi.(4-rasm)



4-rasm. Chastotani aniqlash (metod 1). 3-rasm va 5-rasmni taqqoslang.

Er magnit maydonning komponentlarini aniqlash uchun amplitudani aniqlash lozim. Induksiyalangan kuchlanish amplitudasini aniqlash uchun ikki yo'l mavjud.

Metod 1

- Display ustida sichqonchani o'ng knopkasini bosib va "Set Marker/ Measure Difference" ni tanlang. (3 - rasm)
- Sichqonchani nol kuchlanish holati ustiga bosib va buni maksimum kuchlanish ustida takrorlang.
- Alt- T sizga asosiy chiziqning natijasini displayda ko'rishga imkon beradi.

Metod 2

Bu metodda chastotani va amplitudani aniqlash uchun “Fitting tool” dan foydalaniladi.

- Sichqonchani o'ng knopkasini display ustida bosib "Fitting tool" ni displeyga chiqaring va "Fit function"/"Free Fit" ni tanlang yoki Alt F ni bosing.

- Dastlab mos keluvchi funksiyani tanlang – bu erda

$$f(x,A,B,C,D)=A*\sin(360*B*x+C)$$

- Mos keluvchi parameter uchun kerakli baholash qiymatlarini kiriting (boshlang'ich qiymatlar) (6-rasm)

$A = U_0 = 1 \text{ V}$ (amplituda, diagrammaning y – o'qidan yozib oling)

$B = 0.3$ Gerts (Chastota , 2 Gerts lar atrofida)

$C = 0$ (faza siljishi, o'lchash sharoitida o ga teng)

$D = 0$ (qo'shimcha parameter , foydalanilmaydi)

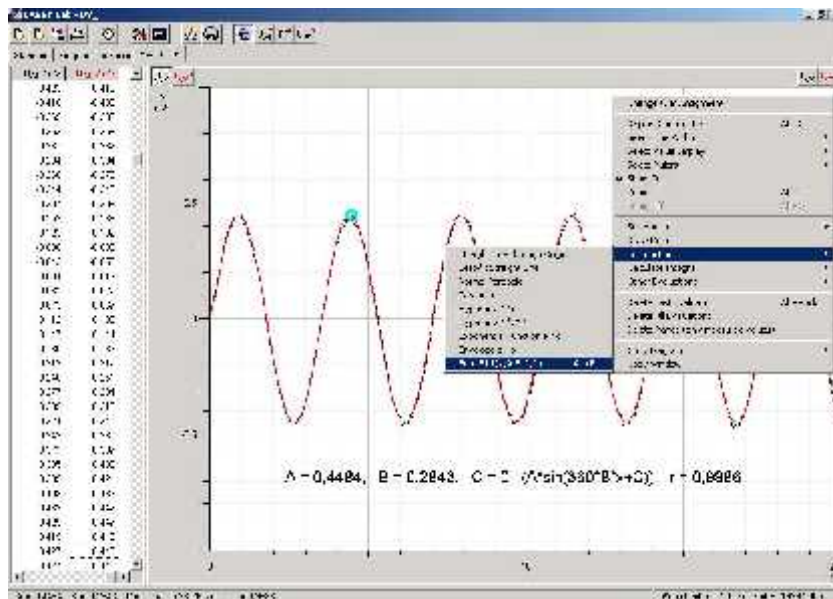
-“Display result automatically as a new channel” ni tanlang.

-“Continue with Range Marking” knopkasi bilan davom ettiring.

-Alt T sizga natijalarni displeyda ko'rishga imkon beradi.

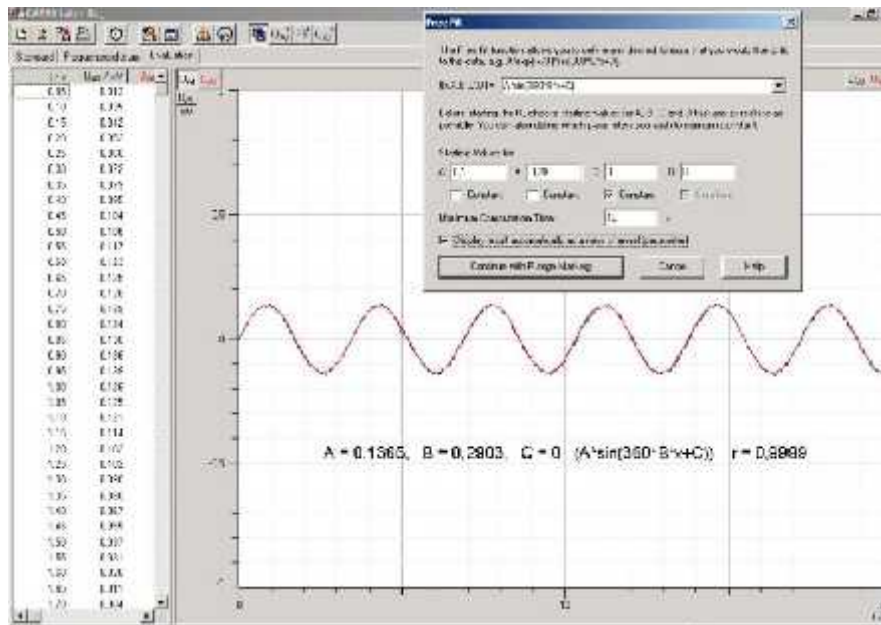
Eslatma

Mos keluvchi algoritim yaxshi baholash qiymatlarini talab qiladi. Bu tanlangan model uchun, ya'ni 14 – tenglama uchun, chastotaning boshlang'ich qiymati tajribaviy qiymatlarga yaqin qilib tanlanishi lozim.



5-rasm. Induksiyalangan kuchlanish U_x (qora chiziq) vaqtning funksiyasi sifatida. (y-yo'nalish = aylanish o'qi). Qizil chiziq kuchlanish grafigining pastidagi parametrlarga mos keladi. Eslatma: Chaqirish qurollini sichqonchani o'ng knopkasini displeyga bosib va “Fit Function”/ “Free Fit” larni tanlash bilan displeyga chiqarish mumkin

5-rasm va 6-rasm larda kuchlanishning o'lchangan qiymatlari ko'rsatilgan. O'lchash xatoliklari chegarasida qiymatlar sinusoidal korinishga ega. CASSY Lab ning boshqa hisoblash natijalari uchun qo'shimcha ma'lumotlarga qarang.



6-rasm. Induksiyalangan kuchlanish U_z (qora chiziq) vaqtning funktsiyasi sifatida. (z-yo'nalish = aylanish o'qi). Qizil chiziq kuchlanish grafigining pastidagi parametrlarga mos keladi. Eslatma: Chaqirish qurollini “Alt – F” ni bosish bilan displeyga chiqarish mumkin

Aylanishning uchta xar xil o'qlari uchun natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval. 14 – tenglamani tajribaviy natijalar uchun qo'llash bilan olngan induksion kuchlanish komponentlari. Davr o'qlar aylanishining o'rtacha qiymatiga to'g'ri keladi.

U_x	U_y	U_z	T_s
mV	mV	mV	
0.47	0.45	0.13	3.51

Induktiv g'altakning $d = 13.5 \text{ sm}$ va $N = 320$ parametrlari bilan er magnit maydoni kuchlanganligi (4) va (12) tenglamalardan foydalanib aniqlanishi mumkin

$$B = \sqrt{\frac{0.47^2 + 0.45^2 + 0.13^2}{2 \cdot 8.2^2}} = 73.9 \mu T$$

(13) tenglamadan foydalanib og'ish burchagi aniqlanadi

$$tg \vartheta = \sqrt{\frac{0.47^2 + 0.45^2 + 0.13^2}{2 \cdot 0.13^2}} = 3.48 \quad \text{bundan} \quad \vartheta = 73^\circ$$

Olingan bu natija og'ish konturidan (54102) foydalanib oson tekshirilishi mumkin. Og'ish konturidan foydalanib topilgan qiymat $\vartheta = 70^0$

Qoshimcha ma'lumotlar

Tajribadagi asosiy xatolik o'tkazgich halqa yaqinida joylashgan magnitlangan po'lat jismlar sababli magnit maydonining buzilishidan hosil bo'ladi. Yuqori o'lchash aniqligiga erishish uchun g'altakning parametrlari imkoni boricha katta qilib tanlab olinishi zarur.

Er magnit maydonining og'ishi bo'lmaganda (magnit ekvatorida) er magnit maydonining qiymati $31.2 \mu\text{T}$ ga teng va magnit qutblarida 2 marta kattaroq bo'ladi.

Ekvatorga yaqin joyda tajribani bajarishda muammo tug'iladi. Ekvatorida magnit maydonining qiyalik burchagi 0 ga yaqin va xuddi shu holda B_z ham nolga yaqin bo'ladi. (11) va (13) tenglamalar katta sonlarni ayiradi va nazariyada kichik musbat sonlarni hosil qiladi. Bu kichik farq kichik o'lchash xatoliklari tufayli ham (po'lat bo'lagi) manfiy bo'lib qolishi mumkin va (11) va (13) tenglamalardagi kvadrat ildiz echimga ega bo'lmaydi.

Ekvatorga yaqin joylarda og'ish burchagi uchun natijalar olish uchun B_z to'g'ridan – to'g'ri o'lchanishi kerak. (7) tenglamadan foydalanib biz gorizontal aylanish o'qi bo'yicha tajriba o'tkazamiz va $B_z = 0$ ga aylanish o'qini shimol janubga to'g'rilab erishamiz. Bu esa kuchlanishning minimumini izlash bilan bajarilishi mumkin. Keyin B_z ning qiymati (7) tenglamadan hisoblanadi va (13) tenglamaning o'ta qismiga qo'yiladi. Bu tajribada biz B_z ning qiymatini uning ishorasisiz o'lchaymiz, chunki ekvatorning janubida (11) va (13) tenglamalar kvadrat funksiyaning manfiy natijalaridan foydalanish lozim.