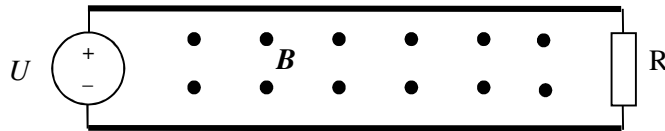


ELTEKNIK (LEU 460) LABORATION 3

Förberedelseuppgifter

Läs i elläraboken om induktion (sid. 359-366). Induktionsfenomenet, Faradays lag och induktorn diskuteras även under föreläsningar vecka 38 & 39.

1. Betrakta följande krets:



Spänningskällan ger en likspänning U . Slingan genomkorsas av ett **externt** magnetfält med flödestätheten $B(t) = B_0 \sin(\omega t)$. Flödestätheten räknas som positiv, $B(t) > 0$, när fältriktningen är som i figuren. Skissera en graf som visar huvudsakliga utseendet hos sammanlagda strömmen i kretsen.

2. Strömmen genom en spole har formen av en *triangelvåg* med topp-till-toppvärdet 5 mA och pulsrepetitionsfrekvensen 5 kHz.

- Ange sambandet mellan spänningen över en spole och strömmen genom spolen. (Använd *inte* $j\omega$ -metoden ty strömmen i uppgiften är *inte* sinusformad). Antag först att spolens resistans är noll.
- Rita en graf av ovan givna ström som funktion av tiden.
- Bestäm vilken *form* som spänningen över spolen kommer att ha. Rita en graf. Använd samma tidsaxel som i deluppgift b.
- Sätt spänningens topp-till-toppvärde mäts till 0,8 volt. Bestäm spolens induktans.
- Antag nu att spolens resistans inte är noll (sätt den till 5 Ω). Ange uttrycket för spänningen över spolen och rita en graf av *kurvformen* för spänningen över spolen.
- Antag att signalen i deluppgift e har registreras med ett oscilloskop. Tänk ut hur du med hjälp av oscilloskopbilderna bestämmer induktansen och resistansen.

3.

- Rita kopplingsschema för experiment A (se nästa sida).
- Rita kopplingsschema för experiment B (se sidan 3). Ange också signaljordningspunkten (där oscilloskopets jord ansluts), samt var oscilloskopets kanal 1 & 2 ansluts.

Experimentella uppgifter

Laboration 3 består av två obligatoriska induktionsexperiment (A & B). Utöver det finns det möjlighet att göra extra uppgift (C) som handlar om frekvensberoendet hos spolar och kondensatorer. Den utförs i mån av intresse och tid.

Redovisning

Experiment A redovisas muntligt under laborationstillfället. Experiment B redovisas med en kortare **skriftlig inlämning** (en per grupp, skriven på dator och inlämnas via pingpong i pdf-format): Ta enbart med **mätresultat** (tabeller, grafer) och **analys** (bestämning av spolens induktans och resistans). Fullständig lab.rapport behövs inte.

A. Induktion p.g.a. externt magnetfält

I denna uppgift skall vi "upptäcka" att Kirchhoffs spänningslag måste modifieras när ett externt, tidsvarierande magnetfält genomkorsar kretsen (Faradays lag gäller!) Experimentet illustrerar också induktiv koppling av en extern störning.

Experiment: Koppla seriellt två resistor ($330\ \Omega$ och $680\ \Omega$) och en 600 varvs spole och anslut kretsen till en likspänning på 5 volt. I uppgiften skall spolen representera en "vanlig" ledare i en resistiv krets. Spolens roll blir att se till att vår krets får en stor area genom vilken ett externt magnetflöde kan passera.

Verifiera först genom mätningar att Kirchhoffs spänningslag uppfylls. Oscilloskopet ska, i alla mätningar i denna laboration, vara inställt på DC-läge så att likspänningsnivån inte filtreras bort och hela signalen registreras.

Koppla in en "störning" i form att ett tidsvarierande magnetfält i kretsen ovan genom att ansluta en funktionsgenerator (inställd på sinus, 1 volt topp-till-topp, frekvens ca. 500 Hz) via en $56\ \Omega$ (eller $47\ \Omega$) resistor till en 300-varvsspole. Placera båda spolarna kring en järnkärna (U-formad) och slut denna magnetiska krets genom att lägga ett ok på U-et. Nu kommer det magnetiska flödet från 300-varvsspolen att genomkorsa 600-varvsspolen.

NOTERA ATT SPOLARNA INTE TÅL ALLTFÖR HÖGA STRÖMMAR (max ca. 1 ampere). RESISTANSEN HOS SPOLEN ÄR BARA ETT PAR OHM SÅ SE TILL ATT SPÄNNINGEN ÖVER SPOLEN (som är ansluten till funktionsgeneratoren) ÄR LÅG (< 1 volt).

Mät (med oscilloskop) spänningen över respektive resistor samt likspänningskällan. Tänk på vilken position i kretsen som anslutits till pluspol respektive jord på oscilloskopet så att du gör en korrekt avläsning av signalens styrka och polaritet!

Stämmer Kirchhoff? Förklara resultatet!

Studera därefter hur störningar från externa magnetfält med andra signalformer än sinus, t.ex. en triangelvåg yttrar sig i kretsen. Testa också att generera störningen genom ansluta en likspänningskälla som kan varieras manuellt (men tänk på att hålla spänningen ganska låg såg max 2 volt), samt genom att koppla bort spänningskällan helt och använd en stavmagnet för att ändra magnetflödet genom spolen. Hur ser de i kretsen inducerade störningarna ut? Kommentera!

B. Självinduktion

Tidsvarierande magnetfält och med dem associerade virvlande elektriska fält (och därmed en elektromotorisk spänning, *ems*) uppträder i en slinga inte bara p.g.a. tidsvarierande externa strömmar utan även av slingans egen ström. Fenomenet kallas självinduktion och leder till det ”spänningsfall” man tillskriver spolar som är anslutna till växelströmskretsar.

I det här experimentet skall vi utnyttja självinduktionen till att bestämma en spoles induktans (och resistans). Mätresultaten tolkas med hjälp av induktionslagen; vi tillämpar sambandet mellan spänningen över en spole och strömmen genom spolen. [Det finns även andra mätmetoder för bestämning av induktansen och resistansen hos en spole, t.ex. uppmätning av resonanskurvan för en LC-krets (se lab.1) där kapacitansen är känd, eller magnetisk flödesmätning (t.ex. med Halleffektsensor). Därtill finns särskilda mätinstrument, såsom LCR-metern, ta själv reda på hur den fungerar ...].

Experiment: Anslut en *triangelformad* spänning med topp-till-toppvärdet 5 volt till en krets som utgörs av en 600 varvs spole seriekopplad med en resistor (ca.1000 Ω). Studera med oscilloskop spänningen över resistorn och spänningen över spolen vid fem olika frekvenser (Välj själv frekvenserna! Testa några olika innan mätserien inleds så att du får en ”bra” mätsignal). Använd vid mätningen oscilloskopets båda ingångar (CH1 och CH2).

OBS! Tänk på att *ingångarna har en gemensam jord*: Koppla in jordkabeln (svarta ledningen) från båda oscilloskopingångarna till *samma punkt* i kretsen. Denna punkt ska INTE vara punkten där signalgeneratoren har sin jord, utan välj istället punkten där spolen är kopplad till resistorn, Gör man inte detta så blir någon komponent kortsluten... Denna nödvändiga åtgärd leder dock till att polariteten för en av spänningarna kastas om i oscilloskopet så var observant vid avläsningen! Man kan också ”invertera” en av kanalerna i oscilloskopet och på så sätt få korrekt polaritet på signalerna som visas i displayen.

Bestäm med hjälp av mätresultaten spolens induktans och resistans. Använd sedan LCR-metern och jämför mätvärdena!

Induktansen kan också beräknas approximativt med uttrycket $L = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{\sqrt{d^2 + l^2}}$ där N är antalet lindningsvarv och A , d samt l är spolens tvärsnittsarea, (medel)diameter respektive längd.

EXTRA UPPGIFT (för dem som har tid & intresse)

C. Impedansens frekvensberoende hos spole och kondensator

Anslut en spole (10 mH) till LCR-metern (en modell där man kan variera frekvensen kontinuerligt) och mät impedansen som funktion av frekvensen. Notera fasvinkeln så att du ser vilken karaktär komponenten har (induktiv, kapacitiv)! Rita en graf av $|Z|$ som funktion av f och bestäms resonansfrekvensen (om sådan finnes). Förklara grafens utseende! Man kan också snabbt få uppfattning om resonansfrekvensen genom att studera fasförskjutningen (hur stor är den vid resonans ... och vad händer med dess tecken kring resonans)?

Upprepa mätningarna för en elektrolytkondensator (100 μF) och en keramisk kondensator (10 nF). Kommentera resultaten!