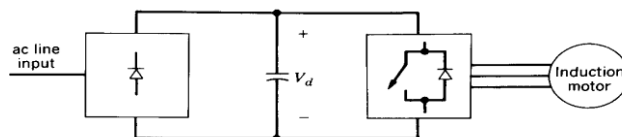
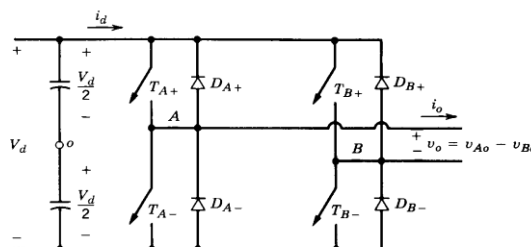


Answer all five questions (in English, Finnish or Swedish). Questions in Finnish are on the reverse side.

- The ac input of the frequency converter shown below is single-phase and the rms value of the voltage V_{in} is 230 V and frequency 50 Hz. The output is a three-phase system where frequency is 50 Hz and rms values of the fundamental line-to-line voltage 200 V and output current 10 A. Displacement power factor $DPF = 0,8$ inductive. Efficiency of the frequency converter is 95 %. Input side displacement power factor $DPF = 0,95$ and power factor is 0,8. Calculate the rms value of the input current, rms value of it's fundamental component and input power. How much reactive power is taken from the supply?



- A full-bridge single-phase diode rectifier is connected to a sinusoidal 50 Hz 230 V (rms) utility voltage. The ac-side inductance is 3 mH. The load of the rectifier is a very large inductance in series with a 20 Ω resistance. What are the dc-side current and the average dc-side voltage?
- The input voltage of a Boost converter $V_{in} = 10$ V and the output voltage $V_o = 25$ V. Assume the converter to be lossless and omit the ripple in the output voltage. The inductance is 0,1 mH, the output power $P_o = 30$ W, and the switching frequency $f_s = 100$ kHz. (a) Draw the circuit diagram of the converter, when the switching power-pole is implemented with an IGBT and a diode. (b) Calculate the IGBT duty ratio, the average input current, and the minimum and maximum values of the input current. (c) Draw the waveforms of the inductor voltage, the input current, and the current of the diode below each other's.
- 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 of the time 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.



- Describe principles of pulse-width modulation (PWM) in power electronics. How PWM is implemented in different kinds of converters? What factors affect the selection of switching frequency?

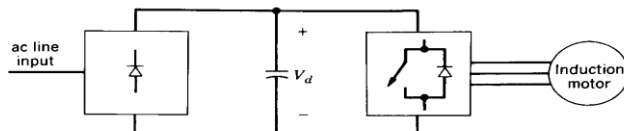
Fourier-series

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

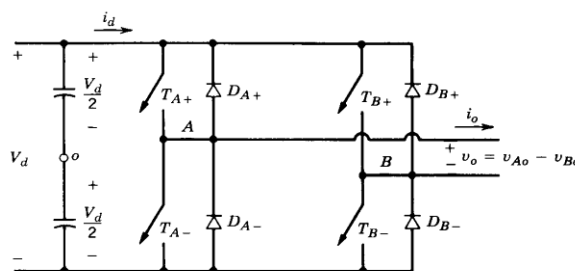
$$a_h = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos(h\omega t) d\omega t, \quad h = 0, \dots, \infty \quad b_h = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin(h\omega t) d\omega t, \quad h = 1, \dots, \infty$$

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

1. Alla olevan taajuusmuuttajan syöttönä on yksivaiheinen 50 Hz verkko, jossa jännitteen tehollisarvo on 230 V. Taajuusmuuttajan lähtö on kolmivaiheinen ja tietyssä toimintapisteessä lähtötaajuus on 50 Hz, pääjännitteen perusaallon tehollisarvo on 200 V, lähtövirran perusaallon tehollisarvo 10 A ja perusaallon tehokerroin $DPF = 0,8$ (ind.). Taajuusmuuttajan hyötysuhde on 95 %. Tulopuolella perusaallon tehokerroin $DPF = 0,95$ ja tehokerroin 0,8. Laske verkosta otetun virran tehollisarvo, sen perusaallon suuruus sekä verkosta otettu pätöteho. Kuinka suuri on verkosta otettu loisteho?



2. Yksivaiheinen diodisilta on kytketty 50 Hz ja 230 V (rms) vaihtojänniteverkkoon. Syöttöjärjestelmän induktanssi on 3 mH. Tasasuuntaajan kuormana on hyvin suuren induktanssin ja 20Ω resistanssin sarjaankytkentä. Kuinka suurta tasavirta ja tasajännite ovat?
3. Jännitettä nostavan katkojan (Boost) syöttöjännite $V_{in} = 10$ V ja lähtöjännite $V_o = 25$ V. Katkoja on häviötön ja lähtöjännite on täysin tasainen. Katkojassa käytettävä induktanssi on 0,1 mH, lähtöteho $P_o = 30$ W ja kytkemistäajuus $f_s = 100$ kHz. (a) Piirrä kytkennän piirikaavio. (b) Laske kytkimen suhteellinen johtoaika, tulovirran keskiarvo ja sen minimi- ja maksimiarvot. (c) Piirrä induktanssin jännitteen, tulovirran ja diodivirran käyrämuodot allekkain.
4. 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 .
 - a) Piirrä jännitteiden v_{Ao} , v_{Bo} , v_{AB} ja virtojen i_o , i_{TA+} , i_{DA+} ja i_{TB+} , i_{DB+} , i_d käyrämuodot.
 - b) Laske lähtöteho ja tasavirran i_d keskiarvo kun lähtövirran i_o huippuarvo on 50 A ja tasajännite $V_d = 300$ V.



5. Esittele tehoelektronikassa käytettävän pulssinleveysmoduloinnin (PWM) periaatteet. Miten PWM toteutetaan erilaisissa suuntaajissa? Mitkä tekijät vaikuttavat kytkemistäajuuden valintaan?

Fourier-series

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

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