

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 11 SIDER

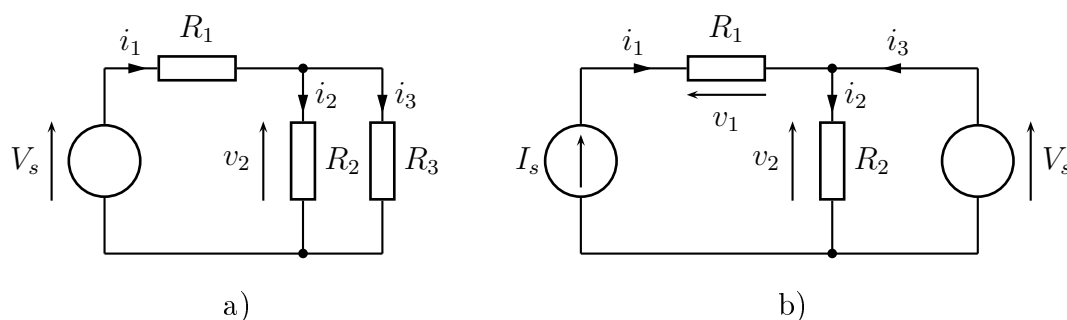
MERKNADER: Formelsamling på 8 sider.

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 krettskjema, a) og b) hvor $I_s = 1\text{ A}$, $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 40\ \Omega$, $R_3 = 40\ \Omega$ og $V_s = 20\text{ V}$.



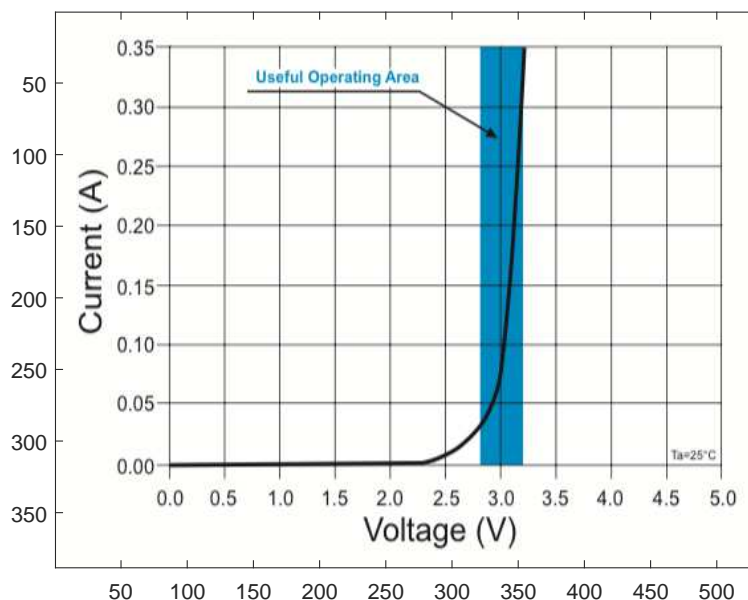
Figur 1: Krettsdiagram 1.

a) Hva er strømmen i_2 og spenningen v_2 i krets a)?

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

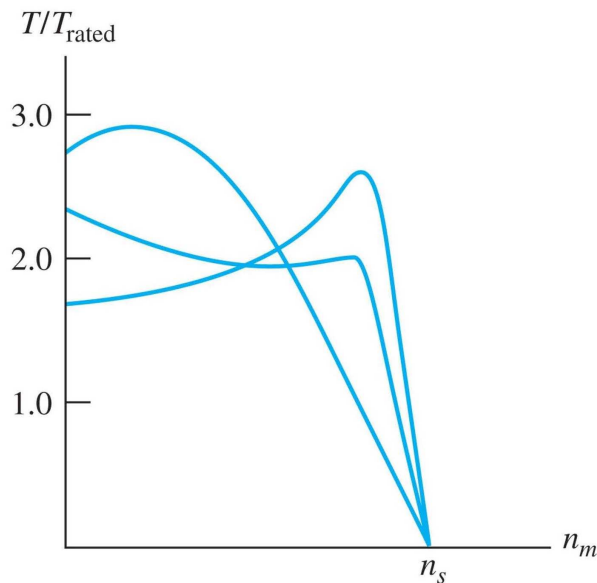
I en spole er det brukt koppertråd med diameter $d = 0.1$ mm. Den totale lengden på tråden er $l = 8.2$ m. Resistiviteten for kopper er $\rho = 1.68 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$.

- c) Beregn resistansen til spolen.
- d) I Figur 2 vises strøm-spennings-karakteristikken for en lysemmitterende diode (LED). Denne dioden koples i serie med en resistans, $R = 10 \Omega$, og en spenningskilde på $V = 4.0$ V. Hva blir da strømmen i dioden? (Spenningskilden er orientert slik at dioden arbeider i lederetning.)
- e) En vekselspenning er gitt ved $v(t) = 10 \cos(2000\pi t + \frac{\pi}{4})$. Hva er spenningsens effektivverdi, og hva er frekvensen, f ?



Figur 2: Strøm-spennings-karakteristikk for LED.

- f) En elektrisk leder med likestrøm $I = 160.0$ A er omgitt av et homogent magnetisk felt med flukstetthet $B = 1.2$ T. Strømmen er rettet vertikalt på det magnetiske feltet. Hvor stor kraft utsettes en lederlengde på 0.5 meter for? Lag en skisse som viser retningen til kraften (La feltet være rettet vertikalt nedover og strømmen ut av papirplanet.).
- g) Ulike motor design kan gi forskjellige *moment-fart* karakteristikker. Hvilken type motor har moment-fart karakteristikker som vist i Figur 3? Hva representerer farten n_s ?



Figur 3: Moment-fart-karakteristikk.

Gitt en ideell transformator hvor primærstrømmen er $I_1 = 4.5 \text{ mA}$ og sekundærstrømmen er $I_2 = 90 \text{ mA}$. Sekundærspenningen er $V_2 = 100 \text{ V}$.

h) Hva er primærspenningen?

Gitt en trefase synkronmotor med nominell effekt 100 hestekrefter. Antall poler er $P = 10$ og frekvensen $f = 50 \text{ Hz}$. Se bort fra tap.

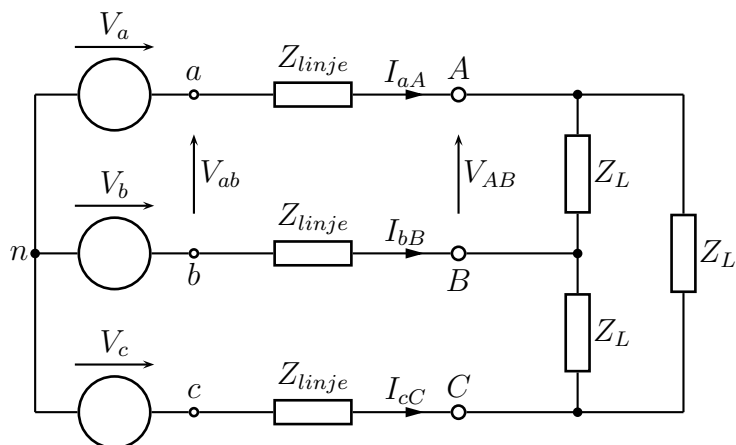
i) Hva er farten til denne motoren?

j) Hva er mekanisk moment ved nominell effekt for denne synkronmotoren?

Oppgave 2

(15%) I Figur 4 har vi en vekselstrømskrets som representerer en trefase overføring fra generator til last. Linjeimpedansen er $Z_{linje} = (.02 + j0.03) \Omega$ og lastimpedansen $Z_L = (3.0 + j1.2) \Omega$. Linjespenningen $\mathbf{V}_{AB} = 762.1 \angle 30^\circ \text{ V}$.

a) Gjør om lasten til en stjernekobling og kall nullpunktet i lasten N . Skisser den nye kretsen du da får. Hva er spenningen mellom de to nullpunktene n og N ?



Figur 4: Trefasesystem.

- b) Hva er nå fasespenningen ved lasten (spenningen mellom punktet A og N)?
- c) Hva blir spenningsfallet over linjen? Beregn generatorspenningen V_a . Dersom du ikke har funnet linjestrømmen bruk $I_{aA} = 400 \angle -20^\circ \text{A}$

Oppgave 3

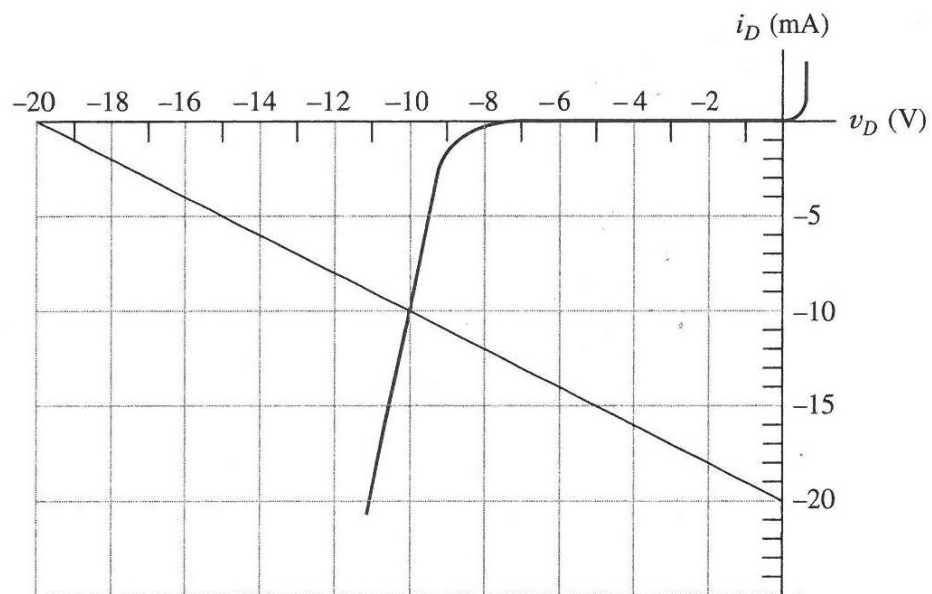
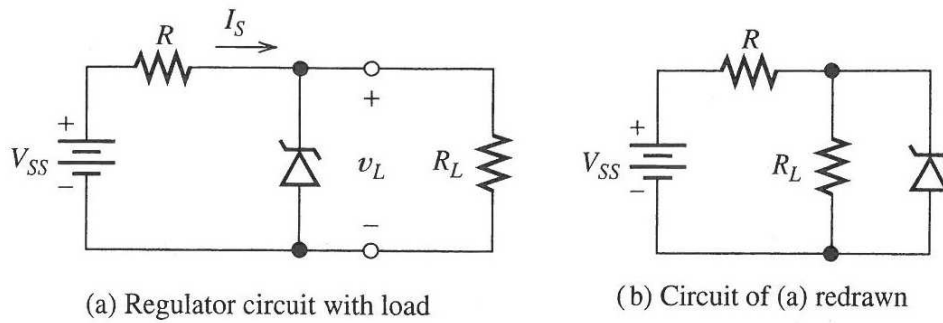
(15%)

Figur 5 viser en krets med zener-diode, øverst, og zener-diodens strøm-spenningskarakteristikk nederst. La $R = 1200 \Omega$, $R_L = 2400 \Omega$ og $V_{SS} = 27.0 \text{V}$. Arbeidslinja som er vist på figuren gjelder ikke her.

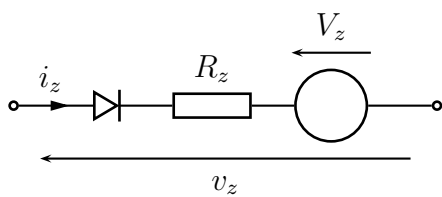
- a) Bruk Thevenins teorem (Se Figur 5 (b)) og finn arbeidslinja for zener-dioden.
- b) Hva er arbeidspunktet for zenerdioden? Både strøm og spenning skal angis.

I stedet for å bruke en grafisk løsning ved hjelp av arbeidslinje som ovenfor, kunne vi erstattet zener-dioden med en linær modell. En slik modell er vist i Figur 6.

- c) Lag kretsdiagram for spenningsregulatoren i første del av oppgaven, hvor zener-dioden erstattes med modellen fra Figur 6.
- d) Finn verdier for resistansen R_z og spenningen V_z i dette tilfellet slik at vi får en best mulig tilnærming til strøm-spenningskarakteristikken i Figur 5.



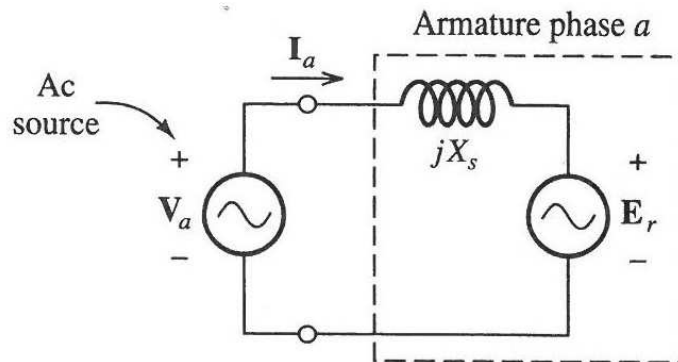
Figur 5: Krets med Zener-diode.



Figur 6: Zenerdiode i bakoverretning.

Oppgave 4

(17.5%)



Figur 7: Armaturkretsen for en synkron-motor.

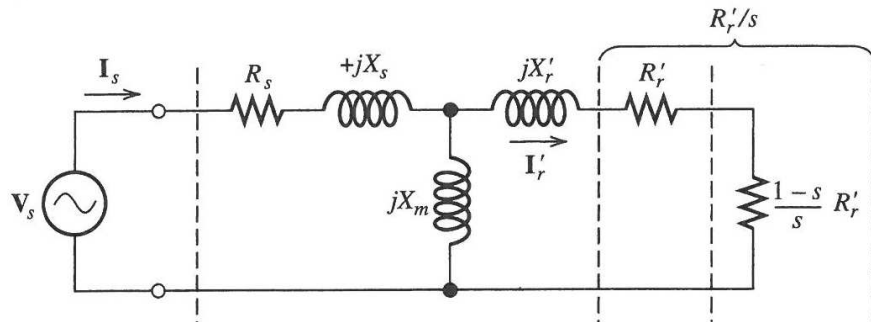
Ekvivalentskjeman for armaturkretsen til en trefase synkron-motor er vist i Figur 7. Motoren er trekant-koblet og har en nominell effekt på 200 hestekrefter. Antall poler er $P = 12$ og frekvensen $f = 400$ Hz. Synkron reaktans er $X_s = 1.5 \Omega$. Linjespenningen er $V_{linje} = 480$ V effektivverdi.

Motoren kjøres slik at utgangseffekten er 150 hestekrefter med en effektfaktor på 0.9 kapasitiv. Vi ser bort fra tap.

- Hvilken fart går motoren med og hva er utviklet moment?
- 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 effektfaktoren blir lik en,1.

- Lag viserdiagram for denne situasjonen.
- Hva blir nå fasestrømmen? Finn også momentvinkelen i dette tilfellet.



Figur 8: Ekvivalentskjema for asynkronmotor (induksjonsmotor).

Oppgave 5

(17.5%)

Figur 8 viser ekvivalentskjema for en av fasene i en trefase asynkronmotor med 6 poler og frekvens $f = 50$ Hz, hvor tallverdier for komponentene er gitt nedenfor:

- $R_s = 0.48 \Omega$
- $X_s = 0.30 \Omega$
- $X'_r = 0.20 \Omega$
- $R'_r = 0.04 \Omega$
- $X_m = 8 \Omega$

Fasespenningen er 440 V effektivverdi.

- a) Dersom sackingen er $s = 0.009$, hva er farten til maskinen?
- b) Beregn fasestrømmen ved start.

Bruk verdier fra tabellen nedenfor, tabell 1, og verdier for komponentene i Figur 8, til å svare på spørsmålene nedenfor. Bruk farten funnet i a) (Dersom du ikke har funnet svaret for a) bruk $n_m = 991$ o/min). Rotasjonstapene er $P_{rot} = 6.0$ kW. (Tips: Se effekt-flyt-diagrammet i formelsamlingen).

- c) Finn koppertapene.
- d) Hva er effekten i luftgapet?

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.

- e) Hva er utgangseffekten?
 f) Finn virkningsgraden?

Oppgave 6

(10%)

Strøm-spennings karakteristikk for en NMOS FET er gitt i Figur 9. Denne transistoren brukes i en tradisjonell felles source forsterkerkobling (se formelsamlingen). Det brukes en likespenningskilde $V_{DD} = 12\text{ V}$ og $R_S = 2\ \Omega$. Arbeidspunktet er gitt ved $V_{GSQ} = 6.0\text{ V}$ og $I_{DQ} = 1.0\text{ A}$.

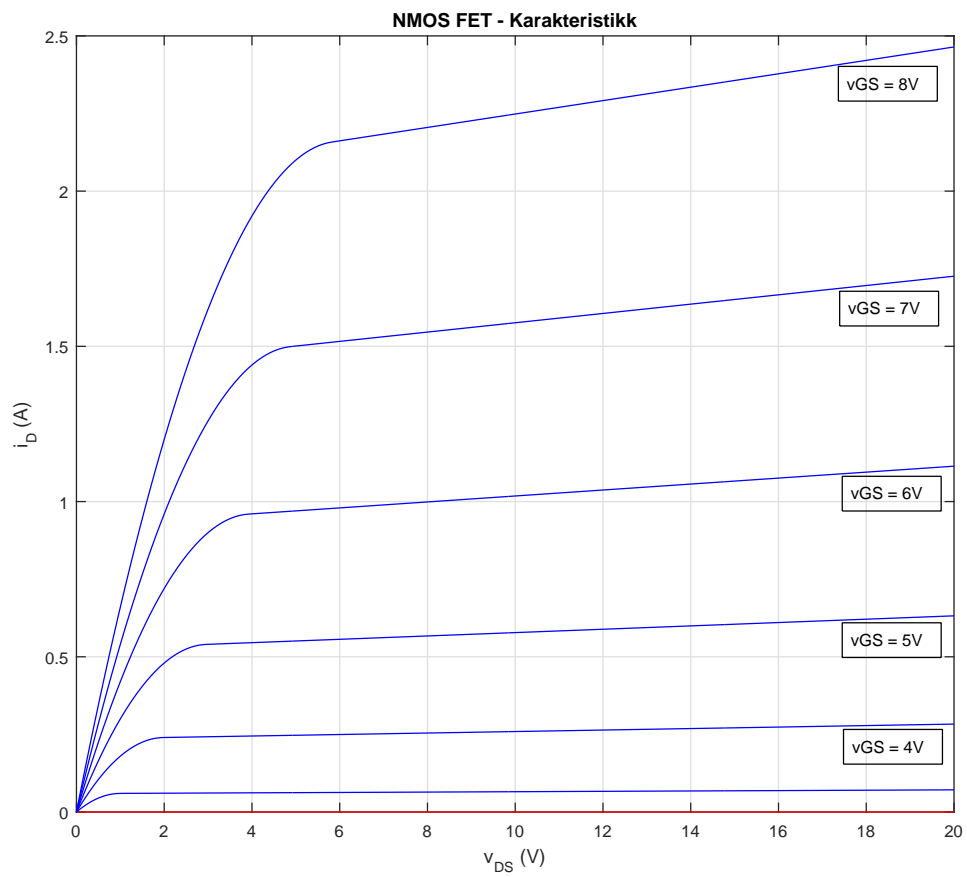
- a) Hva er drain-source-spenningen i arbeidspunktet, V_{DSQ} ?
 b) Velg et sett verdier for motstandene R_1 og R_2 slik at vi får riktig arbeidspunkt. (Tips: Velg den ene motstanden først og beregn så den andre.)
 c) Beregn transkonduktansen for transistoren, g_m , i arbeidspunktet. Bruk transistorens strøm-spennings karakteristikk.

Oppgave 7

(10%) Gitt en likestrømsmotor med ekvivalentskjema som vist i Figur 10. Vi har $R_A = 1.0\ \Omega$, $I_F = 1.0\text{ A}$ og $V_T = 200\text{ V}$. For omdreiningstall $n_m = 1200\text{ o/min}$ er armaturspenningen $E_A = 175\text{ V}$.

Moment-fart-karakteristikken er gitt ved uttrykket

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

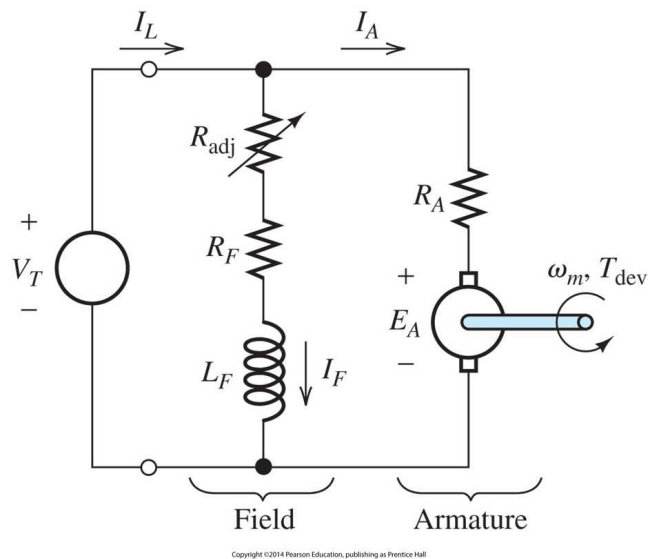


Figur 9: Strøm-spennings karakteristikk for NMOS FET.

hvor motor-konstanten kan skrives

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

- Beregn faktoren $K\Phi$.
- Hva er utviklet effekt ved $n_m = 1200$ o/min?
- Hva er den maksimale effekten (utviklet) denne motoren kan gi? Hva er da omdreiningstallet (farten)?



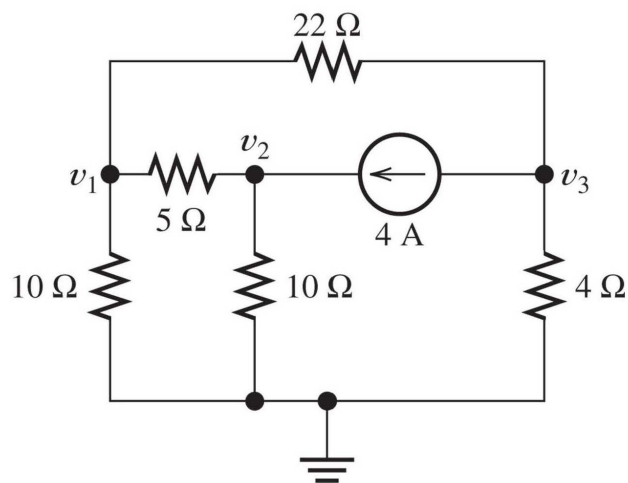
Figur 10: Elektrisk likestrømskrets.

Oppgave 8

(10%)

En likestrømskrets er gitt i Figur 11.

- a) Vis hvordan du ved hjelp av knutepunktsmetoden kan sette opp et ligningssett med tre ligninger og spenningene v_1 , v_2 og v_3 som ukjente. Det er ikke nødvendig å løse ligningssettet.
- b) Sjekk at $v_1 = 10\text{ V}$, $v_2 = 20\text{ V}$ og $v_3 = -12\text{ V}$ er en løsning av ligningssettet!



Figur 11: Elektrisk likestrømskrets.