

EKSAMEN I: ELE 100 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 10 SIDER

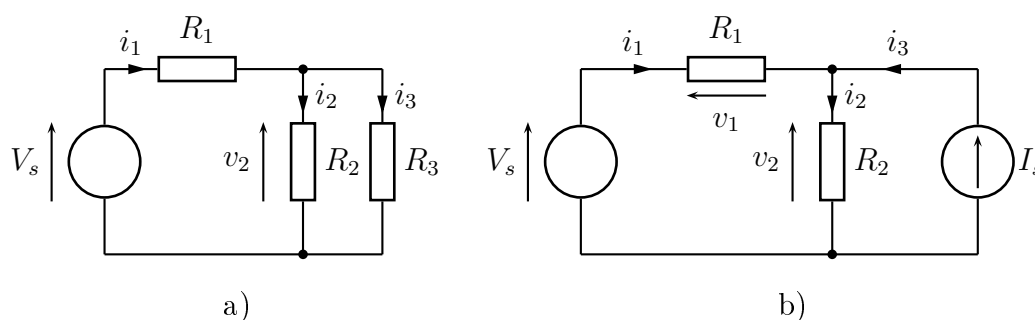
MERKNADER: Formelsamling på 8 sider.

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 $I_s = 9\text{ A}$, $R_1 = 20\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$, $R_3 = 20\ \Omega$ og $V_s = 20\text{ V}$.

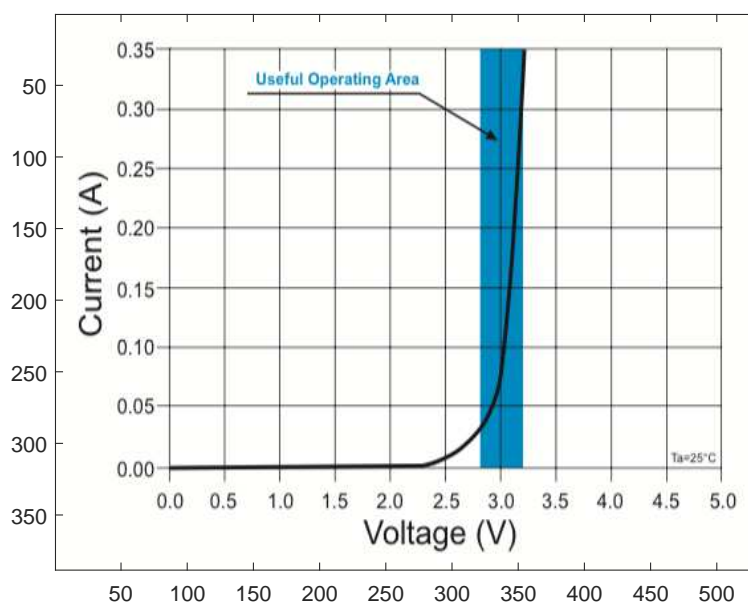


Figur 1: Krettsdiagram 1.

- Hva er strømmen i_1 og spenningen v_2 i krets a)?
- Hva er strømmene i_1 , i_2 og i_3 i krets b)? (Tips: Bruk Kirchhoffs spenningslov for sløyfen til venstre i kretsen og Kirchhoffs strømlov for knutepunktet. Bruk Ohms lov for de to resistansene. Det gir 2 ligninger med 2 ukjente.)

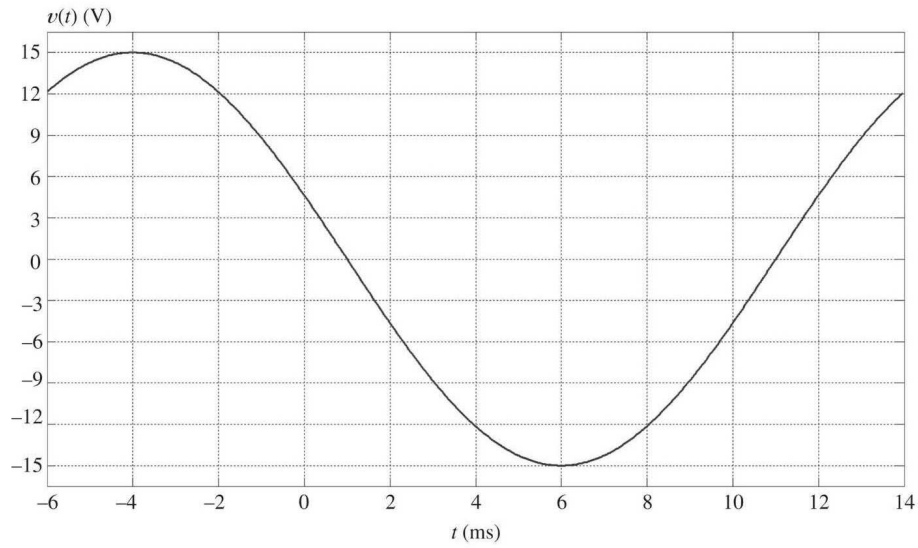
Mellom Gate og kanalen på en NMOSFET er det kapasitans. For en gitt transistor er arealet til Gate $A = 1.0 \text{ mm}^2$. Tykkelsen til det isolerende oksidlaget er $t = 0.1 \mu\text{m}$ og relativ permittivitet $\epsilon_r = 3.8$.

- c) Beregn kapasitansen.
- d) I Figur 2 vises strøm-spennings-karakteristikken for en lysemmitterende diode (LED). Denne dioden koples i serie med en resistans, $R = 15 \Omega$, og en spenningskilde på $V = 4.5 \text{ V}$. Hva blir da strømmen i dioden? (Spenningskilden er orientert slik at dioden arbeider i lederetning.)
- e) I Figur 3 har vi en vekselspenning. Skriv denne på formen $v(t) = V_m \cos(2\pi ft + \theta)$. Verdiene til V_m , f og θ skal finnes. Hva er spenningsens effektivverdi?

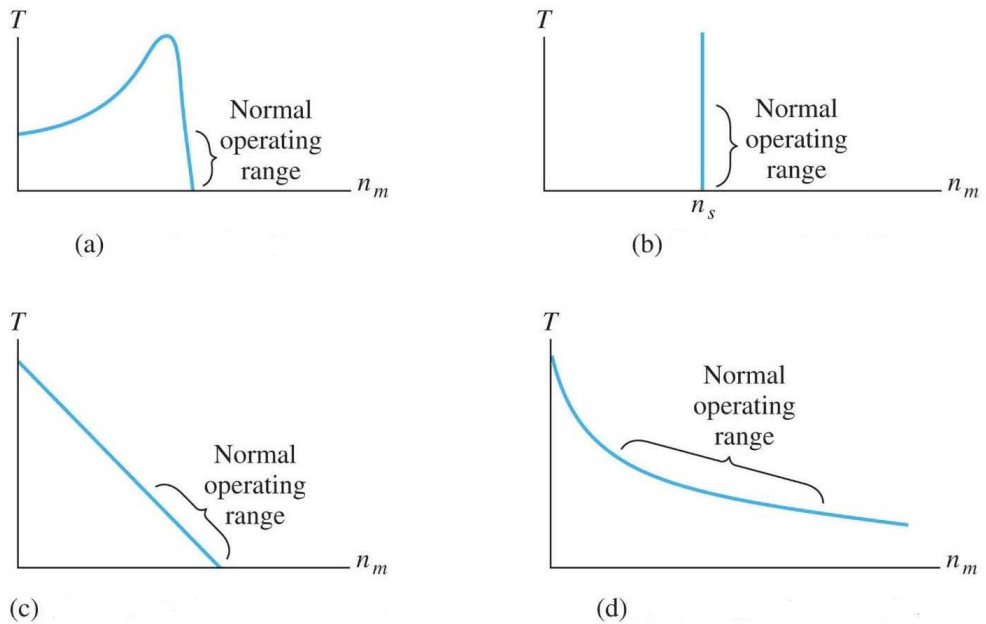


Figur 2: Strøm-spennings-karakteristikk for LED.

- f) Skriv opp Ampers lov og vis hvordan den kan brukes til å finne den magnetiske feltstyrken i senter av en toroid jernkjerne med en spole på N vindinger og strøm I . (Tips: se formelsamlingen side 5.)
- g) I Figur 4 er moment-fart-karakteristikken for fire forskjellige motorer skissert. Skriv opp motortype for hver av karakteristikkene, (a), (b), (c) og (d).
- h) Beskriv kort hva som karakteriserer en **universalmotor**.



Figur 3: Vekselspenning.

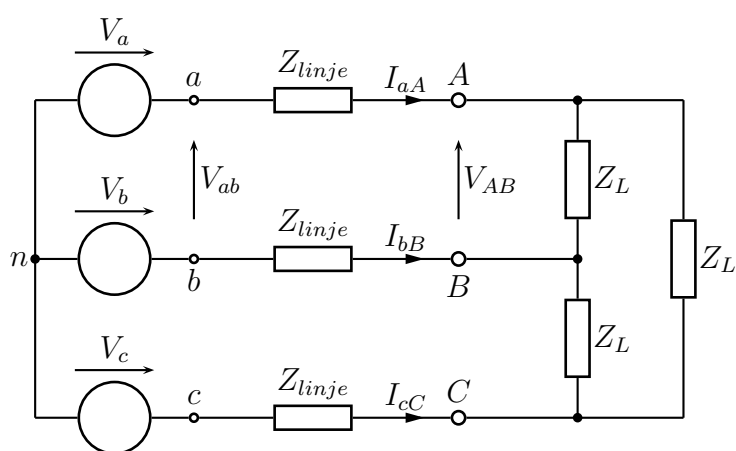


Figur 4: Moment-fart karakteristikk.

Gitt en trefase induksjonsmotor med nominell effekt 100 hp ved $n_m = 1450$ o/min. Linjespenningen er $V_{linje} = 440$ V effektivverdi.

- Hva er *vinkelhastigheten* og *utgangsmomentet* ved nominell last?
- Nevn to alternative metoder til hvordan en synkronmotor kan startes.

Oppgave 2



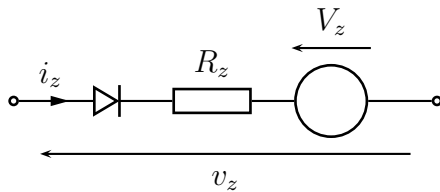
Figur 5: Trefasesystem.

(20%) I Figur 5 har vi en vekselstrømskrets som representerer en trefase overføring fra generator til last. Linjeimpedansen er $Z_{linje} = (0.03 + j0.04) \Omega$ og lastimpedansen $Z_L = (4.5 + j1.8) \Omega$. Linjespenningen $V_{AB} = 762.1 \angle 30^\circ$ V.

- Gjør om lasten til en stjernekobling og lag ekvivalentskjema for fase a-A. Beregn fasespenningen ved lasten.
- Beregn linjestrømmen I_{aA} .
- Hva blir spenningsfallet over linjen? Beregn generatorspenningen V_a . Dersom du ikke har funnet linjestrømmen bruk $I_{aA} = 300 \angle -20^\circ$ A
- Beregn strømmen i lastimpedansen Z_L mellom A og B? Hva er sammenhengen mellom denne strømmen og linjestrømmen (tallverdi og fase)? Lag viserdiagram.

Oppgave 3

(10%)



Figur 6: Zenerdiode i bakoverretning.

I Figur 6 har vi en lineær modell for Zenerdioden i bakoverretning. Dioden i kretsen er ideell. La $R_z = 33.0 \Omega$ og $V_z = 30.0 \text{ V}$.

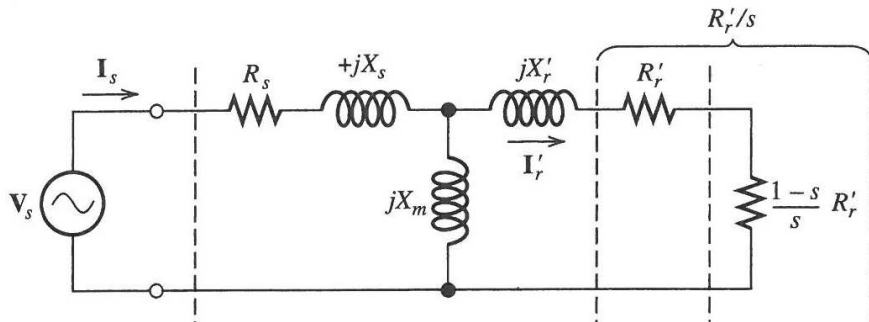
- Skisser strøm-spenningskarakteristikken i bakoverretning for denne zenerdioden. La strømmen variere mellom 0 og 0.1 A. **Merk** at strøm og spenning på Figur 6 er definert i motsatt retning sammenlignet med spenning og strøm for en diode, se formelsamlingen side 3 ($i_D = -i_z$ og $v_D = -v_z$.)
- Skisser kretsdiagrammet for en enkel spenningsregulator med bruk av denne zenerdioden.
- Spenningen som skal reguleres kommer fra en brolikeretter med glattekondensator. Spenningen fra brolikeretteren har en maksverdi på $V_m = 36.0 \text{ V}$. Hva er maksimum rippel V_r dersom reguleringen skal fungere, det vil si utgangspenningen skal være $V_{ut} \geq V_z$. Forklar hva som skjer dersom rippelspanningen blir for stor.

Oppgave 4

(20%)

Ekvivalentskjema for en av fasene i en trefase asynkronmotor er gitt i Figur 7. Motoren har 6 poler, ellers er tallverdiene for ekvivalentskjemaet gitt nedenfor:

- $f = 50 \text{ Hz}$
- $R_s = 0.48 \Omega$
- $X_s = 0.30 \Omega$
- $X'_r = 0.20 \Omega$



Figur 7: Ekvivalentskjema for asynkronmotor (induksjonsmotor).

- $R'_r = 0.04 \Omega$
- $X_m = 8 \Omega$

Fasespenningen er 440 V effektivverdi. Moment-fart karakteristikken for denne motoren er vist i Figur 8.

- Hva er synkron fart for denne maskinen?
- Les av fra Figur 8 og finn farten til motoren dersom momentet skal være $T_{ut} = 500 \text{ Nm}$. Hva blir da sakkingen s ?
- Hva er **pull-out-** (**breakover-**) momentet?
- Beregn fasestrømmen ved start.

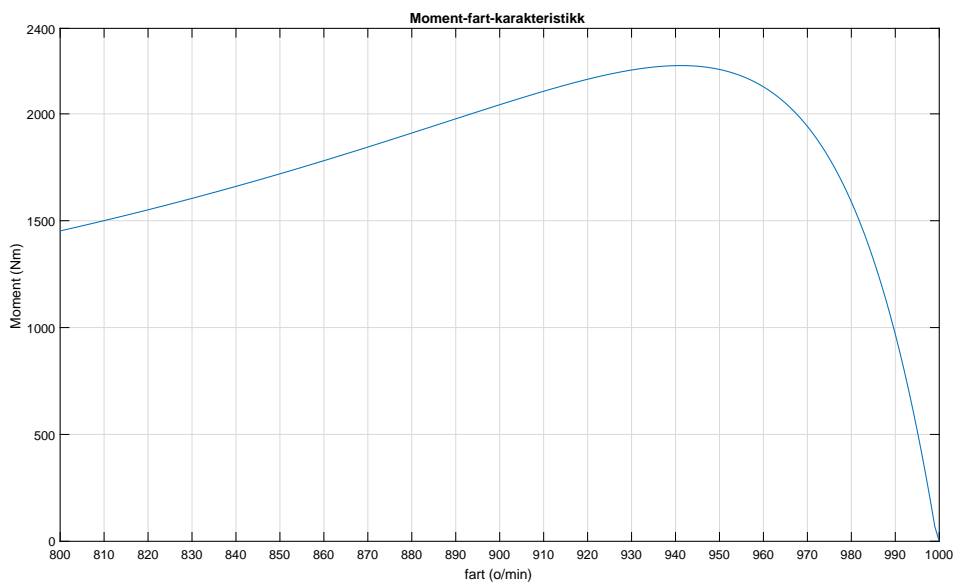
Elektrisk strøm i asynkron motor				
fart (o/min)	$ I_s $ (A)	$\angle I_s$	$ I'_r $ (A)	$\angle I'_r$
991	100.41	-31.16	86.126	-2.70
993	85.588	-36.34	68.507	-1.47
995	71.665	-44.47	50.045	-0.18
997	60.085	-57.24	30.708	1.17

Tabell 1: Fasetrømmen i stator og den transformerte rotor (se ekvivalentskjema), for noen utvalgte motorfarter. Strømmene er gitt ved tallverdi og fase.

Bruk verdier fra tabellen ovenfor, tabell 1, og verdier for komponentene i Figur 7, til å svare på spørsmålene nedenfor. Bruk farten funnet i b) (Dersom du ikke har funnet svaret for b) bruk $n_m = 991 \text{ o/min}$). Rotasjonstapene er $P_{rot} = 6.0 \text{ kW}$

e) Finn koppertapene.

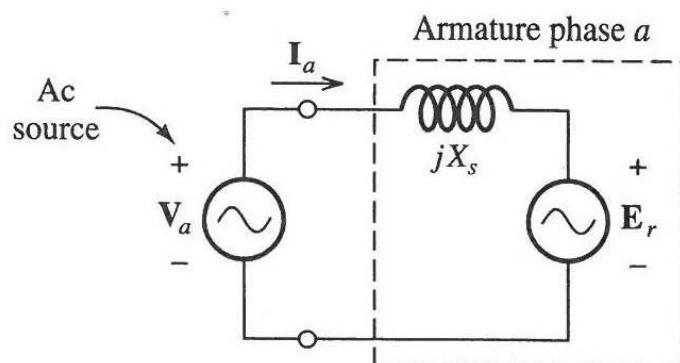
f) Hva er effektfaktoren? og Hva er virkningsgraden?



Figur 8: Moment-fart karakteristikk.

Oppgave 5

(15%)



Figur 9: Armaturkretsen for en synkron-motor.

En trefase synkron-motor har ekvivalentskjema som vist i Figur 9. Motoren er trekant-koblet, har en nominell effekt på 500 hestekrefter, antall poler $P = 8$ og frekvensen $f = 50$ Hz. Synkron reaktans er $X_s = 0.5 \Omega$. Linjespenningen er $V_{linje} = 480$ V effektivverdi. Motoren kjøres med nominell effekt med effektfaktor 0.9 induktiv. Vi ser bort fra tap.

- Hvilken fart går motoren med?
- Beregn fasestrømmen, I_a , tallverdi og fase.
- Hva er den induserte spenningen E_r , tallverdi og fase? Hva er momentvinkelen? Lag viserdiagram.

Utgangseffekten holdes konstant og feltsrømmen justeres slik at indusert spenning blir $|E_r| = 570$ V.

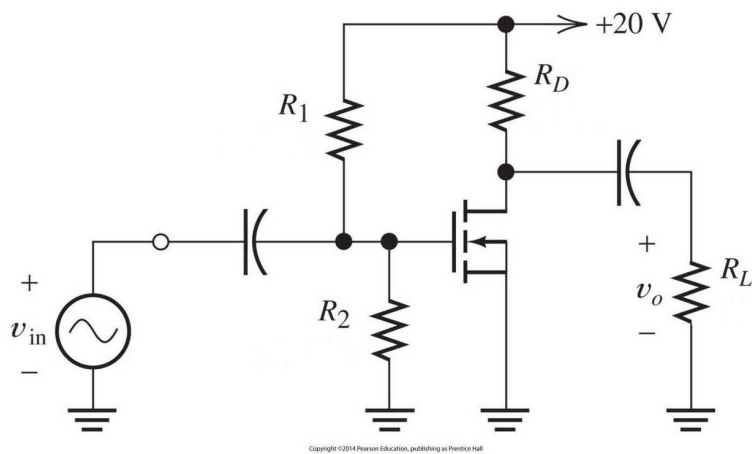
- Lag viserdiagram for denne situasjonen. Hva er den nye momentvinkelen?
- Hva blir nå fasestrømmen? Er motoren induktiv eller kapasitiv?

Oppgave 6

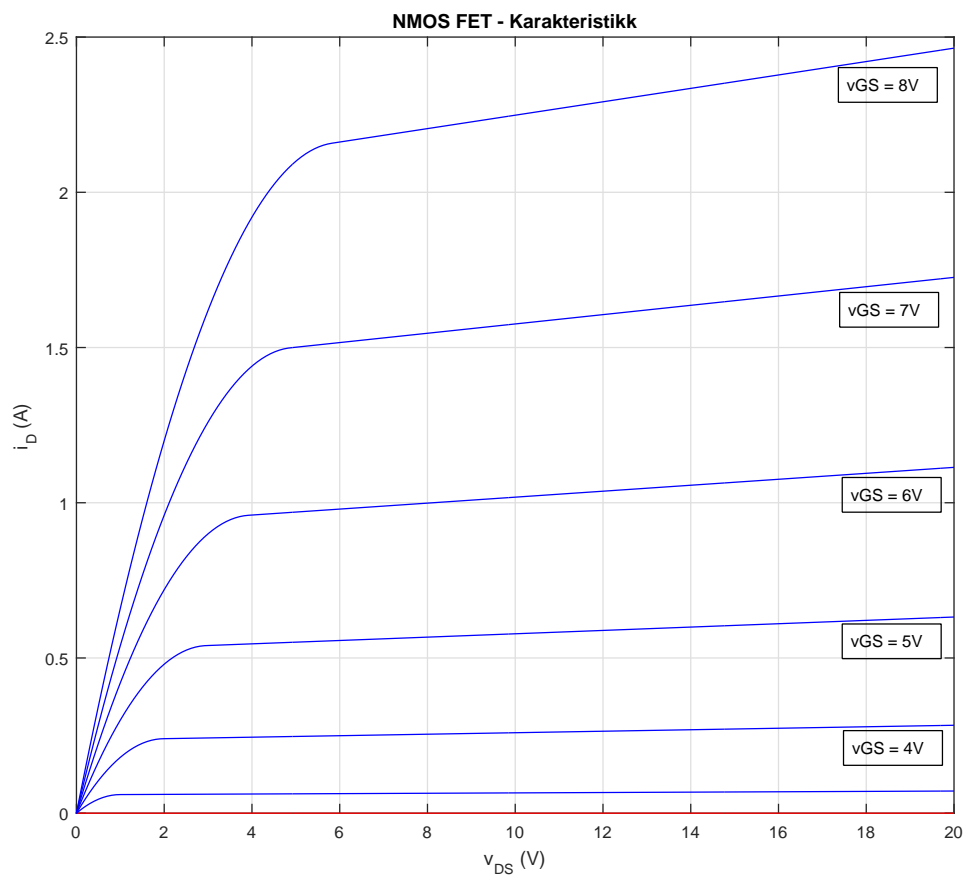
(10%)

En NMOS FET er brukt i kretsen som er vist i Figur 10. Strøm-spennings karakteristikk for denne transistoren er gitt i Figur 11. Transkonduktansen for transistoren er $g_m = 370$ mS og småsignal drain-resistansen $r_d = 180 \Omega$. $R_D = 18 \Omega$ og $R_L = 20 \Omega$.

- Hva slag krets er dette? Vi ønsker at arbeidspunktet skal ligge på kurven for $V_{GSQ} = 5.0$ V. Hva må da resistansen R_2 være dersom $R_1 = 300$ k Ω ?
- Hva blir da V_{DSQ} og I_{DQ} ? (Bruk arbeidslinje.)
- Tegn opp småsignal-ekvivalent for denne kretsen. Sett på tallverdier der disse er kjent.
- Hva blir $v_o(t)$ dersom $v_{in}(t) = 0.5 \sin(\omega t)$?



Figur 10: Krets med NMOS FET.



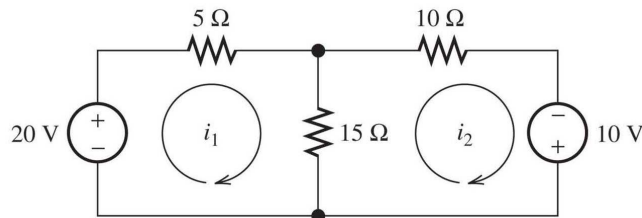
Figur 11: Strøm-spennings karakteristikk for NMOS FET.

Oppgave 7

(10%)

En likestrømskrets er gitt i Figur 12. La spenningen over resistansen i midten være v og strømmen gjennom denne i_3 .

- Vis hvordan du ved hjelp av knutepunktsmetoden kan sette opp en enkelt ligning med spenningen v som ukjent.
- Beregn spenningen v og strømmen i_3 .
- Hva er strømmene i_1 og i_2 ?



Figur 12: Elektrisk likestrømskrets.

Oppgave 8

(10%)

Gitt en likestrømsmotor med permanent magnet (ingen feltvikling). Spenningskilden er på $V_T = 12\text{ V}$. Ved låst rotor, $n_m = 0$, er strømmen $I_A = 24.0\text{ A}$.

- Hva er armatur-resistansen, R_A ?
- Hva er maksimum utviklet effekt for denne motoren. (Hint.: Bruk $P_{utv} = E_A I_A$, finn E_A og et uttrykk for P_{utv} som funksjon av I_A .)

Anta at strømmen er $I_A = 6.0\text{ A}$ og konstanten $K\Phi = \frac{3}{10\pi}\text{ Vs/rad}$.

- Hva er da farten til motoren?