

Kysymys 1. Kuvassa 1 esitetään kolmivaiheisen tyristoritasasuuntaajan vaihejännite ($v_s = \sqrt{2}V_{RMS} \sin \omega t$) ja vaihevirta (i_s), jossa I_d on vaihevirran huippuarvo ja sytytyskulma α on 30° kuten kuvassa 1. Vaihevirta voidaan esittää harmonisten komponenttien avulla seuraavasti:

$$i_s = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\sqrt{3}I_d}{n\pi} \sin(n\theta - \alpha) \quad n=1,5,7,11,13,\dots$$

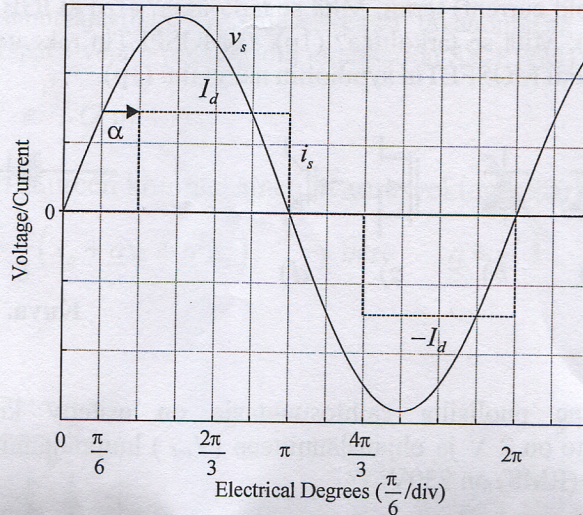
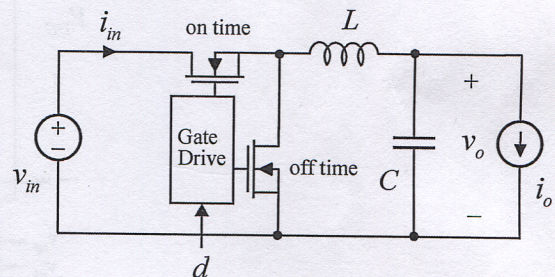
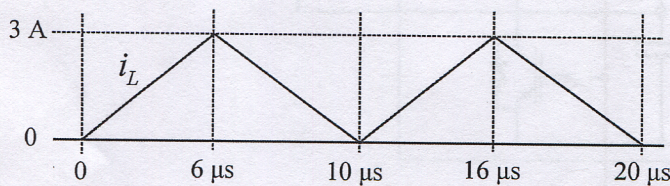


Fig. 1 Kolmivaiheisen tyristoritasasuuntaajan vaihejännite ja vaihevirta

Laske symbolisesti yllä annetun informaation pohjalta **a)** vaihevirran tehollisarvo (RMS) (1p), **b)** vaiheen näennäisteho S (1p), **c)** vaiheen pätöteho P (1p), **d)** vaiheen säröteho D (1p), **e)** tehokerroin (power factor PF) (1p), ja **f)** vaihe-erokerroin (displacement power factor DPF) (1p).

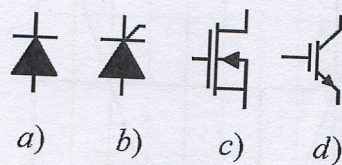
Kysymys 2. Ideaalisen laskevan hakkurin (buck) (kuva 2b) kelavirran aaltomuoto on annettu kuvassa 2a. Kelavirran lisäksi tiedetään, että hakkurin lähtöjännite on 50 V ja $M(D) = D$. **a)** Mikä on hakkurin toimintatila (CCM, BCM, DCM)? (1p), **b)** Mikä on sen lähtövirran keskiarvo? (1p), **c)** Mikä on sen tulojännitteen arvo? (1p), **d)** Mikä on sen pulssisuhteen (duty ratio) arvo? (1p), **e)** Mikä on kelan induktanssin L suuruus, (1p) ja **f)** Mikä on lähtökondensaattorin virran keskiarvo? (1p)



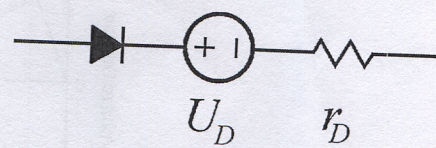
Kuva. 2 a) Kelavirran aaltomuoto

b) Ideaalinen laskeva hakkuri

Kysymys 3. Tehoelektronikkalaitteissa käytettävien komponenttien - MOSFET, SCR, IGBT, ja diodi - symbolit ovat esitetty kuvassa 3. **a)** Yhdistä määritetyt komponentit ja niiden symbolit toisiinsa (1p), **b)** MOSFETin johtotilan häviöt johtuvat sen kanavan vastuksesta r_{ds-on} . MOSFETin läpikulkeva virran tehollisarvo on I_{RMS} ja keskiarvo I_{AV} . Miten lasket johtotilan tehohäviön symbolisesti? (1p) **c)** Diodin sijaiskytkentä johtotilan häviöiden laskemiseksi on esitetty kuvassa 4. Diodin läpi kulkevan virran tehollisarvo on I_{RMS} ja keskiarvo I_{AV} . Laske symbolisesti diodin johtotilan tehohäviö. (1p) **d)** Tyristoriin liittyy pitovirta (hold current) termi. Mitä se tarkoittaa? (1p) **e)** IGBT:n eräs ominaisuus ns. current tailing ilmiö. Mitä se tarkoittaa? (1p) **f)** MOSFETin rakenteessa on ns. parasiittinen diodi. Piirrä ko. diodi MOSFETin symboliin näkyviin. (1p)



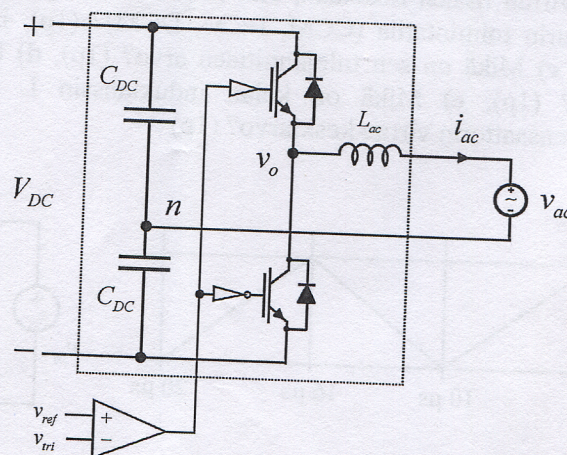
Kuva. 3



Kuva. 4

Kysymys 4. Yksivaiheinen puolisolta vaihtosuuntaaja on esitetty kuvassa 5. Kantoaallon (V_{tri}) huippujännite on 2 V ja ohjausjännitteen (V_{ref}) huippujännite on 1.5 V. Verkköjännitteen tehollisarvo (RMS) on 230V.

- a) Mikä on ko. vaihtosuuntaajan modulointi-indeksi? (1p)
- b) Kuinka suuri DC-jännitteen on oltava, jotta haluttu verkkojännite voidaan tuottaa ko. modulointi-indeksillä? (2p)
- c) Mikä on ko. vaihtosuuntaajan tuottaman jännitteen suurin mahdollinen huippuarvo, kun toimitaan lineaarisella modulointialueella edellä lasketulla DC-jännitteellä? (2p)
- d) Mikä määrittää aktiivisten kytkinten kytkentätaajuuden kuvan 5 suuntaajassa? (1p)



Kuva. 5

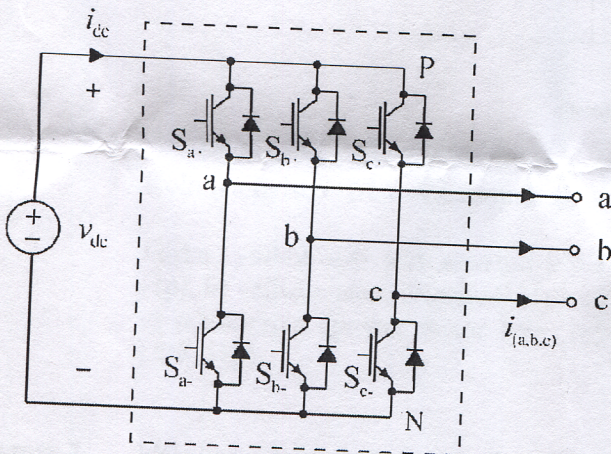
Kysymys 5. Kolmivaiheinen vaihtosuuntaajasilta on esitetty kuvassa 6a ja sitä vastaavat avaruusvektoreiden sektorit (heksagoni) on esitetty kuvassa 6b. Oleta DC-jännitteeksi 600V. Avaruusvektori on määritetty yhtälössä (1).

- Heksagonin sisään on piirretty ympyrä kuvassa 6b. Mikä on sen merkitys? (1p)
- Mikä on aktiivivektorien pituus kuvassa 6b? (1p)
- Laske vaihtosuuntaajasillan AC-puolen jännitteiden avaruusvektorit, jotka määrittävät sektorin VI. (2p)
- Esitä vaihtosuuntaajasillan kytkentäsekvenssi tavanomaista avaruusvektorimodulointia käytettäessä (space-vector pulse-width modulation SV-PWM) kun ohjejännite on

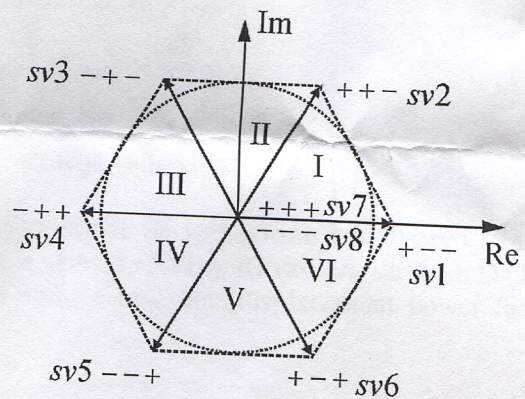
$$v^{ref} = 200 \text{ V} \cdot e^{j\frac{\pi}{6}}. \quad (2 \text{ p})$$

Kolmivaiheisen suureen kompleksinen avaruusvektori määritellään

$$\underline{x} = \frac{2}{3} (x_a + \underline{a}x_b + \underline{a}^2x_c), \quad \text{where} \quad \underline{a} = e^{j\frac{2\pi}{3}}. \quad (1)$$



Kuva. 6a



Kuva. 6b