

EKSAMEN I: ELE 100 Elektroteknikk

VARIGHET: 4 timer, 09.00 - 13.00

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

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 8 OPPGAVER PÅ 10 SIDER

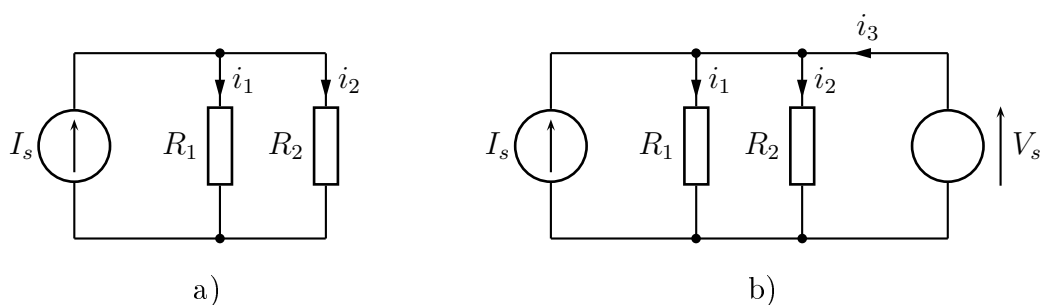
MERKNADER: Formelsamling på 8 sider.

De første 5 oppgavene er obligatorisk. Det er tilstrekkelig å gjøre 1 av de 3 siste oppgavene. Vekt er gitt i parentes. Aktuelle formler og ekvivalentskjema finnes i formelsamlingen på slutten av oppgavesettet. Figurene i oppgavesettet 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!

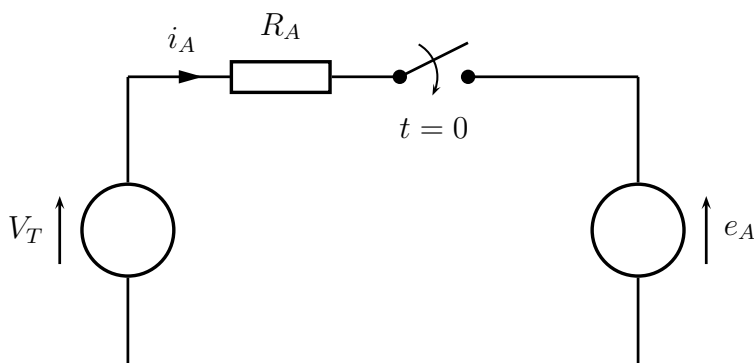
Figur 1 viser to kretsskjema, a) og b) hvor $I_s = 9\text{ A}$, $R_1 = 20\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$ og $V_s = 20\text{ V}$.



Figur 1: Krettsdiagram 1.

- a) Hva er strømmene i_1 og i_2 i krets a)?
- b) Hva er strømmene i_1 , i_2 og i_3 i krets b)?

- c) Hva er effekten for de to kildene i krets b)? Angi om kildene leverer eller forbruker energi.



Figur 2: Kretsdiagram 2.

I Figur 2 er det gitt kretsdiagrammet for en lineær likestrømsmaskin. V_T er en likespenningskilde og e_A er indusert spenning i armaturkretsen. Armaturen består av en rett leder med lengde $l = 0.5 \text{ m}$ som beveger seg i et magnetisk felt med flukstetthet $B = 0.9 \text{ T}$. Det magnetiske feltet er rettet vinkelrett på lederens retning. Armatur-resistansen $R_A = 0.18 \Omega$ og tilført spenning $V_T = 36 \text{ V}$.

- d) Hva er kraften på lederen i startøyeblikket $t = 0$?
 e) Hva er farten til lederen i stasjonær tilstand?

I Figur 3 er det vist utgangspenningen fra en brolikeretter med glattekondensator. Glattekondensatorens kapasitans er gitt ved den omtrentlige verdien

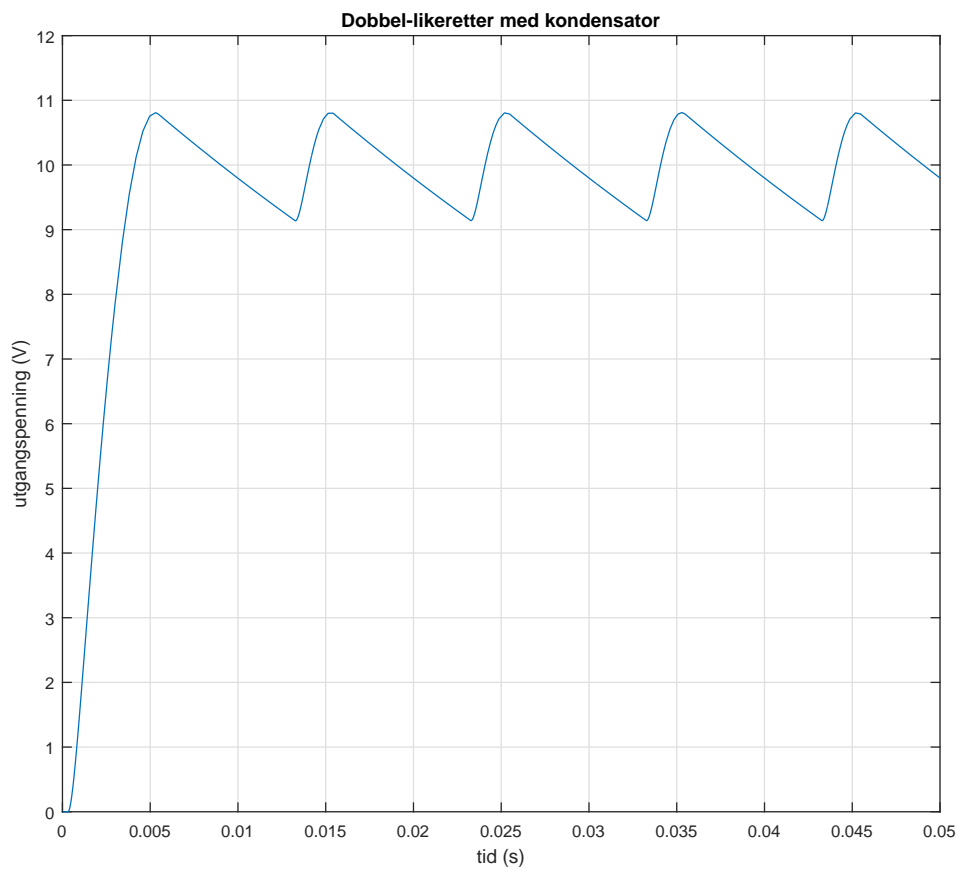
$$C \approx \frac{I_L T}{2V_r}. \quad (1)$$

Belastnings-resistansen til likeretteren i Figur 3 er $R_L = 100 \Omega$.

- f) Ta utgangspunkt i Figur 3 og finn frekvensen og spenningens effektivverdi for inngangspenningen til brolikeretteren. Anta at diodene er ideelle.
 g) Hva er kapasitansen til glattekondensatoren?

Vi skal nå se på en NMOS FET med følgende mål: Kanalens lengde $L = 4.0 \mu\text{m}$ og bredden $W = 800.0 \mu\text{m}$. (Geometrien for en slik transistor finner du i formelsamlingen.) Transistoren har $KP = 50.0 \mu\text{A/V}^2$ og terskelspenning $V_{t0} = 2.0 \text{ V}$. (Tips: Se formelsamlingen side 3.) I triodeområdet hvor v_{DS} er liten kan vi skrive

$$i_D = 2K(v_{GS} - V_{t0})v_{DS}. \quad (2)$$



Figur 3: Utgangspenningen fra en brolikeretter med glattekondensator.

- h) Hva er konstanten K ?
- i) Hva er resistansen i kanalen når $v_{GS} = 2.5\text{ V}$?
- j) Hva er en **synkron kondensator**? Hvilken nytte kan denne ha?

Oppgave 2

(20%) I Figur 4 har vi en vekselstrømskrets som representerer en enfase induksjonsmotor. Kondensatoren C_2 er ikke koblet til. Det er ønskelig at fasen mellom strømmen i hjelpeviklingen (Auxiliary), \mathbf{I}_a og strømmen i hovedviklingen (Main), \mathbf{I}_m skal være 90 grader. Kildespenningen er $\mathbf{V} = 240 \angle 0^\circ \text{ V}$ ved frekvens $f = 50 \text{ Hz}$. Følgende verdier er gitt for kretskomponentene: $R_m = 6 \Omega$, $L_m = 25.5 \text{ mH}$, $R_a = 12 \Omega$ og $L_a = 28.6 \text{ mH}$.

Strømmen i hjelpeviklingen er gitt ved uttrykket

$$\mathbf{I}_a = \frac{\mathbf{V}}{R_a + jX} \quad \text{hvor} \quad X = X_a - X_{C_1}. \quad (1)$$

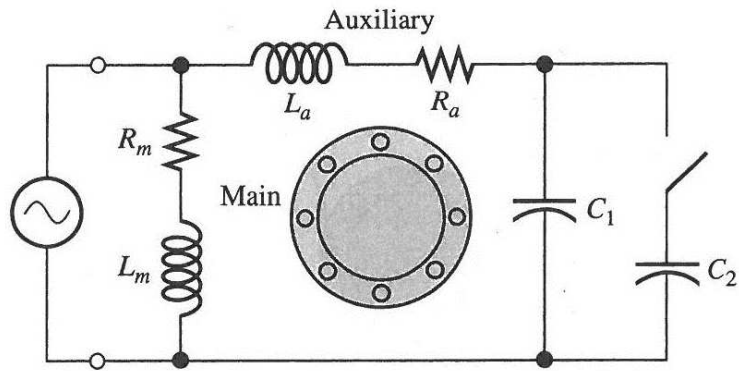
- a) Beregn reaktansene, X_a og X_m .
- b) Finn impedansen i hovedviklingen, Z_m , angitt ved tallverdi og fase og beregn strømmen \mathbf{I}_m .
- c) Hva må fasevinkelen til strømmen \mathbf{I}_a være?
- d) Beregn kapasitansen til C_1 slik at fasen mellom \mathbf{I}_a og \mathbf{I}_m er 90 grader..
- e) Lag viserdiagram for kretsen.

Oppgave 3

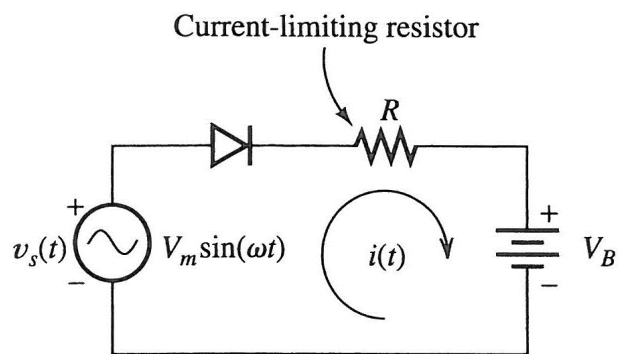
(10%)

Figur 5 viser en krets for opplading av et batteri. La $R = 9.0 \Omega$, $V_B = 6.0 \text{ V}$ og $V_m = 8.0 \text{ V}$ med frekvens $f = 1000 \text{ Hz}$. I lederetning erstattes dioden med en lineær ekvivalent hvor $V_d = 0.7 \text{ V}$ og $R_d = 1.0 \Omega$.

- a) Skisser ekvivalentskjema for tidsrommet hvor dioden leder.
- b) Finn hvilket tidsintervall dioden leder.
- c) Beregn og skisser strømmen i kretsen for en hel periode av spenningen $v_s(t)$.



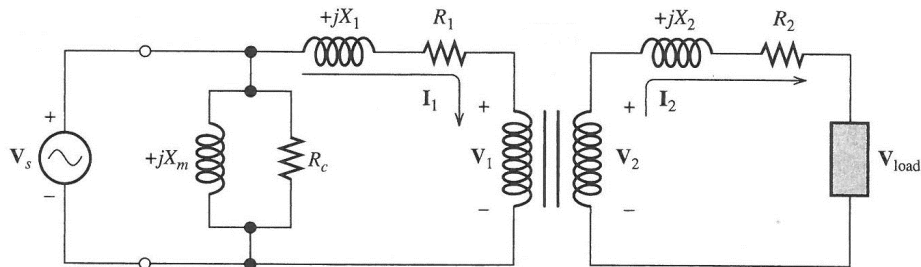
Figur 4: Ekvivalentsskjema for enfase induksjonsmotor.



Figur 5: Krets for opplading av batteri.

Oppgave 4

(17.5%)



Figur 6: Ekvivalentskjema for transformator.

Ekvivalentskjema for en av fasene i en trefase-transformator er gitt i Figur 6. Tallverdier for komponentene i ekvivalentskjemaet er:

- $(N_1 : N_2) = (40:1)$
- $f = 50 \text{ Hz}$
- $R_1 = 15.0 \Omega$
- $X_1 = 120 \Omega$
- $R_2 = 0.02 \Omega$
- $X_2 = 0.10 \Omega$
- $R_c = 600 \text{ k}\Omega$
- $X_m = 30 \text{ k}\Omega$

Lasten er induktiv og 22.0 kVA. Effektfaktoren er 0.866 og spenningen over lasten, $V_{load} = 220 \text{ V}$ effektivverdi.

- Hva er strømmen i sekundærviklingen, I_2 (tallverdi og fase)?
- Hva er strømmen i primærviklingen, I_1 ?
- Beregn spenningen over sekundærviklingen, V_2 . Lag viserdiagram for sekundærkretsen.

Spenningen inn på primærsiden er $V_s = 9268 \text{ V}$ effektivverdi.

- d) Hva er totalt effekttap? (Sett opp et uttrykk dersom du ikke har funnet alle nødvendige strømmer og spenninger.)
- e) Hva er virkningsgraden for transformatoren?
- f) Hvordan påvirker effektfaktoren virkningsgraden for transformatoren? Forklar kort og ta utgangspunkt i at effektfaktoren til lasten reduseres samtidig som at utgangseffekten skal være den samme.

Oppgave 5

(17.5%) Gitt en trefase synkron-motor med ekvivalentskjema som vist på side 8 i formelsamlingen. Motoren er trekant-koblet og har en nominell effekt på 200 hestekrefter. Antall poler er $P = 8$ og frekvensen $f = 100$ Hz. Synkron reaktans er $X_s = 1.5 \Omega$. Linjespenningen er $V_{linje} = 440$ V.

Motoren kjøres slik at utgangseffekten er 100 hestekrefter med en effektfaktor på 0.9 kapasitiv. Vi ser bort fra tap.

- a) Hvilken fart går motoren med og hva er utviklet moment?
- b) Beregn fasestrømmen, I_a , tallverdi og fase.
- c) Hva er den induerte spenningen E_r , tallverdi og fase? Hva er momentvinkelen? Lag viserdiagram.

Utgangseffekten holdes konstant og feltsrømmen justeres slik at effektfaktoren blir lik en,1.

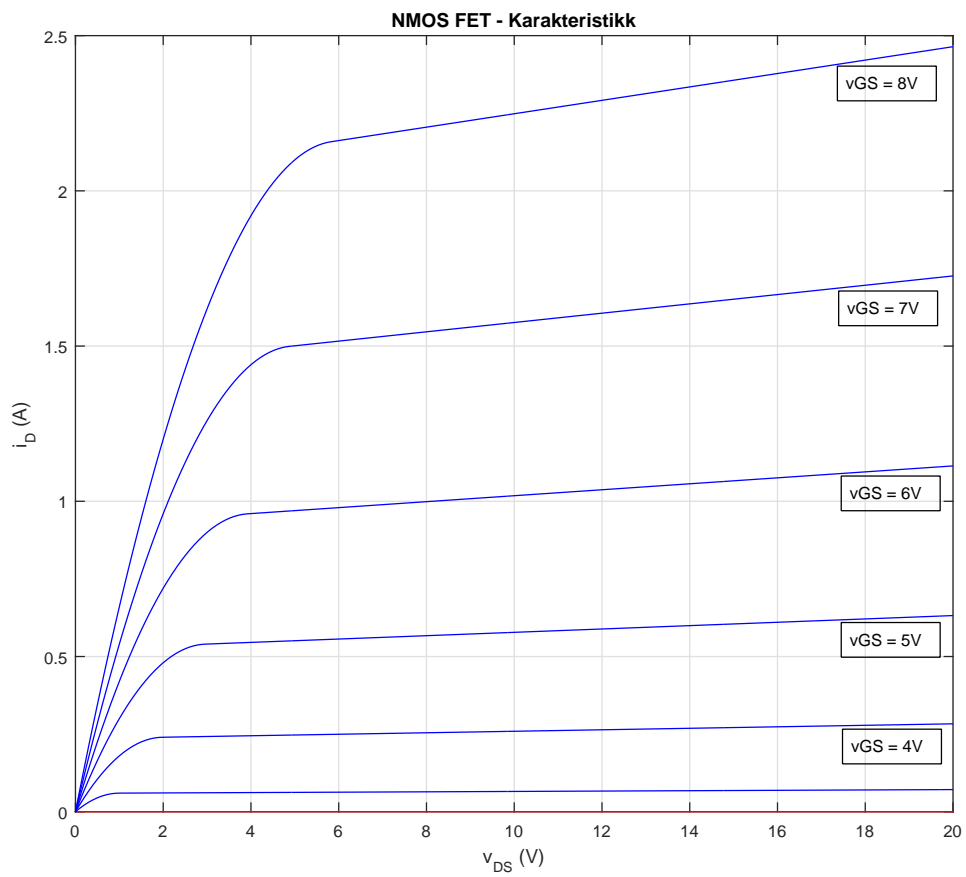
- d) Lag viserdiagram for denne situasjonen.
- e) Hva blir nå fasestrømmen?

Oppgave 6

(10%)

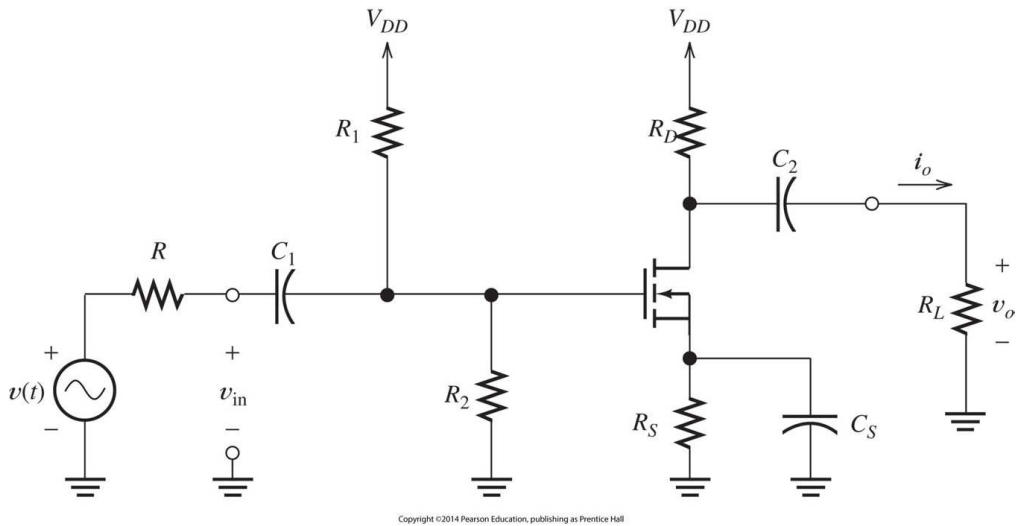
Strøm-spennings karakteristikk for en NMOS FET er gitt i Figur 7. Denne transistoren er brukt i en forsterker-kobling som vist i Figur 8. Motstandene i kretsen har følgende resistanser $R_1 = 70 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$, $R_D = 10 \Omega$ og $R_S = 0 \Omega$. Likespenningskilden, $V_{DD} = 20$ V. Terskelspenningen $V_{t0} = 2.0$ V.

- a) Lag arbeidslinje og finn arbeidspunktet angitt ved V_{DSQ} , I_{DQ} og V_{GSQ} .



Figur 7: Strøm-spennings karakteristikk for en NMOS FET.

- b) Bruk karakteristikkene til å finne transkonduktansen i arbeidspunktet.
- c) Hva er hensikten med kondensatorene C_1 og C_2 og hvordan dimensjoneres disse?



Figur 8: Felles Sourceforsterker.

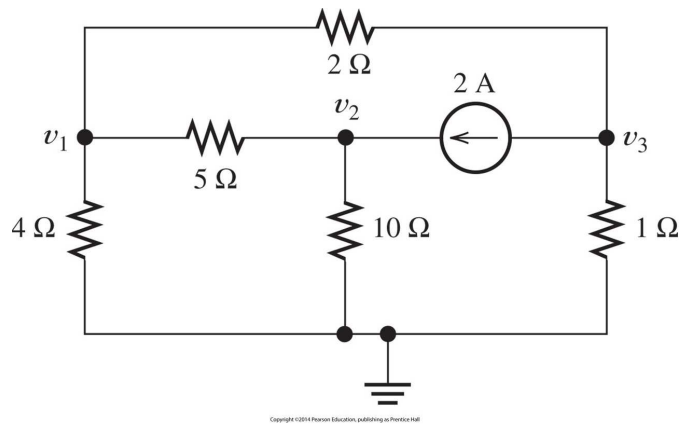
Oppgave 7

(10%) I denne oppgaven skal vi se på en elektrisk likestrømskrets med fire knutepunkt, Figur 9.

- a) Vis hvordan du ved hjelp av knutepunktsmetoden kan sette opp et sett av tre ligninger med de tre ukjente spenningene, v_1 , v_2 og v_3 .
- b) Løs ligningsettet i punkt a).
- c) Hva er strømmen i motstanden på $5\ \Omega$, i_{12} ?

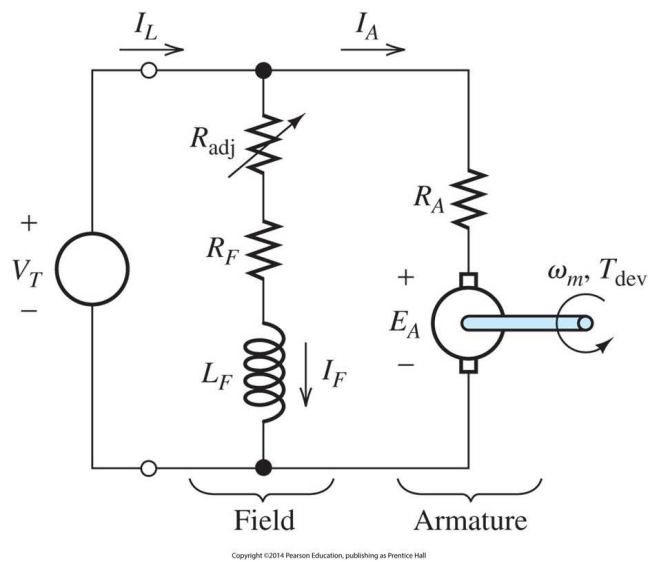
Oppgave 8

(10%) Gitt en likestrømsmotor med ekvivalentskjema som vist i Figur 10. Vi har $R_A = 0.4\ \Omega$, $I_L = 23.3\ \text{A}$, $I_F = 1.5\ \text{A}$ og $V_T = 200\ \text{V}$. Omdreiningstallet er $n_m = 1500\ \text{o/min}$ ved 5 hp.



Figur 9: Elektrisk likestrømskrets.

- Hva er inngangseffekten og virkningsgraden for motoren ved full last?
- Finn effekten tilført feltviklingen og koppertapet i armaturvindingen.
- Hva er rotasjonstapet?



Figur 10: Elektrisk likestrømskrets.