

EKSAMEN I: ELE100 Elektroteknikk 1

VARIGHET: 4 timer, 09.00 - 13.00

Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler tillatt. Vedlagt formelsamling og enkel kalkulator.

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 8 OPPGAVER PÅ 5 SIDER

MERKNADER: Figurer på 2 sider, og formelsamling på 7 sider.

De første 5 oppgavene er obligatorisk. Det er tilstrekkelig å gjøre 1 av de 3 siste oppgavene. Vekt er gitt i parentes. Figurer finnes i vedlegg og aktuelle formler og ekvivalentskjema finnes i formelsamlingen på slutten av oppgavesettet. Figurene i vedlegget kan brukes ved løsning av oppgavene og legges da ved originalen.

Oppgave 1

(25%) I denne oppgaven er det gitt 10 spørsmål som kan besvares relativt kort.

- Figur 1 (figurvedlegg) viser et kretselement hvor $v = 12.0\text{ V}$ og $i = 8.0\text{ A}$, likestrøm. Forbruker eller leverer kretselementet energi? Hva er energien for et tidsrom $t = 1.0\text{ min}$?
- Spenningen over en kondensator, $C = 0.1\ \mu\text{F}$, er som vist i Figur 2. Beregn og skisser strømmen gjennom kondensatoren.
- Hva er strømmen i_b i Figur 3? Hvilken lov bruker vi for denne beregningen?
- Finn Norton-ekvivalenten for kretsen i Figur 4.
- Lag en skisse som viser strøm-spennings-karakteristikken for en diode. Skriv opp et uttrykk for strømmen som funksjon av spenningen dersom $n = 1$, $I_S = 1.0\text{ pA}$ og temperaturen er 20 grader Celsius.
- Hva er spenningen mellom *Gate* og *Source* for transistoren i Figur 5 når $R = 2.0\text{ k}\Omega$? Hva er strømmen i *Gate*?
- I Figur 6 er det vist en toroid jernkjerne med en spole på N vindinger og strøm I . Skriv opp Ampers lov og vis hvordan den kan brukes til å finne den magnetiske feltstyrken på senterlinjen.

- h) Gitt en ideell transformator hvor sekundærspenningen er $V_2 = 240 \text{ V}$ når primærspenningen er $V_1 = 12 \text{ V}$. Hva er primærstrømmen når sekundærstrømmen er $I_2 = 50 \text{ mA}$.
- i) En trefase induksjonsmotor på 10 hestekrefter er tilkoblet et nett med linjespenning $V_{linje} = 220 \text{ V}$. Effektfaktoren er 0.85 induktiv og virkningsgraden 70 prosent. Finn effekten som nettet må levere ved full last. Hva er da linjestrømmen?
- j) Hva er en *synkron kondensator*? Forklar kort og angi hva den brukes til.

Oppgave 2

(10%) I Figur 7 (figurvedlegg) er det vist en likestrømskrets.

- a) Beregn spenningene v_1 og v_2
- b) Bruk resultatet fra a) og finn spenningen mellom punktene a og b. Forklar kort hvordan resultatet fremkommer.

Oppgave 3

(15%) I Figur 8 (figurvedlegg) har vi en vekselstrømskrets som representerer en synkronmotor. For en bestemt motor er spenningen $\mathbf{V}_a = (480 + j0) \text{ V}$. Reaktansen $X_s = 1.4 \Omega$. Belastningen er slik at strømmen $\mathbf{I}_a = 28.8 \angle 25.8^\circ \text{ A}$.

- a) Hva er da den induserte spenningen \mathbf{E}_r , tallverdi og fase?
- b) Lag viserdiagram for kretsen.

Belastningen til motoren økes slik at indusert spenning blir $\mathbf{E}_r = 498.9 \angle -16.9^\circ \text{ V}$.

- c) Hva blir da linjestrømmen \mathbf{I}_a ? Hva er effektfaktoren? Angi om belastningen er induktiv eller kapasitiv.

Oppgave 4

(25%) Vi skal her utføre beregninger for en trefase trekant-koblet asynkron induksjonsmotor. Linje-linje-spenningen er $V_{linje} = 440 \text{ V}$ (effektivverdi) med frekvens $f = 60 \text{ Hz}$ og antall poler $P = 6$. Komponentene i ekvivalentkretsen har følgende verdier $R_s = 0.08 \Omega$, $X_s = 0.2 \Omega$, $X_m = 7.5 \Omega$, $R'_r = 0.06 \Omega$, $X'_r = 0.15 \Omega$. Ved belastning er *sakkingen*, $s = 0.04$ og rotasjonstapene $P_{rot} = 2.0 \text{ kW}$. I Figur 10 er det vist ekvivalentskjema for en induksjonsmotor. Figur 9 viser en forenklet versjon. Med verdiene ovenfor blir $Z_1 = (0.08 + j0.2) \Omega$ og $Z_m = j7.5 \Omega$.

a) Hva er Z'_r ?

Den totale impedansen kan beregnes til $Z_s = (1.4684 + j0.6193) \Omega$.

b) Hva er *effektfaktoren*? Finn også *inngangseffekten* for motoren.

Spenningen over Z_{eq} er $\mathbf{V}_x = (398.19 - j42.296) \text{ V}$.

c) Vis at strømmen $\mathbf{I}'_r = 265.6 \angle -11.8^\circ \text{ A}$ og beregn utgangseffekten.

d) Finn *koppertapet*.

e) Beregn *dreiemomentet*.

f) Hva er *virkningsgraden* for denne motoren?

Oppgave 5

(20%) Gitt en induktiv last på 18.0 kVA , med effektfaktor 0.8 og spenning $V_L = 240 \text{ V}$. Lasten er koplet til sekundæren på en transformator. Resistansen i sekundærviklingen er $R_2 = 0.02 \Omega$ og lekasjereaktansen $X_2 = 0.15 \Omega$. Se ekvivalentskjema, Figur 11 i figurvedlegg (dette er en forenklet utgave av ekvivalentskjemaet side 6 i formelsamlingen). Resistansen i primærviklingen er $R_1 = 15.0 \Omega$ og lekasjereaktansen er $X_1 = 120 \Omega$. Magnetiseringsreaktansen $X_m = 30 \text{ k}\Omega$ og kjernetapresistansen er $R_c = 200 \text{ k}\Omega$. Transformatoren har omsetningsforholdet $8 \text{ kV}/240 \text{ V}$ og frekvensen er $f = 50 \text{ Hz}$.

a) Beregn strømmene \mathbf{I}_1 og \mathbf{I}_2 . (Tips: Finn først strømmen i lasten)

b) Hva er totalt effekttap? Bruk $V_s = 8500 \text{ V}$. (Sett opp et uttrykk dersom du ikke har funnet alle nødvendige strømmer og spenninger.)

c) Beregn virkningsgraden.

- d) Hvilken virkning har magnetiseringsreaktansen på bruken av denne transformatoren? (Tips: Hva med strømmen fra kilden?) Forklar kort.

Oppgave 6

(5%) En enkel spenningsregulator er vist i Figur 12. Karakteristikken for den brukte zenerdioden er gitt i Figur 13. Kildespenningen, $V_{SS} = 8.45 \text{ V}$, resistansen, $R = 1300 \Omega$ og $R_L = 6276 \Omega$.

- Beregn R_T og V_T .
- Finn arbeidspunktet for zenerdioden. Både strøm og spenning skal angis.
- Hva er strømmen i R_L og strømmen som spenningskilden må levere?

Oppgave 7

(5%) Gitt en NMOSFET med karakteristikk og arbeidslinje som vist i formelsamlingen side 3 (nederst til høyre). Til forspenning brukes en standard kobling slik som vist på side 4 i formelsamlingen. La source-motstanden være null, $R_S = 0$.

- Hva er spenningen V_{DD} og resistansen for R_D ?
- Foreslå verdier for R_1 og R_2 slik at arbeidspunktet blir som vist på figuren med karakteristikkene. (Tips: Velg først den ene resistansen og beregn deretter den andre.)
- Forklar kort med utgangspunkt i karakteristikkene og arbeidslinja hvordan denne koblingen kan gi spenningsforsterkning. Hvilken inngangsresistans ser inngangssignalet?

Oppgave 8

(5%) En shuntkoblet DC-motor har $R_A = 1.0 \Omega$ og $R_F + R_{adj} = 200 \Omega$. Ekvivalentskjema er vist på side 7 i formelsamlingen. Linjespenning er $V_T = 200 \text{ V}$. Moment-fart-karakteristikken er gitt ved uttrykket

$$T_{dev} = \frac{K\Phi}{R_A}(V_T - K\Phi\omega_m). \quad (1)$$

For omdreiningstall $n_m = 1200 \text{ o/min}$ er armaturspenningen $E_A = 175 \text{ V}$. Følgende sammenheng gjelder

$$K\Phi = \frac{E_A}{\omega_m}. \quad (2)$$

- Beregn faktoren $K\Phi$. (Husk $\omega = n\frac{2\pi}{60}$.)
- Lag en skisse som viser moment-fart-karakteristikken med påsatte verdier på aksene. Bruk omdreiningstallet, n , som horisontal akse og momentet i Nm vertikalt.
- Avgitt effekt er gitt ved $P_{dev} = \omega_m T_{dev}$. Lag en skisse som viser avgitt effekt som funksjon av omdreiningstallet fra null til omdreiningstallet i tomgang.