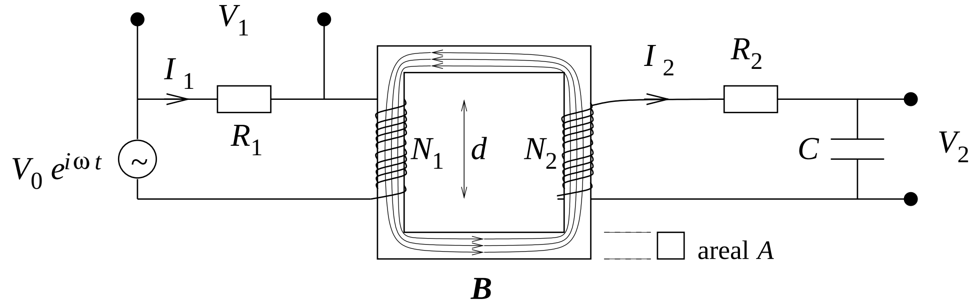
Institutt for fysikk, NTNU
FY1013 Elektrisitet og magnetisme II
Høst 2005

Øving 6

Veiledning: Mandag 3. og onsdag 5. oktober
Innleveringsfrist: Fredag 7. oktober

Figuren nedenfor viser en elektrisk krets som kan brukes til å måle magnetfeltet i jernkjernen midt i kretsen:



(Du skal senere bruke en tilsvarende krets på laben til å måle magnetisk hysterese.) På jernkjernen er det viklet opp spoletråd med henholdsvis N_1 og N_2 viklinger på venstre og høyre side, begge over en lengde d. Dette er essensielt en transformator.
Spole 1 er en del av den såkalte *primærkretsen*, som i tillegg består av en motstand R_1 og en vekselspenningskilde $V_0 \cos \omega t$, eventuelt $V_0 \exp(i\omega t)$ på kompleks form.
Spole 2 er en del av *sekundærkretsen*, som i tillegg består av en motstand R_2 og en kondensator med kapasitans C.
Vi ser av figuren at V_1 og V_2 er spenningen over henholdsvis motstanden i primærkretsen og kondensatoren i sekundærkretsen.
Jernets relative permeabilitet er μ_r. Tverrsnittet av jernkjernen har areal A. Hvis det genereres et magnetfelt $\boldsymbol{B}$ ved at det sendes en strøm gjennom den ene eller andre spolen, vil magnetfeltlinjene med god tilnærmelse holdes inne i jernet. Dermed vil essensielt samme magnetiske fluks passere innenfor samtlige viklinger på begge de to spolene. Vi antar derfor at $B = 0$ overalt utenfor jernkjernen.

a) Bestem selvinduktansene L_1 og L_2 til de to spolene. Du kan regne som om begge de to spolene er uendelig lange. (Dvs: Bruk det du vet om magnetfeltet inne i en uendelig lang og tett viklet spole. Se også øving 14 fra i vår.)

b) Bestem primærkretsens impedans $Z_1(\omega)$. (ω representerer vinkelfrekvensen til den påtrykte spenningen $V_0 \cos \omega t$.)

c) Sekundærkretsen er en seriekobling av motstanden R_2 og kapasitansen C. Hva er da sekundærkretsens impedans $Z_2(\omega)$? (Merk at spole 2 ikke blir en del av Z_2, ettersom spolen representerer spenningskilden i denne kretsen!) Vis at vi for vinkelfrekvenser $\omega \gg 1/R_2C$ kan gjøre tilnærmelsen $Z_2 \simeq R_2$.

d) Vis at dersom vi kan gjøre tilnærmelsen $Z_2 \simeq R_2$, vil kondensatorens ladning, og dermed spenningsfallet over kondensatoren bli proporsjonal med magnetfeltet B inne i jernkjernen:

$$V_2 = \frac{Q}{C} = \frac{N_2 A B}{R_2 C}$$

Hvordan modifiseres denne sammenhengen dersom vi *ikke* har så stor vinkelfrekvens at $\omega \gg 1/R_2C$ (dvs: dersom vi ikke kan anta $Z_2 \simeq R_2$)?

Kommentar: Vi gjør samme antagelse her som i laboppgaven om magnetisk hysterese, nemlig at $R_2 \gg R_1$. Da blir strømmen i sekundærkretsen mye mindre enn strømmen i primærkretsen, slik at gjensidig induksjon fra spole 2 til spole 1 kan neglisjeres.