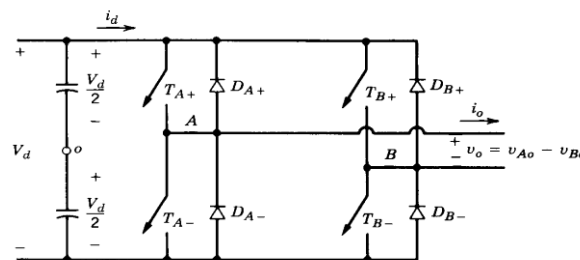


Answer all five questions (in English, Finnish or Swedish). Questions in Finnish are on the reverse side.

- In a Buck converter the output current is assumed to be a constant DC of  $I_o = 6$  A. The switching frequency  $f_s = 200$  kHz, input voltage  $V_{in} = 24$  V and output voltage  $V_o = 10$  V. The MOSFET used in the converter has the following switching times: rise and fall times of current  $t_{ri} = 28$  ns,  $t_{fi} = 15$  ns, fall and rise times of voltage  $t_{fv} = 22$  ns,  $t_{rv} = 25$  ns. The on-state resistance of the MOSFET  $R_{DS(on)} = 20$  m $\Omega$ . (a) Calculate the average switching power loss and the average conduction loss in the MOSFET. (b) The diode has a forward voltage drop  $V_{FM} = 0,7$  V. Calculate the average forward power loss in the diode. (c) Calculate the efficiency of the converter. What is the efficiency of a linear power supply in the same operating point?
- In a buck (step-down) converter, the input voltage  $V_{in} = 10$  V, the switching frequency  $f_s = 100$  kHz, and the switch duty ratio  $D = 0,75$ . Draw the waveform of the unfiltered output voltage. Calculate its average value and the rms magnitudes of its harmonic components at 100 kHz and 200 kHz.
- A three-phase thyristor rectifier is connected to a 50 Hz supply with an rms line-to-line voltage of 400 V. Assume that the thyristors are ideal and that the load is an ideal DC current source of 50 A. (a) Draw the input and output voltage and current waveforms when the control angle is 60°. (b) Derive equations for and calculate the average value of the DC voltage, the total harmonic distortion of the line current and (c) the active power consumed by the rectifier. As there is no line inductance on the ac-side the commutation time can be ignored.
- The single-phase inverter shown in the figure below operates in square-wave area, i.e. the switching pole is connected to the positive dc-bus half of the time and second half to the  $-$ bus. There is a phase displacement of 180 degrees between A and B. We are assuming that the output current  $i_o$  is sinusoidal and delayed 60 degrees in respect to the voltage  $v_o$ .

  - Draw the waveforms of the voltages  $v_{Ao}$ ,  $v_{Bo}$ ,  $v_{AB}$  and currents  $i_o$ ,  $i_{TA+}$ ,  $i_{DA+}$  ja  $i_{TB+}$ ,  $i_{DB+}$ ,  $i_d$ .
  - Calculate the output power and the mean value of the dc-current  $i_d$  when the peak value of the output current  $i_o$  is 50 A and the dc-voltage  $V_d = 300$  V.



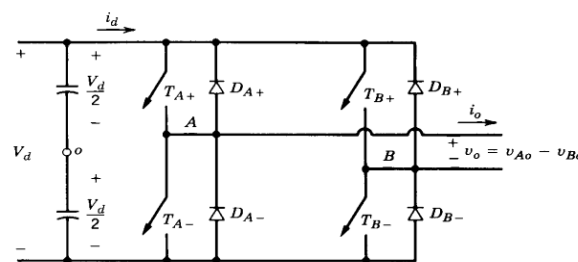
- Compare with each other line- and self-commutated converters. Also the names line-frequency and switch-mode are used. What are the differences in the operating principles of these two converter types and what are the advantages and disadvantages. Also, give an example of a converter operating with each principle.

**Fourier-series:** 
$$f(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{h=1}^{\infty} (a_h \cos(h\omega t) + b_h \sin(h\omega t))$$

$$a_h = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos(h\omega t) d\omega t, \quad h = 0, \dots, \infty \quad b_h = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin(h\omega t) d\omega t, \quad h = 1, \dots, \infty$$

Vastaa kaikkiin viiteen kysymykseen joko suomeksi, ruotsiksi tai englanniksi. Kysymykset englanniksi löytyvät paperin toiselta puolelta.

- Jännitettä laskevan katkojan (Buck) lähtövirta oletetaan ideaaliseksi tasavirraksi  $I_o = 6$  A. Kytkeäaajuus  $f_s = 200$  kHz, tulojännite  $V_{in} = 24$  V sekä lähtöjännite  $V_o = 10$  V. Katkojassa käytetyn MOSFETin kytkentä-ajat ovat: virran nousu- ja laskuaika  $t_{ri} = 28$  ns,  $t_{fi} = 15$  ns sekä jännitteen lasku- ja nousuaika  $t_{fv} = 22$  ns,  $t_{rv} = 25$  ns. MOSFETin johtotilan vastus  $R_{DS,on} = 20$  m $\Omega$ . (a) Laske kytkentäjakson häviöteho ja johtohäviöt MOSFETissa. (b) Diodin päästöjännite  $V_{FM} = 0,7$  V. Laske diodin häviöteho. (c) Laske katkojan hyötysuhde. Mikä on lineaarisen tehollähteen hyötysuhde vastaavassa toimintapisteessä?
- Jännitettä laskevan katkojan (Buck) syöttöjännite on 10 V, kytkeäaajuus 100 kHz ja kytkimen suhteellinen johto-aika 0,75. Piirrä suodattamattoman lähtöjännitteen käyrämuoto. Laske sen keskiarvo sekä 100 ja 200 kHz:n harmonisten tehollisarvot.
- Kolmivaiheinen tyristoritasasuuntaaja on kytketty 50 Hz verkkoon, jonka pääjännitteen tehollisarvo on 400 V. Tyristorit oletetaan ideaalisiksi ja kuorma ideaaliseksi 50 A tasavirtalähteeksi. (a) Piirrä tulo- ja lähtöpuolen jännitteiden ja virtojen käyrämuodot kun ohjauskulma on 60. (b) Johda yhtälöt ja laske lukuarvot tasajännitteen keskiarvolle ja verkkovirran särökertoimelle (THD) sekä (c) tasasuuntaajan kuluttamalle pätöteholle. Koska sähköverkossa ei ole induktanssia, kommutoimiskulman vaikutusta ei tarvitse ottaa huomioon.
- Alla oleva yksivaiheinen vaihtosuuntaaja toimii täydellä ohjauksella eli vaihtokytkin on kytkettynä puolet ajasta positiiviseen dc-jännitteeseen ja puolet -kiskon. Pisteiden A ja B jännitteiden välillä on 180 asteen vaihesiirto. Lähtövirta  $i_o$  oletetaan sinimuotoiseksi ja se on 60 astetta jäljessä lähtöjännitettä  $v_o$ .
  - Piirrä jännitteiden  $v_{A0}$ ,  $v_{B0}$ ,  $v_{AB}$  ja virtojen  $i_o$ ,  $i_{TA+}$ ,  $i_{DA+}$  ja  $i_{TB+}$ ,  $i_{DB+}$ ,  $i_d$  käyrämuodot.
  - Laske lähtöteho ja tasavirran  $i_d$  keskiarvo kun lähtövirran  $i_o$  huippuarvo on 50 A ja tasajännite  $V_d = 300$  V.



- Vertaa keskenään verkko- ja itsekommutoivia suuntaajia. Niitä kutsutaan joskus myös vastaavasti verkkotaajuisiksi ja kytkeätekniikkaan perustuviksi. Mitkä ovat näiden kahden suuntaajatyypin toiminnan periaatteelliset erot ja mitä niidet edut ja haitat ovat. Mainitse lisäksi esimerkki kummastakin suuntaajatyypistä.

$$\text{Fourier-sarja: } f(t) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{h=1}^{\infty} (a_h \cos(h\omega t) + b_h \sin(h\omega t))$$

$$a_h = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos(h\omega t) d\omega t, \quad h = 0, \dots, \infty \quad b_h = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin(h\omega t) d\omega t, \quad h = 1, \dots, \infty$$