



1. Kuvaile lyhyesti seuraavat termit ja käsitteet (pelkkä suomenos EI riitä):

- a) Recombination (1p)
- b) Minority carrier (1p)
- c) Drift current (1p)
- d) Transformer leakage inductance (1p)
- e) Eddy current (1p)



2. Sovelluksessa, jossa kytkettävä jännite on 650V ja kytkettävä virta 50A, käytetään aktiivikytkinkomponenttina IGB-transistoria. Käytettävissä on kahdenlaisia komponentteja.

**Komponentti I:**  $v_{DS(on)} = 1,5V$  (50A), muutostilanteissa syntyvät häviöenergiat  $w_{on} = 7mJ$  ja  $w_{off} = 10mJ$ , kun kytkettävä virta ja jännite ovat 50A ja 650V.

**Komponentti II:**  $v_{DS(on)} = 2,7V$  (50A), muutostilanteissa syntyvät häviöenergiat  $w_{on} = 5mJ$  ja  $w_{off} = 4mJ$ , kun kytkettävä virta ja jännite ovat 50A ja 650V.

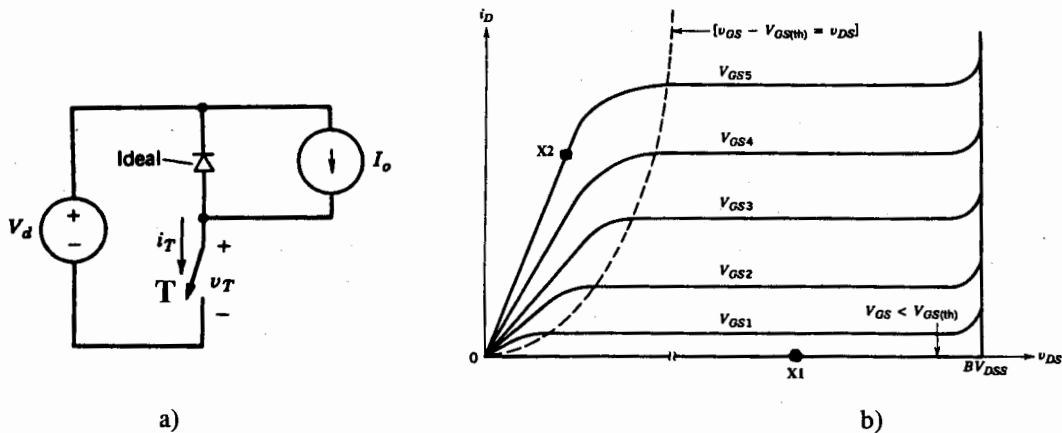
- a) Milloin kannattaa käyttää komponenttia I ja milloin komponenttia II? (3p)
- b) Kun pulssisuhde  $D = 0,6$  ja kytkentätaajuus  $f_{sw} = 10kHz$ , kummassa komponentissa syntyvät kokonaistehohäviöt ovat pienemmät? (2p)

3. IGBT:n rakenne ja toiminta.

- a) Esitä n-kanavaisen (non-punch-through, NPT-IGBT) komponentin rakenne. Merkitse selvästi elektrodit, mahdolliset eristealueet ja eri puolijohdealueiden tyypit ( $n^+, p^+, n, p, n^-, p^-$ ). (3p)
- b) Esitä edellytykset, joilla komponentti siirtyy myötäsuntaiseen johtotilaan. Riittävät ja selkeät perustelut! (2p)

4. Kuvassa 1a on esitetty vakiovirtakuormaa syöttävän jännitettä laskevan hakkurin (buck) yksinkertaistettu sijaiskytkentä. Kytkinkomponenttina T on n-kanavainen MOSFET, jonka ominaiskäyrästä on kuvan 1b mukainen.

- a) Piirrä MOSFET:n virran ja jännitteen käyrämuodot ajan funktiona, kun komponentti saatetaan johtavaksi ja vastaavasti, kun komponentti saatetaan johtamattomaksi. Merkitse selvästi muutosten kestoajat. Selkeät perustelut! (3p)
- b) Piirrä a-kohdan tilanteita vastaava MOSFET:n toimintapisteen muuttuminen ( $X1 \leftrightarrow X2$ ) kuvan 1b mukaiseen ominaiskäyrästöön. Käytä samoja merkintöjä kuin a-kohdassa. (2p)



Kuva 1.

5. Esitä vaihtoehtoisia ja toimivia tapoja toteuttaa kaksisuuntainen aktiivinen tehokytkin. Selitä myös keksimäsi kytkimen toimintaperiaate. Käytössäsi ovat kaupalliset MOSFETit ja diodit. [Vinkki: Kytkenällä täytyy voida katkoa ja kytkeä sekä positiivisia että negatiivisia virtoja ja jännitteitä]

(2p / kpl, max. 6p)