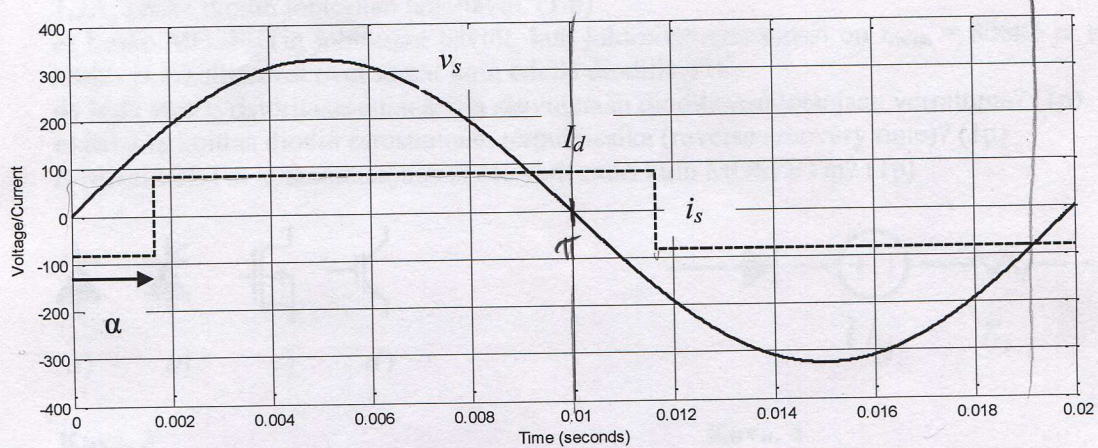


**Kysymys 1.** Kuvassa 1 esitetään yksivaiheisen kokosilta-tyristoritasasuuntaajan jännite ( $v_s = \sqrt{2}V_{RMS} \sin \omega t$ ) ja virta ( $i_s$ ), jossa  $I_d$  on virran huippuarvo ja sytytyskulma  $\alpha$  on  $30^\circ(\pi/6 \text{ rad})$  kuten kuvassa 1. Virta voidaan esittää harmonisten komponenttien avulla seuraavasti:

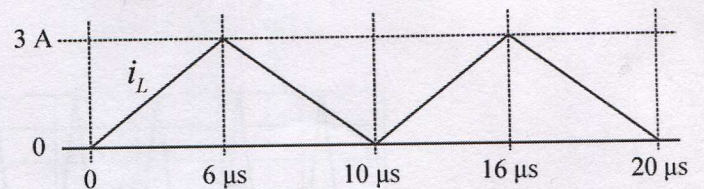
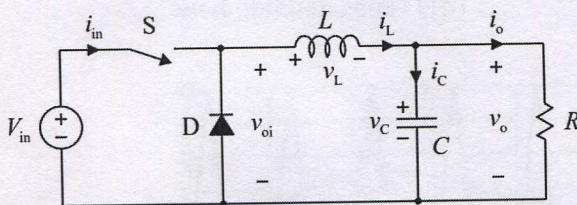
$$i_s = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4I_d}{n\pi} \sin(n(\omega t - \alpha)) \quad n=1,3,5,7\dots$$



**Kuva. 1** Yksivaiheisen kokosilta-tyristoritasasuuntaajan vaihejännite ja vaihevirta

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

**Kysymys 2.** Ideaalisen laskevan hakkurin (buck) (kuva 2a) kelavirran aaltomuoto on annettu kuvassa 2b. Kelavirran lisäksi tiedetään, että hakkurin tulojännite on 20 V ja  $M(D) = D$ . **a)** Mikä on sen pulssisuhteen (duty ratio) arvo? (1p), **b)** Mikä on sen kelavirran keskiarvo? (1p), **c)** Mikä on kytkimen S kytkentätaajuus? (1p), **d)** Mikä on hakkurin ulostuloteho kun kondensaattorin jännite  $v_c$  oletetaan vakioksi? (1p), **e)** Piirrä diodin D virran periaatteellinen käyrämuoto, (1p) ja **f)** Mikä on lähtö-kondensaattorin virran keskiarvo? (1p)

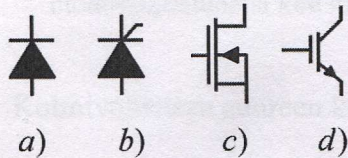


**Kuva. 2** a) Ideaalinen laskeva hakkuri

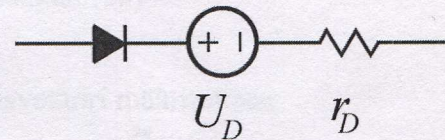
b) Kelavirran aaltomuoto



- Kysymys 3.** Tehoelektronikkalaitteissa käytettävien komponenttien - MOSFET, SCR, IGBT, ja diodi - symbolit ovat esitetty kuvassa 3.
- Yhdistä määritetyt komponentit ja niiden symbolit toisiinsa (1p),
  - Diodin sijaiskytkentä johtotilan häviöiden laskemiseksi on esitetty kuvassa 4. Diodin  $U_d = 0,7V$ ,  $r_D = 22m\Omega$ , diodin läpi kulkevan virran tehollisarvo  $I_{RMS} = 0,8A$  ja keskiarvo  $I_{AV} = 1,3A$ . Laske diodin johtotilan tehohäviö. (1 p)
  - Laske MOSFETin johtotilan häviöt, kun johtotilan resistanssi on  $r_{ds-on} = 80m\Omega$  ja virran keski- ja tehollisarvot ovat samat kuin edellä diodilla. (1p)
  - Mitä etua tyristoritasasuuntaajalla saavutetaan dioditasasuuntaajaan verrattuna? (1p)
  - Mitä tarkoittaa diodin estosuunnan toipumisaika (reverse recovery time)? (1p)
  - Miksi IGBT:n kytkentätaajuus ei ole yhtä suuri kuin MOSFETin? (1p)

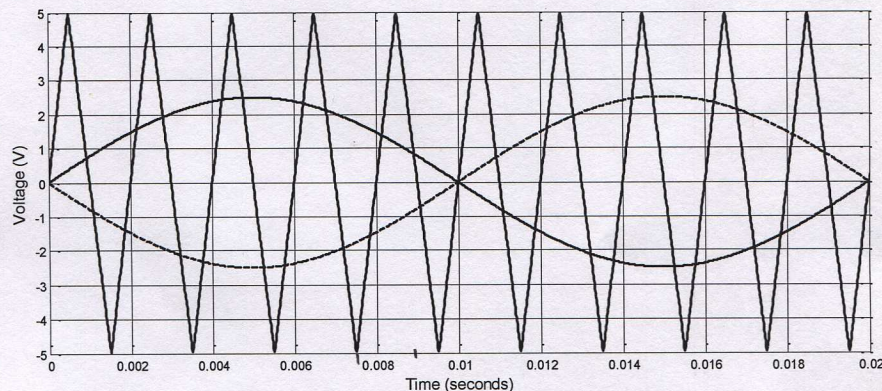


Kuva. 3



Kuva. 4

- Kysymys 4.** Yksivaiheisen suuntaajan ohjaamiseen käytetty unipolaarinen PWM- modulointi on esitetty kuvassa 5. Oleta DC-jännitteeksi 10V.
- Piirrä kuva suuntaajasta, jonka ohjaamiseen ko. modulointia voidaan käyttää. (1p)
  - Mikä on ko. vaihtosuuntaajan modulointi-indeksi kuvan 5 tapauksessa? (1p)
  - Kuinka suuri on ulostulojännitteen tehollisarvo ko. tilanteessa? (1p)
  - Kuinka suuri on ulostulojännitteen taajuus? (1p)
  - Kuinka suuri on suuntaajan aktiivisten kytkinten kytkentätaajuus? (1p)
  - Kuinka paljon suurempi ulostulojännitteen tehollisarvo voisi korkeintaan olla lineaarisella modulointialueella? (1p)



Kuva. 5

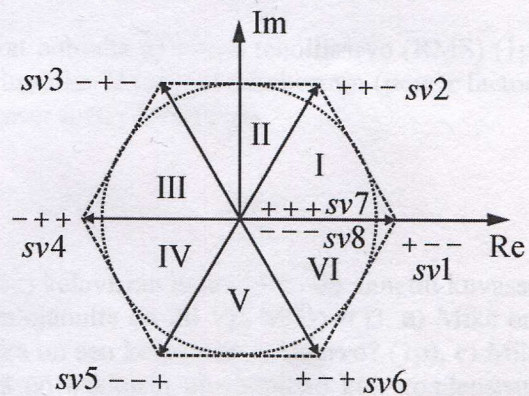
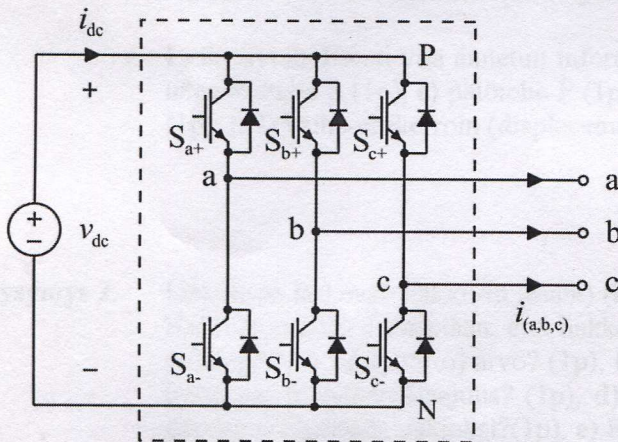


**Kysymys 5.** Kolmivaiheinen vaihtosuuntaajasilta on esitetty kuvassa 6a. Oleta DC-jännitteeksi 540V.

- Kuinka pitkiä aktiivivektorit ovat (kuva 6b)? (1p)
- Vaihtosuuntaajasillan hetkellinen ohjejännite on  $v^{ref} = 100 \text{ V} \cdot e^{j\frac{7\pi}{4}}$ .  
Mitä aktiivivektoreita kuvassa 6b esitetystä diagrammista ko. ohjejännitteen tuottamiseksi käytetään? (1p)
- Esitä vaihtosuuntaajasillan kytkentäsekvenssi tavanomaista avaruusvektorimodulointia käytettäessä (space-vector pulse-width modulation SV-PWM) kun ohjejännite on sama kuin edellä. (2p)
- Mikä on vaihtosuuntaajasillan suurin mahdollinen ulostulojännite lineaarisella modulointialueella kun käytetään vektorimodulointia? (2p)

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. 6 a)** Kolmivaiheinen vaihtosuuntaussilta

**b)** vektoridiagrammi