

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Oppgave 1

a) - Det er billigere spesielt i større systemer.

~~Dette kommer av at man ikke trenger~~
~~for mange ledninger for hvert signal~~

Dette kommer av at man slipper å
ha en nøytrallinje for hver linje så
vi bruker mindre materialer per watt.

- Det leveres hele tiden effekt til lasten.

I et enfase system vil det ~~blir~~
~~gjøre~~ ~~blir~~ være tider hvor strømmen
eller spenningen er null, og da sender ikke
kilden noen effekt. For to-fase systemer kan
dette være problematisk og da vil
et trefase system hjelpe. I trefase systemer
er det alltid en fase som gir effekt.

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

b) Generelt er $V_{LL,rms} = \sqrt{3} \cdot V_{an,rms}$.

V_{an} er et enkelt sinus-signal så

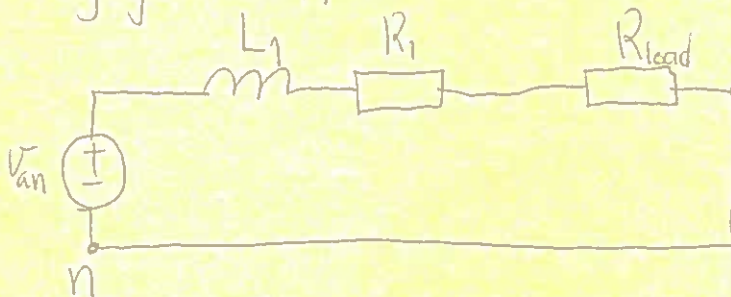
$$V_{an,rms} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 50\sqrt{2} \text{ V}$$

Dette gir

$$V_{LL,rms} = \sqrt{3} \cdot 50\sqrt{2} \text{ V}$$

$$\approx \underline{\underline{122,47 \text{ V}}}$$

c) Vi ser på ~~for~~ effekten i hver fase først
også ganger vi opp med antall faser.



Med viser-regning er total impedans

$$Z_{eq} = R_1 + R_{load} + j\omega L_1$$

og spg. kilden er

$$V_{an} = \frac{100}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ \text{ V}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Effekten i fasen er gitt ved

$$S_{an} = V_{an} I_{an}^* = \frac{|V_{an}|^2}{Z_{eq}^*}$$

Vi har

$$\begin{aligned} Z_{eq} &= 1 + 10 + j\omega 2\pi 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \Omega \\ &= 11 + j\pi \\ &= 11,44 \angle 15,94^\circ \Omega \end{aligned}$$

Dette gir

$$\begin{aligned} S_{an} &= \frac{(100/\sqrt{2})^2}{11,44 \angle 15,94^\circ} \text{ VA} \\ &= 618,10 \angle 15,94^\circ \text{ VA} \end{aligned}$$

For hele systemet er da

$$S = 3 \cdot S_{an} = 1854,30 \angle 15,94^\circ \text{ VA},$$

Som gir:

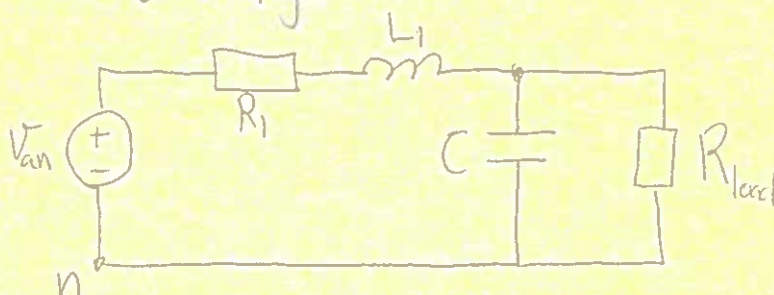
$$\begin{aligned} \cdot \text{Aktiv effekt } P &= |S| \cos \varphi = 1854,30 \cdot \cos(15,94^\circ) \\ &= \underline{\underline{1783,00 \text{ W}}} \end{aligned}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

$$\bullet \text{ Reaktiv effekt } Q = |S| \sin \phi = 1854,30 \cdot \sin(15,94^\circ) \\ = \underline{\underline{509,25 \text{ VAR}}}$$

d) Med C tilkoblet vil hver fase se ut som følger:



Dette gir ekvivalent impedans

$$Z_{eq} = R_1 + j\omega L_1 + \left(R_{load} \parallel \frac{1}{j\omega C} \right)$$

$$= R_1 + j\omega L_1 + \frac{R_{load} \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R_{load} + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$= R_1 + j\omega L_1 - j \frac{R_{load}}{\omega C} \cdot \frac{R_{load} + j}{R_{load} + \frac{j}{\omega C}}$$

$$= R_1 + j\omega L_1 - j \frac{R_{load}^2 + j R_{load}}{\omega C \left(R_{load}^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2} \right)}$$

$$= R_1 + \frac{R_{load}}{R_{load}^2 \omega C + \frac{1}{\omega C}} + j \left(\omega L_1 - \frac{R_{load}^2}{R_{load}^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} \frac{1}{\omega C} \right)$$

Ønsker dette = 0

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Ønsker altså at Z_{eq} ~~er~~ ikke har noen imaginær del. Fra forrige beregning må da

$$0 = \omega L_1 - \frac{R_{load}^2}{R_{load}^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} \cdot \frac{1}{\omega C}$$

$$\Leftrightarrow \omega^2 C L_1 \left(R_{load}^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2} \right) = R_{load}^2$$

~~$$\Leftrightarrow \omega^2 C L_1 \left(R_{load}^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2} \right) = R_{load}^2$$~~

$$\Leftrightarrow \omega^2 C L_1 R_{load}^2 + \omega^2 C L_1 = R_{load}^2 \omega^2 C$$

$$\Leftrightarrow C^2 \omega^4 L_1 R_{load}^2 - R_{load}^2 \omega^2 \cdot C + \omega^2 L_1 = 0$$

Setter inn verdier:

$$C^2 \cdot 974090913 - C \cdot 9869604 + 986960 = 0$$

$$\Rightarrow C_1 = \del{11,1 \mu F} 0,01 F = 10 \mu F$$

$$C_2 = 1,01 \cdot 10^{-4} F = 101 \mu F$$

Bruken C_1 videre.

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

e) Med C som regel ut i d vil

$$Z_{eq} = R_1 + \frac{R_{load}}{R_{load}^2 + \frac{1}{\omega C^2}}$$

$$= 10 + \frac{10}{10^2 + \frac{1}{(2\pi \cdot 50)^2 \cdot (10 \cdot 10^{-3})^2}} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 1,0318 \Omega$$

~~Z_{eq}~~ $Z_{eq} = R_{eq}$ siden Z_{eq} er kun "ekte".

$$R_{eq} = \underline{\underline{1,0318 \Omega}}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Oppgave 2

- a) En av utfordringene er at startmomentet til motoren er veldig lavt. ~~je ~~ikke~~~~ Dersom maskinen ofte stopper og starter er det derfor et stort problem om startmomentet er lavere enn hva farten krever.

Siden skiteiser ofte stopper og starter (pga. ulykker etc.) ønsker vi ikke ekstra maskineri i oppstartsfasen, derfor ville jeg anbefalt maskin B. (B leverer hele tiden nok moment).

- b) i) Ved toppfart ~~ikke~~ ~~ikke~~ ~~ikke~~ $\omega_s = 39,27 \text{ rad/s}$
nå motoren oppfylle

$$f_{el} = \frac{P}{2} f_s = \frac{P}{2} \cdot \frac{\omega_s}{2\pi}$$

$$= \frac{P}{2} \cdot 2\pi \cdot \omega_s$$

$$\Rightarrow P = \frac{f_{el}}{\pi \cdot \omega_s} = 2 \cdot \frac{w_{el}}{\omega_s}$$

$$= 2 \cdot \frac{2\pi \cdot \cancel{50}}{\cancel{39,27}}$$

$$= \underline{16}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Motoren har 16 pøler.

ii) Maskin B vil operere ved $\omega_{\text{mot}} = 38 \text{ rad/s}$
fordi der er $T_E = T_L$

Siden $P = \omega \cdot T$ får vi at motoren leverer

$$P = 38 \text{ rad/s} \cdot 400 \text{ Nm} \\ = 15,2 \text{ kW}$$

iii) Motoren trekker en tilsynelatende effekt
 S fra motoren siden $\cos \varphi = 0,9$ ($\neq 1$).
Vi har

$$|S| = \frac{P}{\cos \varphi} \\ = \frac{15,2 \text{ kW}}{0,9} \\ = 16,9 \text{ kVA}$$

Motoren er induktiv ~~sk~~ ($\varphi > 0$) så

$$\varphi = 25,84^\circ$$

Dette gir tilsammen

$$S = 16,9 \angle 25,84^\circ \text{ kVA}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Siden $S = V \cdot I_{\text{mot}}^*$ har vi

$$I_{\text{mot}} = \cancel{\frac{S}{V}} \frac{S^*}{V^*}$$

$$\# \frac{230 \angle 0^\circ \text{ V}}{16,9 \angle -25,84^\circ \text{ VA}}$$

$$= \frac{16,9 \angle -25,84^\circ \cdot 10^3 \text{ VA}}{230 \angle 0^\circ \text{ V}}$$

$$\Rightarrow I_{\text{mot}} = \underline{\underline{73,48 \angle -25,84^\circ \text{ A}}}$$

iv) Fra gir-ligningen:

$$w_{\text{drum}} = \frac{1}{20} w_{\text{mot}}$$

Siden v følger w_{drum} blir

$$v = r \cdot w_{\text{drum}}$$

$$= \frac{r}{20} w_{\text{mot}}$$

Bruker $w_{\text{mot}} = 38 \text{ rad/s}$ og $r = 1,5 \text{ m}$ og får

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

$$v = \frac{1,5 \text{ m} \cdot 38, \text{ rad/s}}{20}$$

$$= \underline{\underline{2,85 \text{ m/s}}}$$

c) Finner en lineær sammenheng mellom T_E og ω_{rot} .

Vet at $T_E(39,27 \text{ rad/s}) = 0$ og at

$$T_E(38 \text{ rad/s}) = 400 \text{ Nm}.$$

Skriver det som

$$T_E(\omega) = m \cdot \omega + b$$

$$m = \frac{\Delta T}{\Delta \omega} = \frac{0 - 400 \text{ Nm}}{38 - 39,27}$$

$$= \frac{0 - 400 \text{ Nm}}{(39,27 - 38) \text{ rad/s}}$$

$$= \underline{\underline{-314,96}}$$

$$b = -m \cdot \omega + T_E(\omega)$$

$$= -314,96 \cdot 39,27 + 0$$

$$= -12368,50$$

Så

$$T_E(\omega) = -314,96 \cdot \omega - 12368,50$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Dette gir

$$\sum T = T_E(\omega) = J_{\text{tot}} \cdot \dot{\omega}$$

$$\Leftrightarrow m\omega + b = J_{\text{tot}} \dot{\omega}$$

$$\Leftrightarrow \dot{\omega} - \frac{m}{J_{\text{tot}}} \omega = \frac{b}{J_{\text{tot}}}$$

Som betyr at

$$\omega(t) = A e^{\frac{m}{J_{\text{tot}}} t} + \frac{b}{m}$$

hvor A er integrasjonskonstant.

Vet at $\omega(0) = 38 \text{ rad/s}$

så

$$\omega(0) = A + \frac{b}{m} = 38$$

$$\Rightarrow A = 38 - \frac{b}{m}$$

Setter inn verdier og får uttrykket

$$\begin{aligned} \omega(t) &= \left(38 - \frac{-1236,50}{100} \right) e^{\frac{-314,96}{100} t} + \frac{-1236,50}{100} \\ &= 50,37 e^{-3,15 t} - 12,37 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Fra b hadde vi

$$v = \frac{r}{20} \cdot \omega_{\text{mot}} = 0,075 \cdot \omega_{\text{mot}}$$

Så

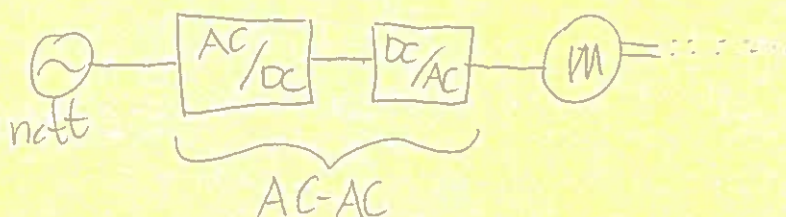
$$v = 0,075 \cdot (50,37 \cdot e^{-3,15t} - 12,37)$$

$$\Rightarrow \underline{v(t) = 3,78 e^{-3,15t} - 0,93}$$

- d) Vi kan kontrollere v ved å kontrollere ω_{mot} . Det kan gjøres ved å styre induksjonsmotoren. Det som er viktig er at vi må styre både frekvensen og spenningen slik at spenning V delt på frekvens f holdes konstant. Altså

$$\frac{V}{f} = \text{konst.}$$

Det kan gjøres ved å introdusere en AC-DC og DC-AC omformer mellom nettet og motoren.



Denne kolonne er
forbeholdt sensor

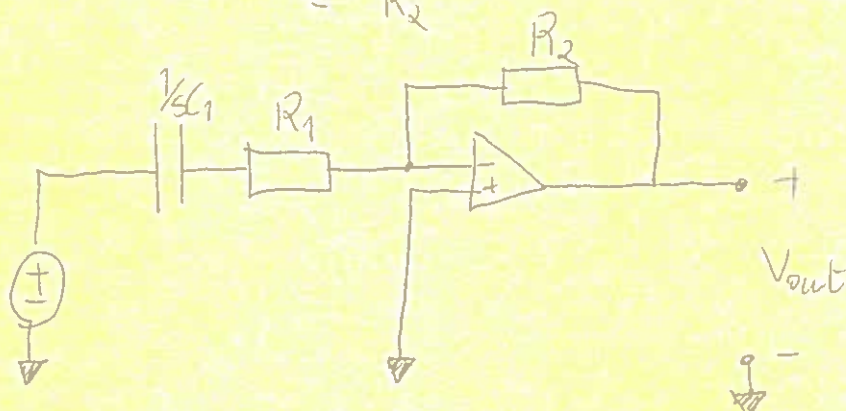
This column is for
external examiner

Oppgave 3

a) Det finnes flere måter å gjøre det på men en enkel er

$$Z_1: \text{motstand, kondensator i serie} \\ = R_1 + \frac{1}{sC_1}$$

$$Z_2: \text{motstand} \\ = R_2$$



b) ~~Uten bruk av~~

Omgår bruk av strømløser osv. ved å minne oss på at

$$H(s) = -\frac{Z_2(s)}{Z_1(s)}$$

$$= \frac{-R_2}{R_1 + \frac{1}{sC_1}}$$

$$= \frac{-sR_2C_1}{sR_1C_1 + 1}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

$$\Rightarrow H(s) = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{sC_1}{s + \frac{1}{R_1C_1}}$$

$$= -K \cdot \frac{s}{s + \omega_c}$$

hvor K : passbåndforsterkning

$$= \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$

og ω_c : cut-off

$$= \frac{1}{R_1C_1} \quad (2)$$

Vi ønsker $C_1 = 250 \text{ nF}$.

$$(2) \Rightarrow R_1 = \frac{1}{\omega_c C_1}$$

$$= \frac{1}{2\pi \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 250 \cdot 10^{-9}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{R_1 = 159,15 \Omega}}$$

$$(1) \Rightarrow R_2 = K \cdot R_1$$

$$= 8 \cdot 159,15 \Omega$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{R_2 = 1273,20 \Omega}}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

$$c) V_{in}(s) = 2,5 \cdot \frac{s}{s^2 + \omega^2}$$

$$V_{out}(s) = V_{in}(s) \cdot H(s)$$

$$= 2,5 \cdot \frac{s}{s^2 + \omega^2} \cdot \frac{-8 \cdot s}{s + \cancel{8000\pi}}$$

\uparrow $f_c 2\pi$
~~8000~~

$$= -20 \cdot \frac{s^2}{(s^2 + \omega^2)(s + 8000\pi)}$$

$$= \frac{As+B}{s^2 + \omega^2} + \frac{C}{s + 8000\pi}$$

$$\Rightarrow (As+B)(s+8000\pi) + C(s^2 + \omega^2) = -20 \cdot s^2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} A + C = -20 & (i) \\ 8000\pi \cdot A + B = 0 & (ii) \\ 8000\pi B + C\omega^2 = 0 & (iii) \end{cases}$$

$$(ii) \Rightarrow B = -8000\pi \cdot A$$

satt inn i (iii)

$$-(8000\pi)^2 = -C\omega^2$$

$$\Leftrightarrow C = \frac{8000\pi}{\omega}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

$$(i) \Rightarrow A = -20 - C = -20 - \frac{8000\pi}{\omega}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow B &= -8000\pi \left(-20 - \frac{8000\pi}{\omega} \right) \\ &= 16000\pi + \frac{(8000\pi)^2}{\omega} \end{aligned}$$

Vi har da

$$\begin{aligned} V_{out}(s) &= \frac{As+B}{s^2+\omega^2} + \frac{C}{s+8000\pi} \\ &= A \cdot \frac{s}{s^2+\omega^2} + \frac{B}{\omega^2} \cdot \frac{\omega^2}{s^2+\omega^2} + \frac{C}{s+8000\pi} \end{aligned}$$

Invers Laplace gir da

$$V_{out}(t) = A \cos(\omega t) + \frac{B}{\omega} \sin(\omega t) + C e^{-8000\pi \cdot t}$$

hvor

$$A = -20 - \frac{8000\pi}{\omega} = -20 - \frac{\omega_c}{\omega}$$

$$B = 16000\pi + \frac{(8000\pi)^2}{\omega} = 20\omega_c + \frac{\omega_c^2}{\omega}$$

$$C = \frac{8000\pi}{\omega} = \frac{\omega_c}{\omega}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

For de forskjellige tilfellene har vi da

$$i) A = -20 - 1 = -21$$

$$\frac{B}{\omega} = 20 \cdot 8000\pi + 8000\pi = 21 \cdot 8000\pi$$

$$C = 1$$

$$\Rightarrow \underline{v_{out}(t) = -21 \cos(\omega t) + 21 \sin(\omega t) + e^{-8000\pi \cdot t}}$$

$$ii) A = -20 - 8 = -28$$

$$\frac{B}{\omega} = \cancel{20 \cdot 8} + \cancel{8} \\ \frac{20 \cdot 8}{\frac{1}{8}} + \frac{1}{8} 8^2 = \cancel{160} 224$$

$$C = 8$$

$$\Rightarrow \underline{v_{out}(t) = -28 \cos(\omega t) + 224 \sin(\omega t) + 8e^{-8000\pi \cdot t}}$$

$$iii) A = -20 - \frac{1}{8} = -20,125$$

$$\frac{B}{\omega} = \frac{20}{8} - \frac{1}{8^2} = 2,52$$

$$C = \frac{1}{8}$$

$$\Rightarrow \underline{v_{out}(t) = -20,125 \cos(\omega t) + 2,52 \sin(\omega t) + \frac{1}{8} e^{-8000\pi \cdot t}}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensorThis column is for
external examiner

d) Krever $|V_{out}| \leq \frac{V_{cc}}{K}$.

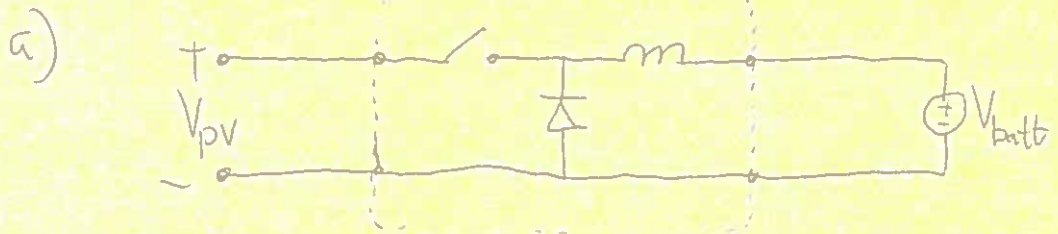
Minste verdi som garanterer det er da

$$|V_{out}| \cdot K = 2,5V \cdot 8 = 20,0V$$
$$\Rightarrow \underline{\underline{V_{cc} = 20,0 V}}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Oppgave 4



DC/DC
-step down

~~NB: konverteren for å fjerne ripple ikke
inkludert (diode er parallellt med
Vbatt)~~

b) Generelt sett er $D = \frac{V_{batt}}{V_{pv}}$
og $I_{batt} = \frac{P_{MPP}}{V_{batt}}$

1) 1000 W/m^2 : $D = \frac{10}{15.69} = \underline{\underline{0.637}}$

$I_{batt} = \frac{2.416 \text{ W}}{10 \text{ V}} = \underline{\underline{0.2416 \text{ A}}}$

2) 660 W/m^2 : $D = \frac{10}{14.27} = \underline{\underline{0.701}}$

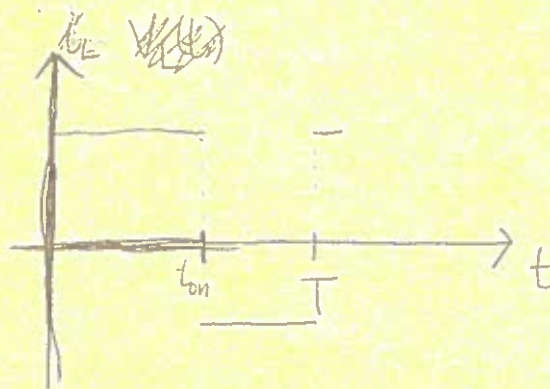
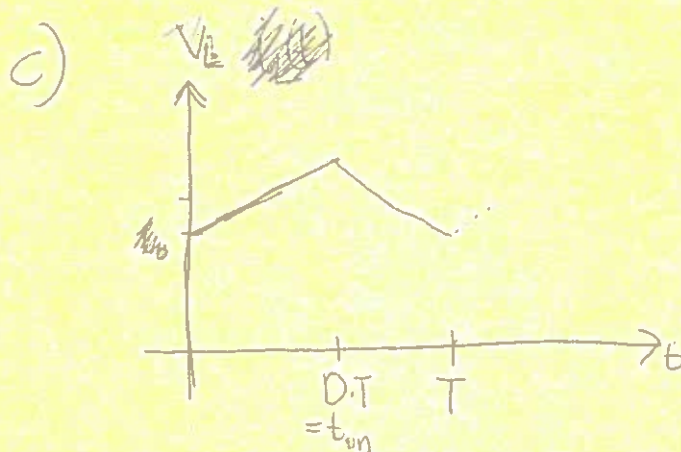
$I_{batt} = \frac{1.627 \text{ W}}{10 \text{ V}} = \underline{\underline{0.1627 \text{ A}}}$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

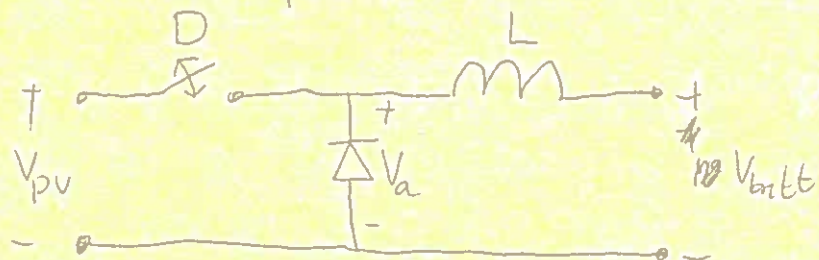
This column is for
external examiner

$$3) 370 \text{ W/m}^2 : D = \frac{10}{136} = \underline{\underline{0,735}}$$

$$I_{\text{batt}} = \frac{1238 \text{ W}}{10 \text{ V}} = \underline{\underline{0,1238 \text{ A}}}$$



d) Se nærmere på Buck-omformeren:



$$V_a = V_{pv} \cdot D = 15,69 \text{ V} \cdot 0,637 = \underline{\underline{10,0 \text{ V}}}$$

Denne kolonne er
forbeholdt sensor

This column is for
external examiner

Vi finner et uttrykk for ~~I_L~~ ΔI_L

$$i_L(t_{on}) = \frac{1}{L} \cdot \int_0^{t_{on}} v_L(t) dt \quad \text{istedenfor } t_{on}$$

$$= \frac{15,69 \cdot t_{on}}{L}$$

Siden frekvensen~~#~~ er 20 kHz er $T = \frac{1}{f} = 0,5 \mu s$

$$\Rightarrow t_{on} = D \cdot T = 0,637 \cdot 0,5 \mu s$$

$$= 0,32 \mu s$$

$$i_L(t) = \frac{1569 \cdot 0,32 \cdot 10^{-6}}{L}$$

$$= 5,02 \cdot 10^{-6} \cdot L^{-1}$$

$$\Delta I_L = i_L(t_{on}) - i_L(0) = 5,02 \cdot 10^{-6} \cdot L^{-1} \quad \#0$$

$$\text{Ønsker } \Delta I_L = 0,1 \cdot 0,154 = 0,0154$$

$$\Rightarrow 5,02 \cdot 10^{-6} \cdot L^{-1} = 0,0154$$

$$\Leftrightarrow L = \frac{5,02 \cdot 10^{-6}}{0,0154}$$

$$\underline{\underline{L = 0,326 \text{ mH}}}$$