

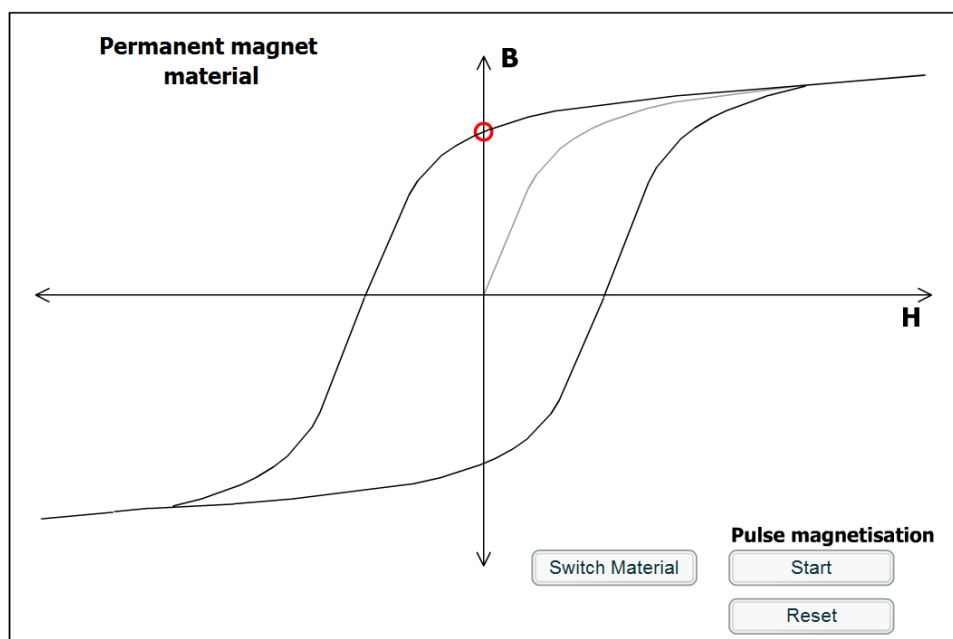
2. ПОСМАТРАЊЕ КРИВЕ ХИСТЕРЕЗИСНОГ ЦИКЛУСА И ИЗРАДА КРИВЕ МАГНЕЋЕЊА МАГНЕТНОГ КОЛА

2.1 ТЕОРИЈСКИ ДЕО

За један феромагнетни материјал значајно је познавати његову криву магнећења. Важно је знати да крива магнећења није једнозначно одређена, већ зависи од тога да ли је феромагнетни материјал пре тога био намагнетисан или не тј. потребно је познавати хистерезисну петљу (хистерезис – закашњавање) која се добија ако се магнетно коло побуђује наизменичном струјом. У зависности од облика ове петље феромагнетни материјали се деле на тврде и меке.

Уска хистерезисна петља, са малом коерцитивном силом, карактерише магнетно меке материјале. Употребљава се за језгра електромагнета, трансформатора и магнетних кола електричних машина. Такви материјали су често гвожђе, трансформаторски и динамо лимови (легури гвожђа и силицијума), пермалој (легура гвожђа и никла) и др.

Магнетни материјали са широком и стрмом хистерезисном петљом представљају магнетно тврде материјале. Они се одликују великом коерцитивном силом и великом реманентном индукцијом, услед чега су погодни за израду сталних магнета. Такви материјали су челици легирани хромом, волфрамом или кобалтом. У последње време доста се користе челици легирани никлом и алуминијумом алнико – магнети, тврди ферити и легури кобалта са самаријумом (Co_5Sm).



Слика 2.1: Анлет - [histerezisna petlja mekih i tvrdih feromagnetnih materijala.swf](#)

СИМУЛАЦИОНА ВЕЖБА

Опис VI-a

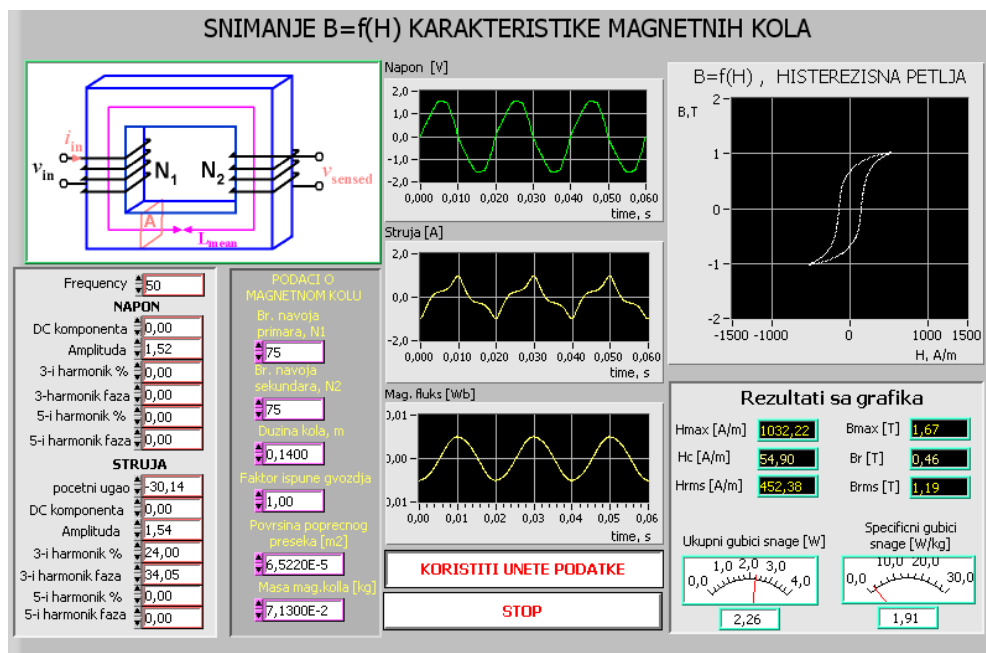
Инструмент се састоји од два дела, први део исцртава ВН карактеристику магнетног кола на основу података који се налазе у текстуалном фајлу, а други део исцртава ВН карактеристику на основу података које корисник подешава преко *numeric kontrola*. Оба дела инструмента симулирају карактеристику магнећења на основу напона и струје магнећења. Подаци који се налазе у текстуалном фајлу су подаци који су снимљени у огледу за снимање хистерезиса. Уз одређену преправку овог инструмента (блок дијаграма) снимање хистерезиса је могуће директно доводећи сигнале са реалног кола.

Други део инструмента симулира ВН криву на основу следећих параметара кола које корисник инструмента бира а то су:

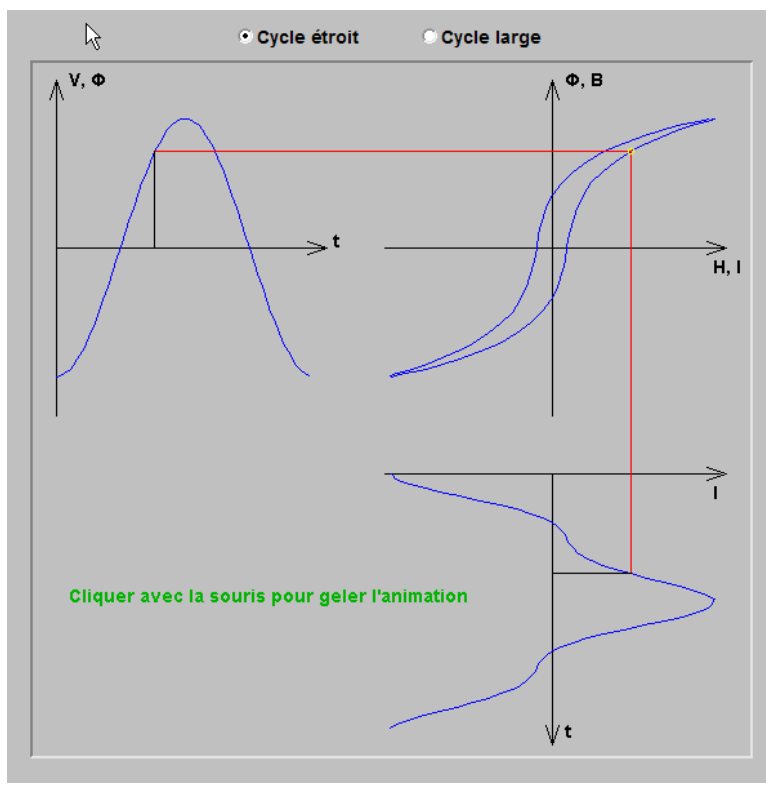
1. за магнетно коло: број навојака примара и секундара (N_1, N_2),
2. дужина магнетног кола,
3. површина попречног пресека,
4. маса магнетног кола,
5. фактор испуне гвожђа,
6. параметри напона: амплитуда, фреквенција, присуство једносмерне компоненте, проценат постојања трећег и петог хармоника и њихов фазни став
7. параметри струје магнећења: амплитуда, присуство једносмерне компоненте, проценат постојања трећег и петог хармоника и њихов фазни став.

За праћење промена користе се: дијаграм напона, дијаграм струје магнећења, дијаграм магнетног флукса и дијаграм $B=f(H)$. Поред дијаграма дају се и вредности са графика $B=f(H)$ а то су: Максимална вредност магнетне индукције B_{\max} , максимална јачина магнетног поља H_{\max} , реманентна индукција B_r , вредност коерцитивног поља H_c , укупни губици у магнетном колу и специфични губици снаге.

Ови подаци се исписују у *numeric* индикаторима.



Слика 2.2: Предњи панел програма *BH.vi*

Слика 2.3: [Anlem - cyclehys.html](http://Anlem-cyclehys.html)

2.2 ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

Задатак вежбе:

а) Пресликати на милиметарски папир хистерезисну петљу која се добија при напону 250V.

б) Нацртати основну криву магнећења снимањем положаја повратних тачака хистерезисног циклуса за напоне 220V, 200V, 150V, 100V и 50V. Помоћу хистерезисне петље за 250V конструисати очекивани облик струје магнећења.

в) Уочити шта се дешава са хистерезисном петљом када се у коло дода извор једносмерног напона E (исто урадити када се промени поларитет E).

г) Знајући коефицијенте K_1 и K_2 скицирати криву магнећења $B [T]=f(H [A/m])$

Параметри магнетног кола:

- | | |
|---------------------------------|--|
| - број намотаја примара | $N_1 = 352$ |
| - број намотаја секундара | $N_2 = 24$ |
| - дужина једног намотаја | $l = 0,5 \text{ m}$ |
| - средња дужина магнетног кола | $l_{\text{Fe}} = 0,6 \text{ m}$ |
| - попречни пресек МК | $S_{\text{Fe}} = 23,75 \text{ cm}^2$ |
| - попречни пресек бакарне жице | $S_{\text{Cu}} = 2 \text{ mm}^2$ |
| - специфична ел.отпорност бабра | $\rho_{\text{Cu}} = 1,7241 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ |

Параметри електричног кола:

$$R_1 = 4\Omega, R_2 = 10,51 \text{ k}\Omega, C = 5 \mu\text{F}$$

Примењена метода и опис вежбе:

Да би се на екрану осцилоскопа добила хистерезисна петља потребно је на управљачке електроде катодних цеви осцилоскопа довести напоне са отпорника R_1 (на x електроду) и напон са кондензатора C_2 (на y електроду) као на електричној шеми са слике 2.4.

Напон који је доведен са отпорника R_1 на хоризонталну осу осцилоскопа (x) сразмеран је са јачином поља магнетног кола:

$$u_{xx} = R_1 \cdot i_1 = R_1 \cdot \frac{H_{Fe} \cdot l_{Fe}}{N_1} \Rightarrow H_{Fe} = \frac{N_1}{R_1 \cdot l_{Fe}} u_{xx}$$

$$\boxed{H_{Fe} = K_H \cdot u_{xx}} \Rightarrow K_H = \frac{N_1}{R_1 \cdot l_{Fe}}$$

$$K_H = \frac{352}{4 \cdot 0,6} = 146 \left[\frac{\text{A/m}}{\text{V}} \right]$$

Напон са кондензатора C_2 се доводи на вертикалну осу осцилоскопа (y). Ако се елементи кола изаберу тако да је $R_2 \gg \frac{1}{\omega C_2}$ добија се да је напон на кондензатору сразмеран са вредношћу магнетне индукције у магнетном колу:

$$i_C = C \frac{du_{yy}}{dt} = \frac{e_2}{R_2} \left(R_2 \gg \frac{1}{\omega C_2} \right) \quad e_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt} = N_2 \cdot S_{Fe} \frac{dB_{Fe}}{dt}$$

$$C \frac{du_{yy}}{dt} = \frac{N_2 \cdot S_{Fe}}{R_2} \frac{dB_{Fe}}{dt} \Rightarrow B_{Fe} = \frac{C \cdot R_2}{N_2 \cdot S_{Fe}} u_{yy}$$

$$\boxed{B_{Fe} = K_B \cdot u_{yy}} \Rightarrow K_B = \frac{C \cdot R_2}{N_2 \cdot S_{Fe}}$$

$$K_B = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{24 \cdot 23,75 \cdot 10^{-4}} = 0,886 \left[\frac{\text{T}}{\text{V}} \right]$$

Баждарење осцилоскопа:

Довести да напон на отпорнику R_1 буде 1V а напон на кондензатору C 0,9V. Затим се ти исти напони доводе на X и Y осу осцилоскопа, респективно (имати у виду да се на осцилоскопу читавају максималне вредности).

Преклопнике за размеру поставити на 0,5 V/cm, а помоћу потенциометара за подешавање амплитуде сигнала, подесити да се на осцилоскопу могу директно читавати максималне вредности напона.

На овај начин је извршено баждарење осцилоскопа у односу на задате напоне.

Спецификација опреме и прибора за вежбу:

Осцилоскоп:

тип: МА 4061

произвођач: ISKRA



Трансформатор:

произвођач: DINAMO BEOGRAD

снага: 1.2kVA

номинални примарни напон: 220V

номинални секундарни напон: 15V

номинална примарна струја I_{1n} : 5,45A

номинална секундарна струја I_{2n} : 80A



Волтметар:

произвођач: ISKRA

врста: аналогни

класа тачности: 1.5

мерни опсег: 500 V



Амперметар:

произвођач: ISKRA

врста: аналогни

класа тачности: 1.5

мерни опсег: 6A



Декадна кутија отпора:

произвођач: ISKRA

максимална струја по секцијама

Ω	1	10	100	1000
mA	800	300	80	30



Кондезатор:

произвођач: ISKRA

капацитет: $5\mu F \pm 5\%$

максимални напон: 550V



Аутотрансформатор:

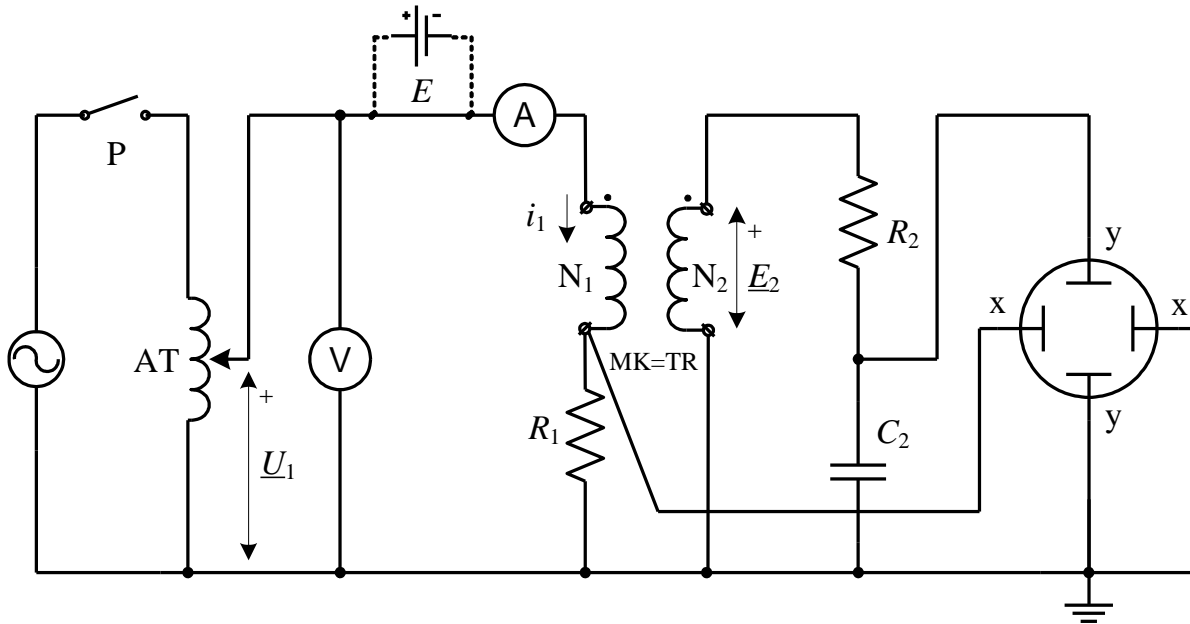
произвођач: ЗИП

напонски опсег: 250V

максимална струја: 4A



Електрична шема:



Слика 2.4: Електрична шема

Поступак извођења вежбе:

1. нацртати шему везе,
2. повезати елементе електричног кола према шеми,
3. преконтролисати везе и позвати асистента ради контроле,
4. ставити елементе кола под напон (у присуству асистента),
5. снимање хистерезисне петље обавити при напону од 250V,
6. не мењајући опсег преклопника и атенуатора снимити места повратних тачака (врхова хистерезисних петљи) и за остале наведене напоне и у истој размери нацртати их на милиметарском папиту ради добијања основне криве магнећења,
7. пратити промену хистерезисне петље када се у коло примара додаје извор једносмерног напона различитих вредности,
8. резултате мерења унети у програм *хистерезисна петља.xls* који ће их аутоматски обрадити.

Резултати мерења:

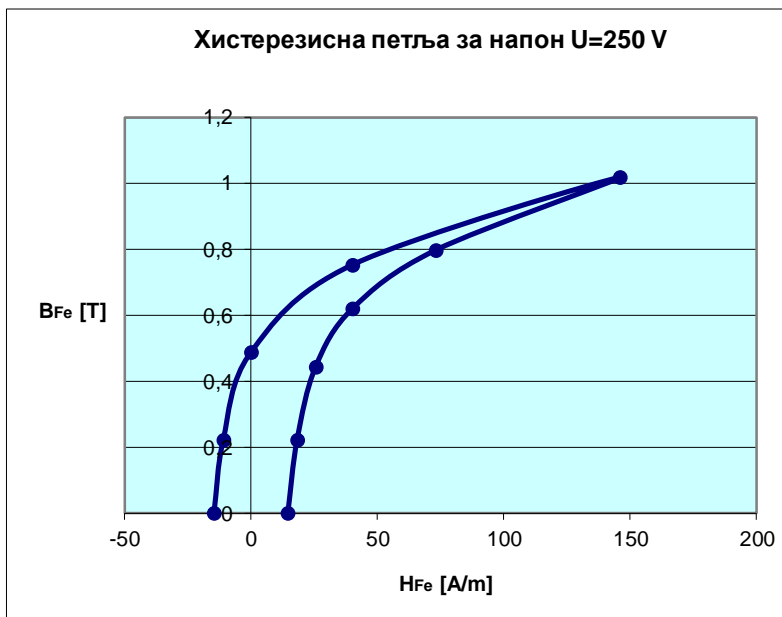
1. $U = 250\text{ V}$

X	2	2,5	3,5	5,5	10	20	5,5	0	-1,5	-2
Y ₁	0	5	10	14	18	23	17	11	5	0

Kh= 146

Kb= 0,886

X [cm]	2	2,5	3,5	5,5	10	20	5,5	0	-1,5	-2
Y ₁ [mm]	0	5	10	14	18	23	17	11	5	0
U _{xx} [V]	0,1	0,125	0,175	0,275	0,5	1	0,275	0	-0,075	-0,1
U _{yy} [V]	0	0,25	0,5	0,7	0,9	1,15	0,85	0,55	0,25	0
H [A/m]	14,6	18,25	25,55	40,15	73	146	40,15	0	-10,95	-14,6
B [T]	0	0,2215	0,443	0,6202	0,7974	1,0189	0,7531	0,4873	0,2215	0



	220 V	200 V	150V	100 V	50 V
X_m	14	10	5	2,5	1
Y_m	20	18	14	10	5

X_m (cm)	14	10	5	2,5	1	0
Y_m (cm)	20	18	14	10	5	0
U_{xx} [V]	0,7	0,5	0,25	0,125	0,05	0
U_{yy} [V]	1	0,9	0,7	0,5	0,25	0
H [A/m]	102,2	73	36,5	18,25	7,3	0
B [T]	0,886	0,7974	0,6202	0,443	0,2215	0

