

Ime in priimek: _____

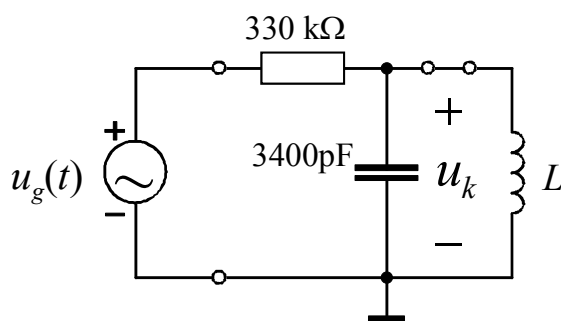
Šolsko leto: _____

Datum: _____

LASTNOSTI FERITNEGA LONČKA

Za tuljavo s feritnim lončkom določite:

- faktor induktivnosti A_L in kvaliteto izdelane tuljave z meritvijo resonance nihajnega kroga.
- vrednosti enosmernega toka tuljave I_L pri katerem je $L(I_L)$ enaka 90%, 50% in 10% induktivnosti L_0 . Določite tudi magnetno poljsko jakost H pri teh tokovih.



Slika 1: Vezje za resonančno meritev induktivnosti.

Opis meritve:

a) Feritni lonček FLØ18×11 na merilni ploščici ima na tuljavniku 150 ovojev bakrene žice. Ta lonček nima zračne reže, zato je občutljiv na enosmerne tokove, ki znižujejo efektivno induktivnost tuljave. Kondenzator in tuljavo morate povezati z vezno žico, ker na merilni ploščici nista spojena. Na merilni ploščici se poleg nihajnega kroga nahaja tudi tokov generator, s katerim nastavljamo enosmerni magnetilni tok skozi tuljavo. Celotna merilna shema vključno s tokovnim generatorjem je prikazana na sliki 4. Pri merjenju induktivnosti brez enosmernega predtoka, tega generatorja ne uporabljamo.

Resonančno frekvenco lahko odčitamo z generatorja, ko je nihajni krog resonanci. Resonanco lahko najbolj zanesljivo ugotovimo, ko sta napetosti na krogu in generatorju v fazi. Oba kanala osciloskopa nastavimo na izmenični sklop AC, referenčna nivoja GND pa nastavimo na sredino zaslona osciloskopa. Funkcijski generator nastavimo na 1.5V_{pp} vršne napetosti. V resonanci ni faznega zamika med napetostjo u_g in u_k , zato morata sovpadati prehoda obeh napetosti čez referenčno nivo (0V). Če pri manjših odstopanjih od resonančne frekvence lahko opazimo fazni zamik napetosti na krogu u_k glede na napetost generatorja u_g . Za proženje časovne baze osciloskopa uporabite napetost generatorja u_g , ki je priključena na prvi kanal. Z drugim kanalom opazujete napetost na krogu u_k (slika 1).

Nastavitve osciloskopa in merilnih sond

Signal	Kanal	Sklop	Sonda	Proženje Trigger	Izvor-Source	1. kanal - u_g
u_g	1	AC	1:10		Način-Mode	Auto
u_k	2	AC	1:10		Naklon-Slope	↑ (pozitiven)

V resonanci postane impedanca kroga realna. Zato ni nobene fazne razlike med napetostjo generatorja in nihajnega kroga. Kvaliteta tuljave je dovolj visoka, da lahko pri izračunu induktivnosti zanemarite vpliv serijskih izgub na resonančno frekvenco f_0 .

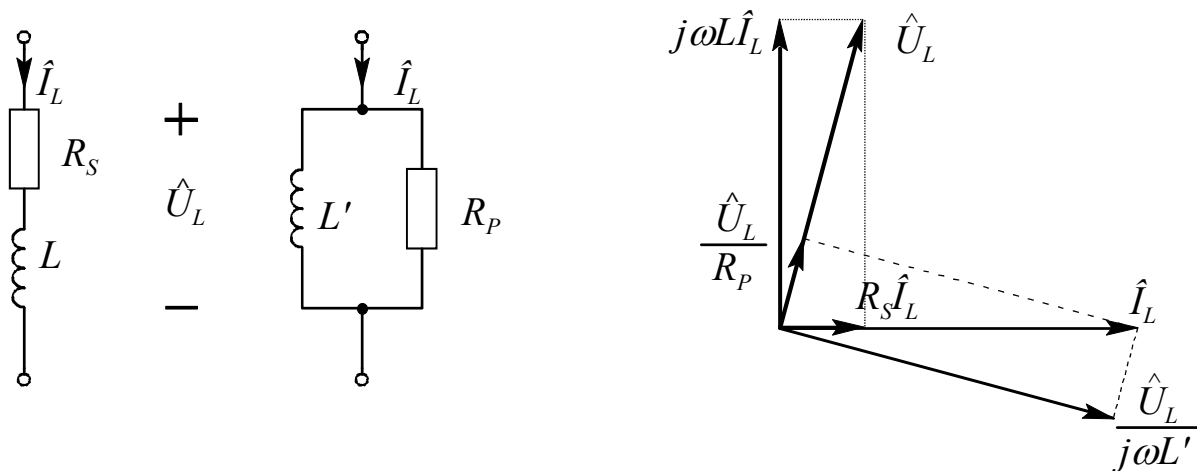
Induktivnost L izračunamo iz znanega izraza za resonanco nihajnega kroga:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow (2\pi f)^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{C(2\pi f)^2} \quad (1)$$

V gornji enačbi je f frekvenca signala v resonanci. Faktor induktivnosti za dani feritni lonček izračunamo iz izmerjene induktivnosti in števila ovojev ($n=150$).

$$L = A_L n^2 \quad (2)$$

Iz meritve maksimalne napetosti nihajnega kroga v resonanci določimo tudi kvaliteto tuljave oziroma serijsko upornost R_S v nadomestnem vezju. Na sliki 2 sta narisani ekvivalentni nadomestni vezji tuljave z izgubami. V paralelnem nihajnem krogu raje uporabljamo za tuljavo model s paralelno upornostjo R_P , ki se sicer uporablja za tuljave z visokimi izgubami. Za eno frekvenco lahko vedno poiščemo ekvivalentno serijsko upornost R_S , s katero natančneje modeliramo feritno tuljavo na širšem frekvenčnem področju.



Slika 2: Kazalčni diagram pretvorbe serijskih izgub v paralelne.

Frekvenco generatorja nastavite tako, da sta $\hat{U}_g$ in $\hat{U}_k$ v fazi (prehod čez ničlo). Nato nastavimo še amplitudo generatorja, da je vršna napetost na nihajnem krogu $U_{kpp}=1V$ (CH 2). Tedaj odčitamo z osciloskopom vršno napetost generatorja U_{gpp} (CH 1). Iz napetosti U_{gpp} in U_{kpp} najprej izračunamo R_k , nato R_P in dalje kvaliteto Q_P ter R_S .

$$R_k = \frac{U_{kpp}}{U_{gpp} - U_{kpp}} R \quad \frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_k} - \frac{1}{R_{vh}} \quad (3)$$

Iz dobljenih rezultatov izračunate R_P . Pretvorba temelji na ekvivalenci impedanc pri določeni frekvenci. Uporabljena je tudi poenostavitev, ki velja za dovolj visoke kvalitete.

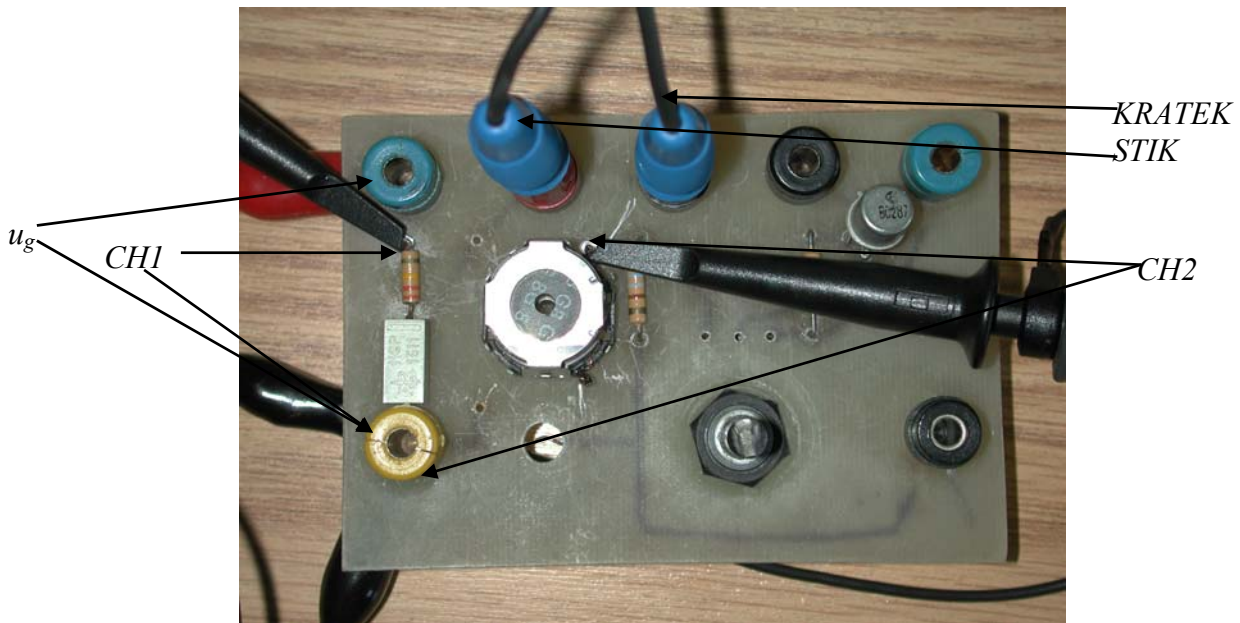
$$R_S + j\omega L = \left(\frac{1}{R_P} + \frac{1}{j\omega L'} \right)^{-1} \quad R_S \ll \omega L \Rightarrow L' \cong L \quad (4)$$

$$R_S = \frac{(\omega L)^2}{R_P} \quad Q_L = \frac{\omega L}{R_S} = \frac{R_P}{\omega L}$$

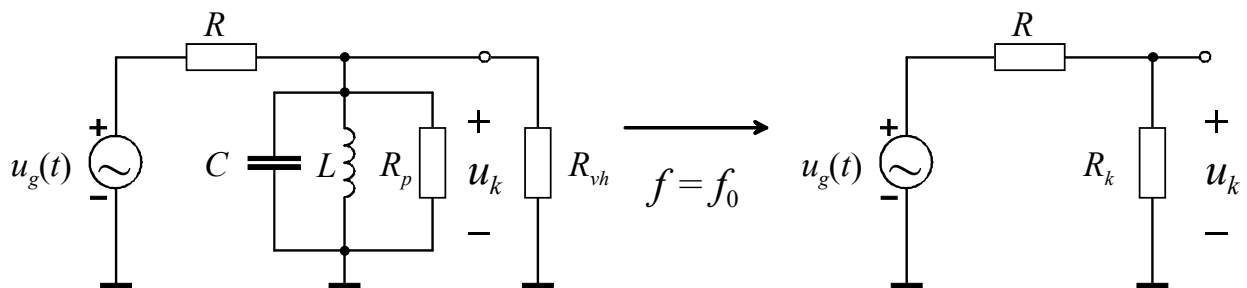
Slika 3 kaže nadomestno vezje, ki velja v resonanci. V merilnem nihajnem krogu je uporabljen kvaliteten kondenzator (*ARCOTRONICS*¹ – R82 – poliester, $\text{tg}\delta \approx 10^{-4}$), zato je celotna paralelna ohmska upornost nihajnega kroga R_k enaka vzporedni vezavi ekvivalentne izgubne upornosti tuljave

¹ <http://www.arcotronics.com/download/defilm.php?id=14>

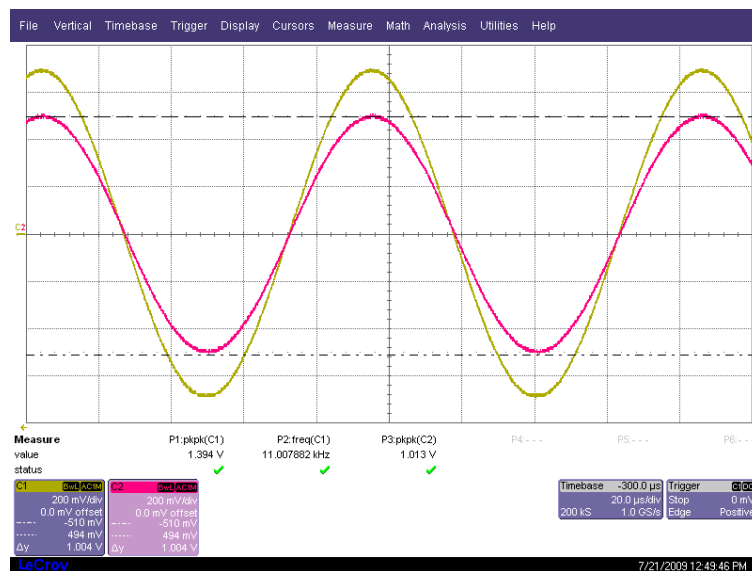
R_p in vhodne upornosti osciloskopa $R_{vh}=10\text{ M}\Omega$. V resonanci sta reaktanci X_L in X_C po absolutni vrednosti enaki.



Slika 3: Priklučitev merilnega vezja vaje a.).



Slika 4: Nadomestno vezje paralelnega nihajnega kroga v resonanci

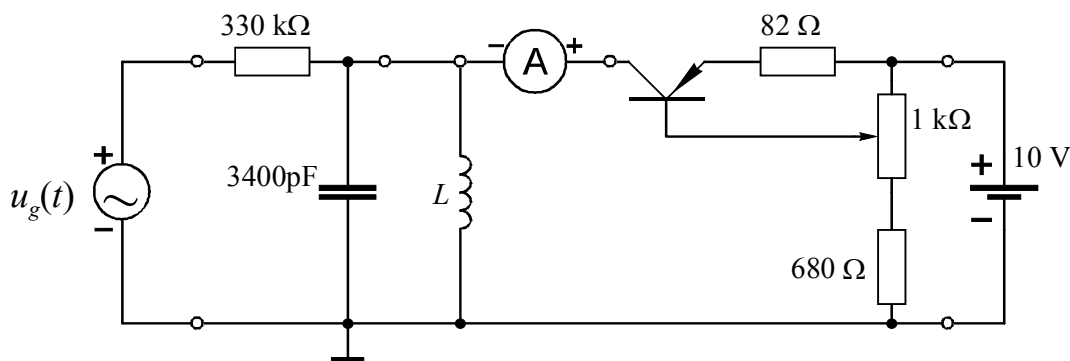


Slika 5: Tok in napetost v fazi v resonanci nihajnega kroga.

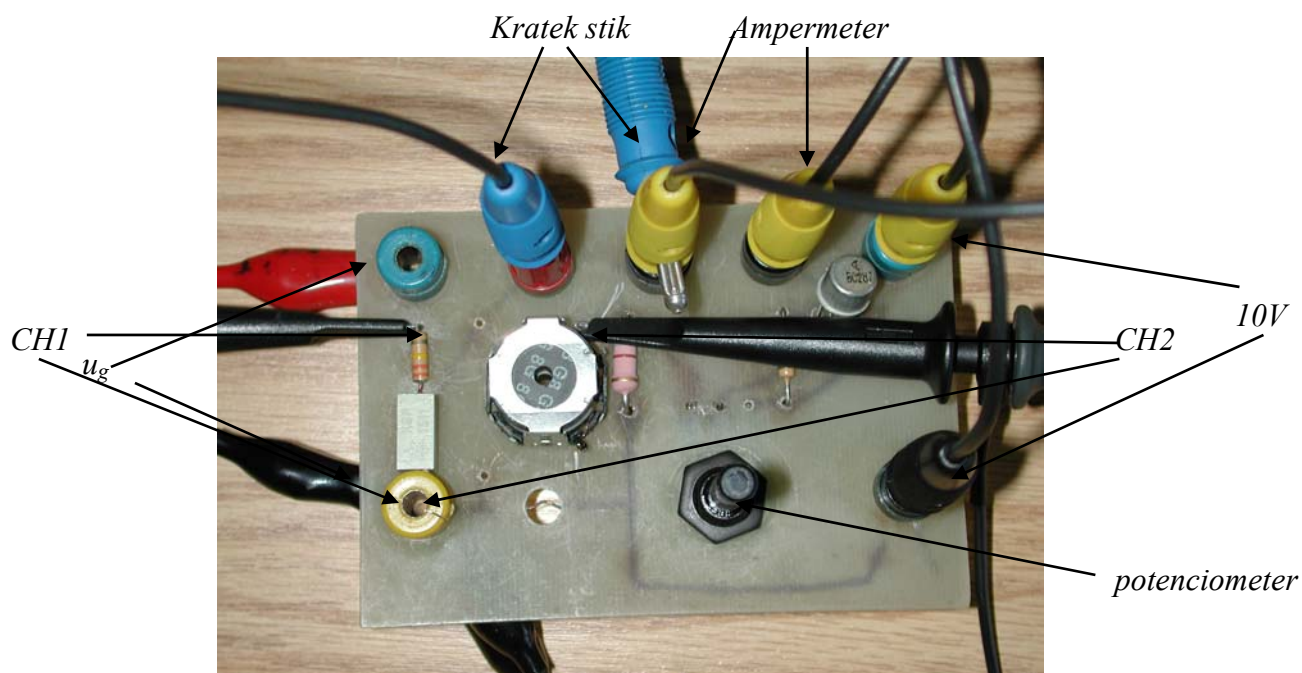
b) Feritni lonček brez reže je zelo občutljiv za enosmerni magnetilni tok, ki premakne delovno točko feritnega materiala iz ničelne točke na magnetilni krivulji $B(H)$, kar povzroči zmanjšanje diferencialne permeabilnosti μ_Δ (glej sliko 5). Pri meritvah induktivnosti z majhnimi signali se

spreminjanje μ_{Δ} odraža kot spreminjanje induktivnosti v odvisnosti od enosmernega magnetilnega toka. Tok skozi tuljavo pošiljamo s tokovnim generatorjem, ki je sestavljen iz PNP tranzistorja, emitorskega upora in napetostnega delilnika. S potenciometrom v delilniku nastavljamo napetost na bazi tranzistorja, in s tem emitorski in kolektorski tok. Zaradi visoke notranje upornosti tokovnega generatorja je sprememba kvalitete paralelnega nihajnega kroga zanemarljiva.

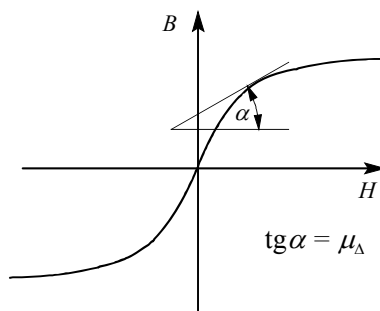
Za zahtevane relativne vrednosti induktivnosti izračunajte nove resonančne frekvence. Na funkcijskem generatorju nastavite novo frekvenco in jo izmerite z osciloskopom. Povečajte tok tokovega generatorja s potenciometrom, dokler ne dosežete resonance nihajnega kroga. Tok merite z ampermetrom. Magnetno poljsko jakost v feritu izračunate z upoštevanjem efektivne dolžine magnetne silnice v feritu, ki jo za uporabljeni feritni lonček podaja proizvajalec: $l_e = 26\text{mm}$.



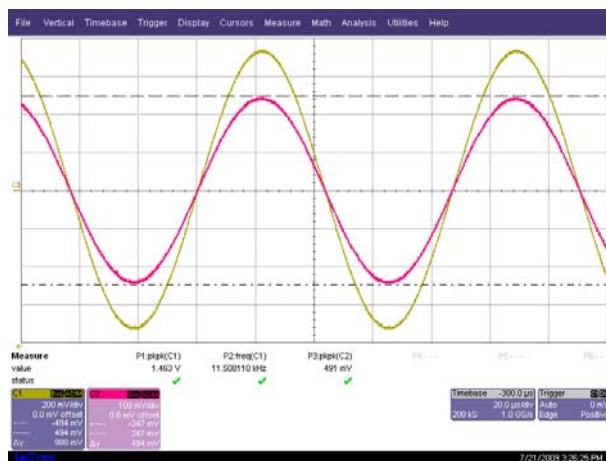
Slika 6: Vezje za meritev induktivnosti v odvisnosti od enosmernega predtoka.



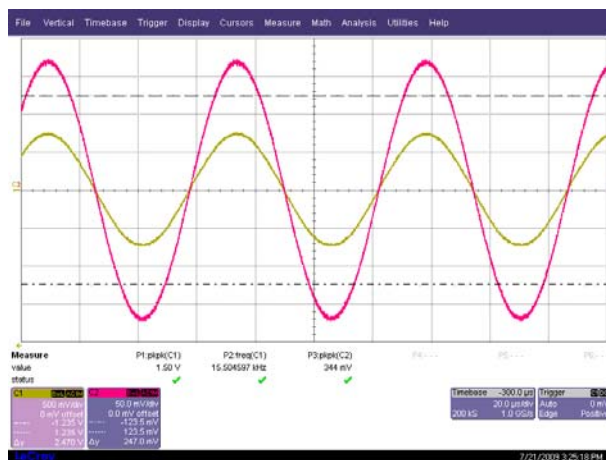
Slika 7: Priključitev merilnega vezja vaje b.)



Slika 8: Magnetilna krivulja mehkomagnetnega materiala - ferita.



Slika 9: Meritev toka pri 0.9L.



Slika 10: Meritev toka pri 0.5L.



Slika 11: Meritev toka pri 0.1L.

Rezultati:

a) Induktivnost in kvaliteta

f_0	$U_{gpp}[\text{V}]$	$R_k[\text{M}\Omega]$	$R_p[\text{M}\Omega]$	$R_s[\Omega]$

	L	A_L	Q
Resonanca			

b) Odvisnost induktivnosti od enosmernega magnetilnega toka

	$L [\text{mH}]$	$f_0 [\text{Hz}]$	$I_L [\text{mA}]$	$H [\text{A/m}]$
$0,9L$				
$0,5L$				
$0,1L$				