

4. Kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo radimas tiriant įjungimo charakteristikas

Užduotis

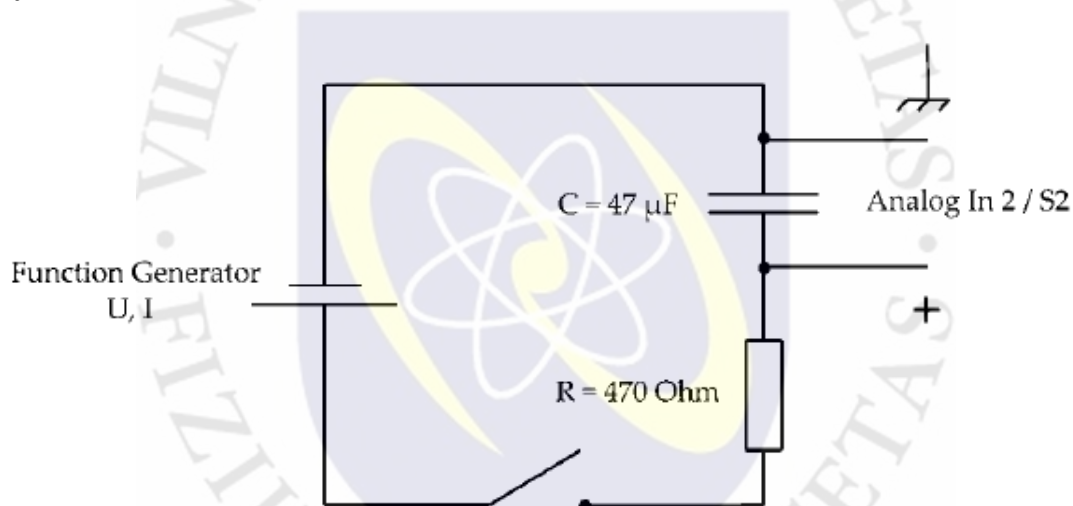
1. Iširti įjungimo metu kondensatoriumi tekančios srovės ir krintančios įtampos kinetikas. Nustatyti kondensatoriaus talpą ir rezistoriaus varžą.
2. Iširti įjungimo metu induktyvinėje ritėje tekančios srovės ir krintančios įtampos kinetikas. Nustatyti ritės induktyvumą bei ominę varžą.

Pagrindiniai teoriniai klausimai.

1. Antroji Kirchhofo taisyklė.
2. Faradėjaus elektromagnetinės indukcijos dėsnis.
3. Elektrinė talpa, induktyvumas.

Teorinis įvadas.

Talpos tyrimas.



1 pav. Kondensatoriaus talpos tyrimo schema

Tarkime, kondensatoriuje laiko momentu t yra sukauptas krūvis $Q(t)$:

$$Q(t) = \int_0^t I(t) dt. \quad (1)$$

tuomet įtampos kritimas tokiame kondensatoriuje U_C :

$$U_C = \frac{Q(t)}{C}. \quad (2)$$

Įtampa rezistoriuje R , per kurį teka srovė $I(t) = \frac{dQ}{dt}$ yra

$$U_R(t) = R \cdot I(t) = R \frac{dQ}{dt}. \quad (3)$$

Pastovaus dydžio nuolatinės įtampos maitinimo šaltinis laiko momentu $t = 0$ yra įjungiamas į 1 pav. parodytą schemą. Tuomet:

4. Kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo radimas tiriant įjungimo charakteristikas

$$U = U_c(t) + U_R(t) = \frac{Q}{C} + R \frac{dQ}{dt}. \quad (4)$$

Diferencialinė lygtis su sąlyga, kad $Q(0)=0$, t.y. pradiniu laiko momentu kondensatorius buvo iškrautas, turi tokį sprendinį:

$$Q(t) = UC \left(1 - e^{-t/RC}\right). \quad (5)$$

Todėl, pasinaudoję sąryšiu $I(t) = \frac{dQ}{dt}$ bei (2) ir (5) išraiškomis galime užrašyti:

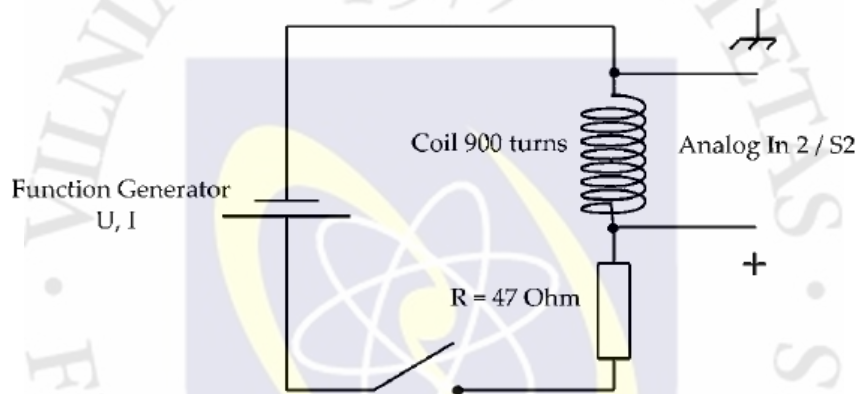
$$I(t) = \frac{U}{R} e^{-t/RC}. \quad (6)$$

ir

$$U_c(t) = U \left(1 - e^{-t/RC}\right). \quad (7)$$

Laikas per, kurį pasiekama pusė signalo nominalios amplitudės, yra $t_{1/2} = RC \ln 2$.

Induktyvumo tyrimas.



2 pav. Ritės induktyvumo tyrimo schema

Įtampos kritimas U_L induktyvumo L ritėje, kurios vidinė varža R_L , yra:

$$U_L(t) = R_L \cdot I(t) + L \frac{dI}{dt}. \quad (8)$$

Įtampos kritimas grandinėje, kurioje nusekliai sujungti ritė ir šuntuojamai varža R_s , yra:

$$U(t) = U_{R_s}(t) + U_L(t) = (R_s + R_L) \cdot I(t) + L \frac{dI}{dt}. \quad (9)$$

Ši diferencialinė lygtis su sąlyga, kad $I(0) = 0$, t.y. pradiniu laiko momentu grandinėje elektros srovė neteka, turi tokį sprendinį:

$$I(t) = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right). \quad (10)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \frac{U}{L} e^{-\frac{R}{L}t}. \quad (11)$$

čia $R=R_s+R_L$.

Pastaba. Jei eksperimento metu matuojame įtampos kritimą ritėje, tai iš (8), (10) ir (11) gauname:

$$U_L(t) = U e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{U \cdot R_L}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) = U \left(\frac{R_L}{R} + \left(1 - \frac{R_L}{R}\right) \cdot e^{-\frac{R}{L}t} \right). \quad (12)$$

4. Kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo radimas tiriant įjungimo charakteristikas

Tačiau rezultatų įvertinimui naudojame paprastesnę srovės $I(t)$ išraišką.

Tyrimo eiga

Tyrimuose naudojama aparatūra pavaizduota 3 paveiksle. Darbo maketą sudaro prie kompiuterio USB jungtimi jungiamas *Cobra3* įrenginys (1), kurio pagalba galime valdyti eksperimentą ir nuskaityti eksperimentinius duomenis. Prie *Cobra3* prijungtas funkcinis generatorius (2) šiame eksperimente tarnaus kaip įtampos šaltinis. Taip pat eksperimentui atlikti bus reikalingas jungiklis (3), rezistoriai (47Ω ir 470Ω), kondensatorius ($47 \mu\text{F}$) ir $900 \mu\text{H}$ ritė.



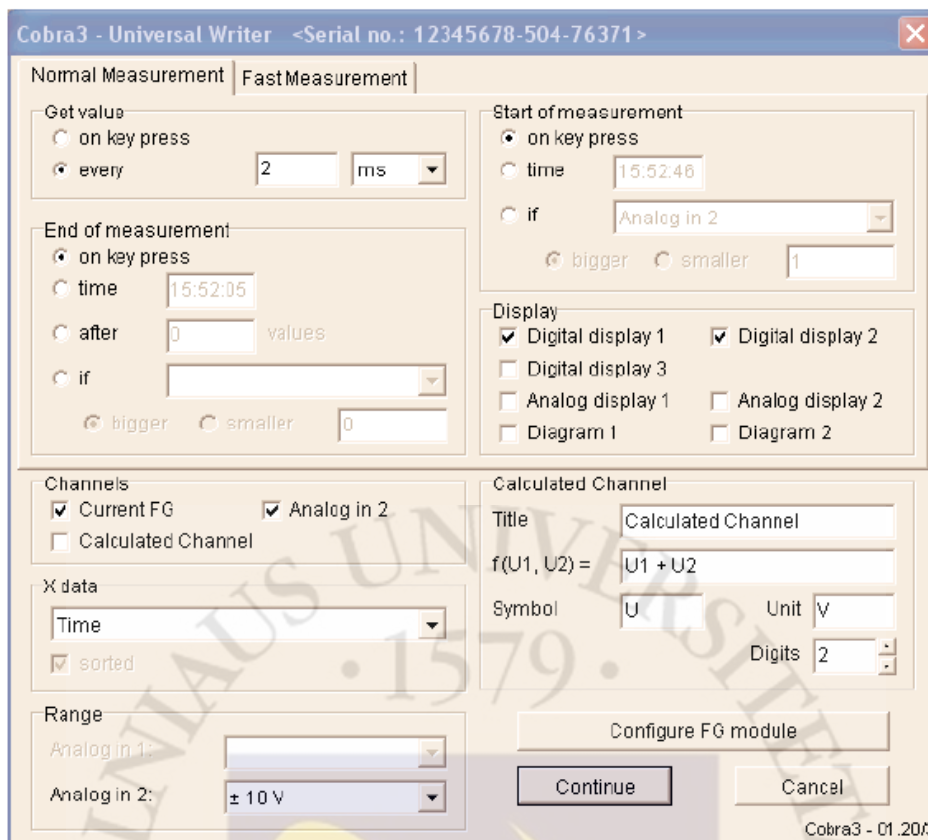
3 pav. Laboratorinio darbo reikmenys

!!! Prieš pradėdami matavimus kompiuterio loginiame diske D:\ susikuriame aplanką D:\Metai\Šios dienos data_Studento Vardas_Pavardė\

Kondensatoriaus talpos ir rezistoriaus varžos nustatymas.

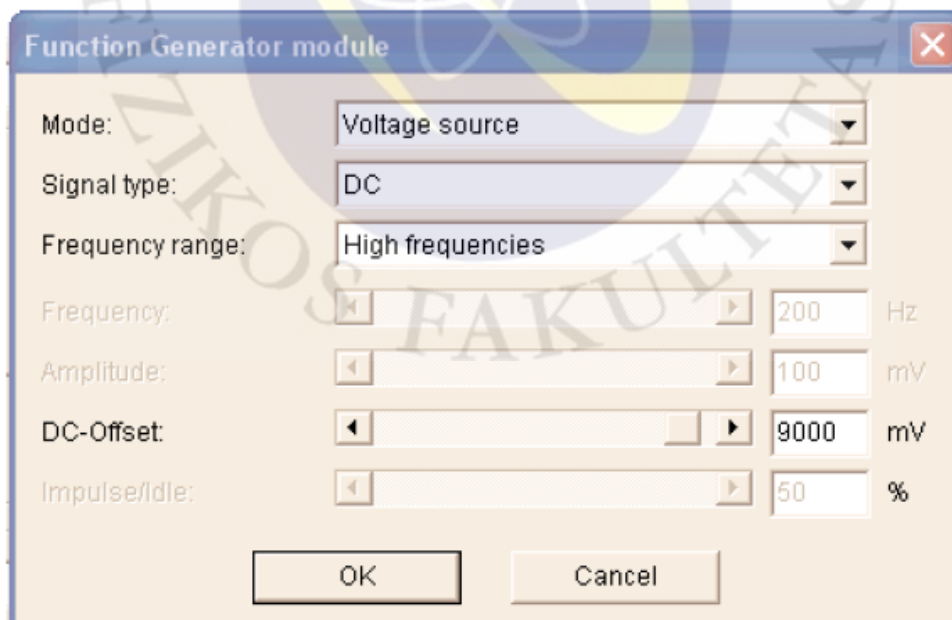
1. Sujunkite elektrinę grandinę, kaip parodyta 1 paveiksle. Įtampos kritimą kondensatoriuje matuokite prie jo prijungę „Analog In 2 / S2“ gnybtus.
2. Jungiklį On/Off nustatykite į „0“ padėtį (išjungta).
3. Įjunkite Cobra3 įrenginio ir funkcinio generatoriaus maitinimo šaltinius.
4. Matavimai atliekami naudojant programą „Measure“. Įjunkite „Measure“ programą.
5. Viršutiniame meniu pasirinkite funkciją „Gauge“ > „Cobra3 Universal Writer“. Programos laukelyje „Normal Measurement“ nustatykite parametrus, kaip parodyta 4 pav.

4. Kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo radimas tiriant įjungimo charakteristikas



4 pav. „Universal Writer“ nustatymai, skirti talpos tyrimui.

6. Pasirinkite mygtuką „Configure FG module“ ir nustatykite parametrus, kaip parodyta 5 pav. ir spauskite „OK“.



5 pav. Funkcinio generatoriaus nustatymai.

7. Lange „Universal Writer“ paspauskite mygtuką „Continue“.

8. Visiškai iškraukite kondensatorių. Tam laidu užtrumpinkite kondensatoriaus elektrodus tiek ilgai, kad „Analog in 2/V“ kanale būtų rodomas nulis.

4. Kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo radimas tiriant įjungimo charakteristikas

9. Atjunkite kondensatoriaus trumpiklį ir pradėkite matavimą vienu iš būdų: paspaudę „Space“ klavišą, „Return“ klavišą arba pelės pagalba spustelėję mygtuką „Start measurement“. Įjunkite On/Off jungiklį.

10. Matavimą sustabdykite taip pat, kaip ir pradėjote – paspauskite „Space“ klavišą, „Return“ klavišą arba pelės pagalba spustelėkite mygtuką „Stop measurement“.

11. Išjunkite On/Off jungiklį.

12. Išmatuota kondensatoriaus užkrovimo kinetika turėtų atrodyti taip, kaip pavaizduota 6 pav. Išsaugokite matavimo rezultatus. Viršutinėje meniu juostoje pasirinkite „Measurement“ > „Export data“ (arba Ctrl+C), atsiradusiame langelyje pasirinkite „Save to file“ ir „Export as numbers“, ir spauskite OK. Matavimų duomenis išsaugokite *.txt dokumente darbo pradžioje susikurtame aplanke. Išsaugodami prie dokumento pavadinimo pridėkite plėtinį „.txt“, nes programa to automatiškai nepadaro. **Darbalaukyje išsaugoti ir palikti matavimų duomenys trinami!!!**

13. Tikrąją rezistoriaus nominalo vertę nustatysite išmatavę įtampos kritimą rezistoriuje. Grandinėje vietoje kondensatoriaus įjunkite rezistorių R, o vietoje rezistoriaus įjunkite trumpiklį.

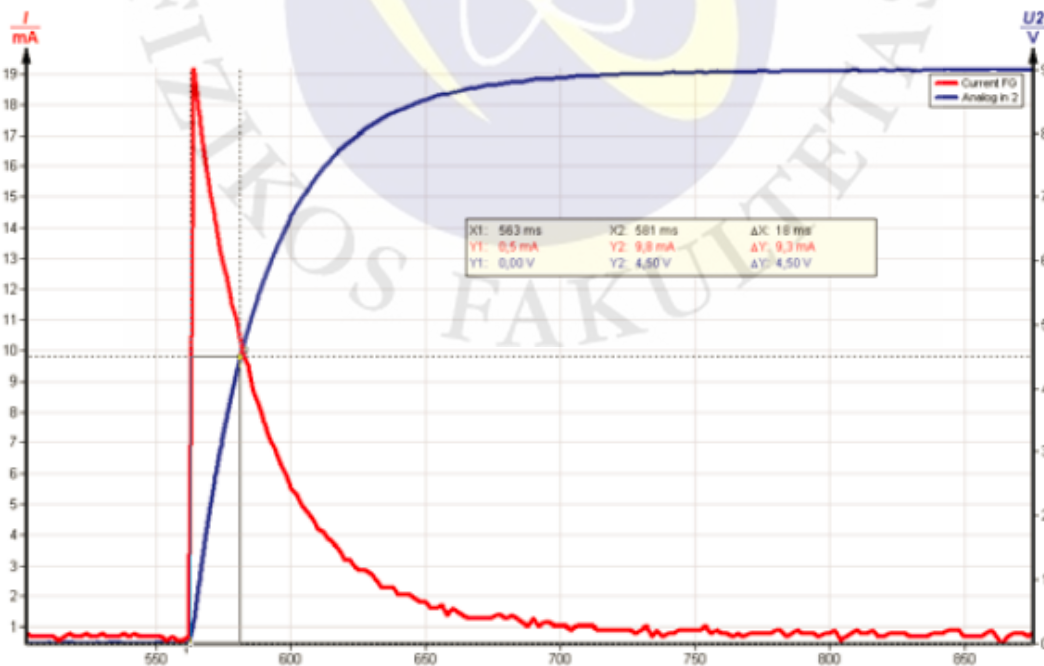
14. Matavimo programoje palikę nepakeistus nustatymus, „Universal Writer“ lange spauskite „Continue“ mygtuką ir pradėkite matavimą („Start measurement“). Trumpam įjunkite ir išjunkite On/Off jungiklį, ir sustabdykite matavimą („Stop measurement“).

15. Išmatuota charakteristika turėtų atrodyti taip, kaip pavaizduota 7 paveiksle.

16. Pasinaudokite 12 punkto aprašu ir išsaugokite matavimų rezultatus.

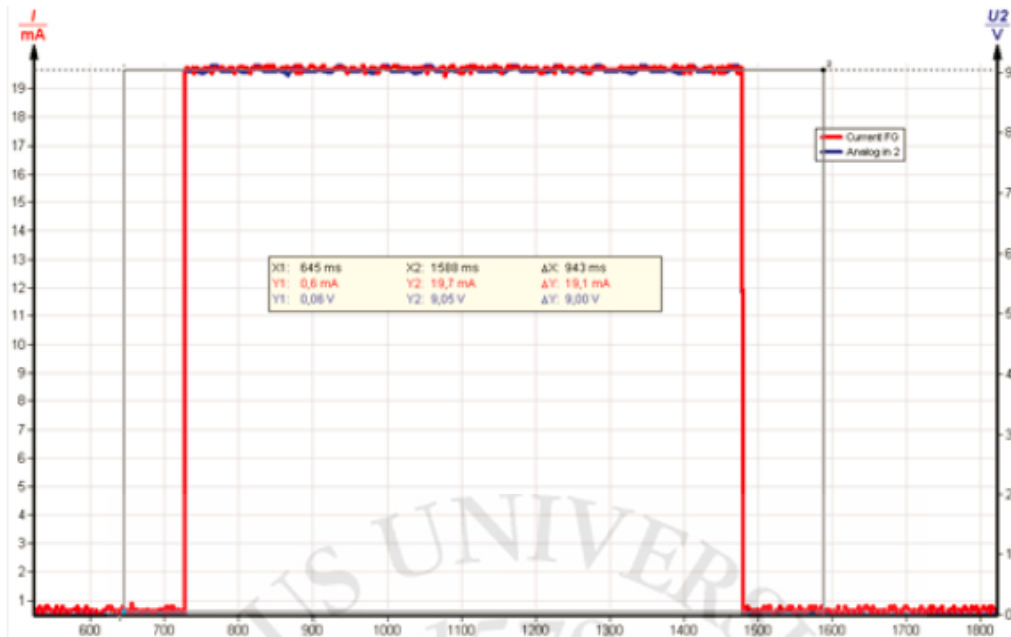
17. Pavaizduokite matavimų rezultatus kai grandinėje yra įjungtas tik rezistorius ir pagal Omo dėsnį apskaičiuokite rezistoriaus varžos vertę.

18. Pavaizduokite kondensatoriaus užkrovimo charakteristiką ir pasinaudoję, kad laikas per, kurį pasiekama pusė signalo nominalios amplitudės, yra $t_{1/2} = RC \ln 2$, apskaičiuokite kondensatoriaus talpą. Pažymėkite skaičiavimuose naudotas parametrų vertes paveiksle.



6 pav. Kondensatoriaus užkrovimo charakteristikos.

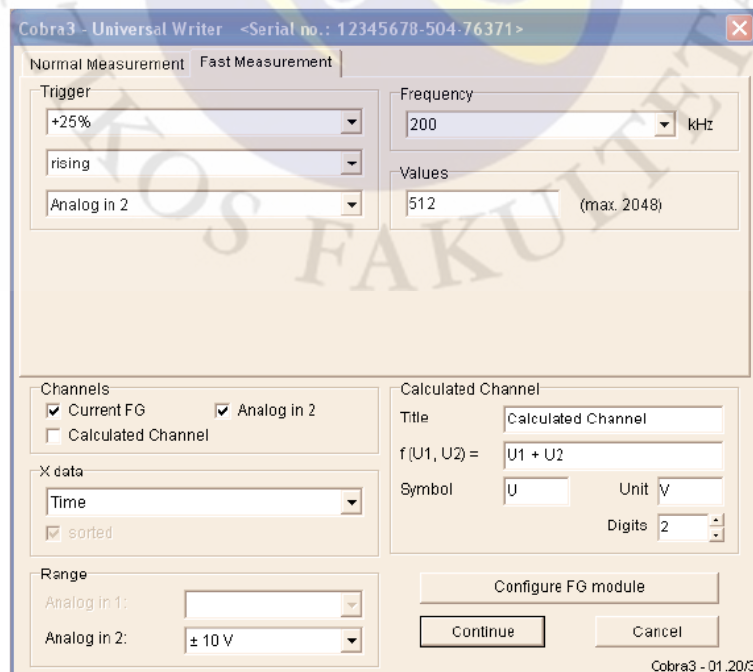
4. Kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo radimas tiriant įjungimo charakteristikas



7 pav. Rezistoriaus charakteristikos, kai grandinėje nėra kondensatoriaus.

Ritės induktyvumo ir ominės varžos nustatymas.

1. Sujunkite 2 paveiksle pavaizduotą grandinę. Rezistoriaus 47Ω paskirtis – apriboti srovę grandinėje iki 200 mA, kas atitinka didžiausią leistiną generatoriaus srovę.
3. „Measure“ programos meniu juostoje pasirinkite funkciją „Gauge“ > „Cobra3 Universal Writer“.
- Lange „Universal Writer“ pasirinkite „Fast Measurement“ programos režimą. Nustatykite parametrus, kaip parodyta 8 pav.
4. Paspauskite mygtuką „Continue“.



8 pav. „Fast Measurement“ nustatymai.

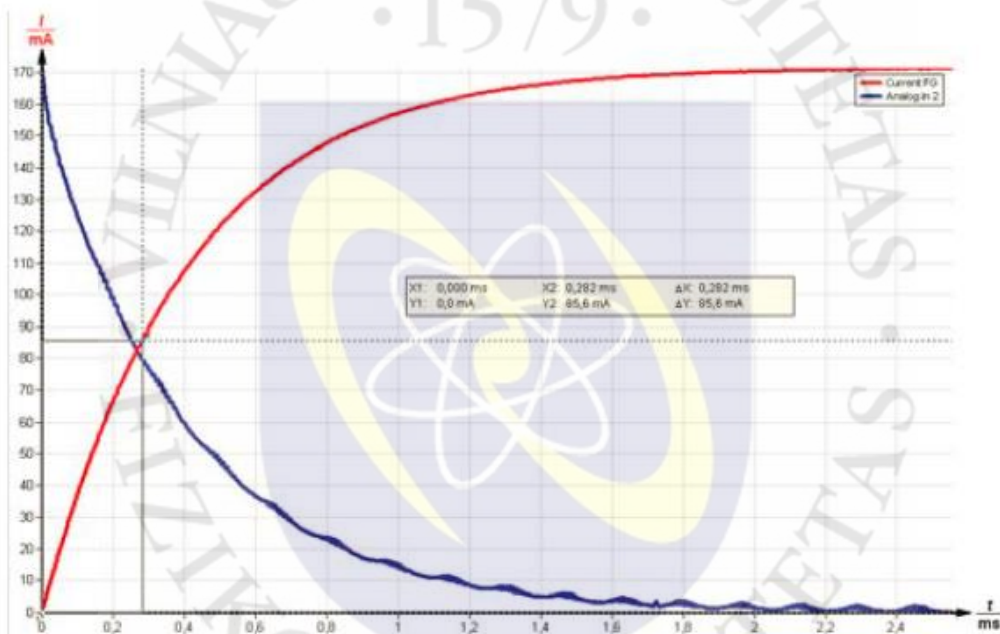
4. Kondensatoriaus talpos ir ritės induktyvumo radimas tiriant įjungimo charakteristikas

5. Atsiradus lange užrašui „Wait for trigger...“, įjunkite jungiklį On/Off ir iš karto jį išjunkite. Matavimai vykdomi tik keletą milisekundžių ir sustabdomi automatiškai.

6. Išmatuotos charakteristikos turėtų atrodyti taip, kaip parodyta 9 pav. Matavimą pakartokite, jei pastebite jungiklio įjungimo metu sukeltų triukšmų įtaką rezultatui.

7. Išsaugokite matavimo rezultatus. Viršutinėje meniu juostoje pasirinkite „Measurement“ > „Export data“ (arba Ctrl+C), atsiradusiame langelyje pasirinkite „Save to file“ ir „Export as numbers“, ir spauskite OK. Matavimų duomenis išsaugokite *.txt dokumente darbo pradžioje susikurtame aplanke. Išsaugodami prie dokumento pavadinimo pridėkite plėtinį „.txt“, nes programa to automatiškai nepadaro. **Darbalaukyje išsaugoti ir palikti matavimų duomenys trinami!!!**

7. Pavaizduokite ritės įjungimo charakteristikas ir nustatykite didžiausią srovės amplitudę ir trukmę, per kurią srovė padidėja iki pusės maksimalios amplitudės vertės. Pažymėkite šias vertes paveiksle. Pagal Omo dėsnį nustatykite ritės varžą R_L (atsižvelkite, kad 47Ω rezistorius R su rite sujungtas nuosekliai). Pasinaudoję, kad laikas per kurį rite tekanti srovė pasiekia pusę didžiausios vertės yra lygus $t_{1/2} = \frac{L}{R} \ln 2$ apskaičiuokite ritės induktyvumą L .



9 pav. Ritės įsijungimo charakteristikos.

Suformuluokite darbo išvadas.

Baigę darbą neužmirškite išjungti prietaisų ir sutvarkyti darbo vietas!!!

Literatūra.

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000.
2. A. Matvejevas, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Mokslas*, 1991.
3. V. Rinkevičius, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2001.