

- 1) **Ylimodulointi.**
 - a) Mitä tarkoitetaan vaihtosuuntaajien yhteydessä ylimoduloinnilla? (1 p)
 - b) Mitkä ovat ylimoduloinnilla saavutettavat **hyödyt ja haitat?** (2 p)
 - c) Laske, mikä on ylimoduloinnin tapauksessa yksivaiheisen puolisolun **kuormajännitteen perusaallon suurin arvo**, kun välipiirin jännite on 320 V. (2p)
 - d) Mikä on ko. maksimi jännite ilman ylimodulointia? (1p).

- 2) **Jännitevälipiirillisessä** kaksitasoisessa ja kolmivaiheisessa **vaihtosuuntaajassa**, jonka syöttävä tasajännite U_{dc} on 600 V, **käytetään ns. six-step -ohjausta**. Piirrä alekkain ulostulojännitteen yhden perusjakson osalta:
 - a) vaihejännitteet välipiirin tasajännitteen keskipisteeseen nähden. (1p)
 - b) pääjännitteet. (1 p)
 - c) symmetrisen kolmivaihekuorman tähtipisteen jännite. (2 p)
 - d) vaihejännitteet tähtipisteeseen nähden. (2 p)

- 3) **Kolmitasoinen**, kolmivaiheinen jännitevälipiirillinen **NPC -vaihtosuuntaaja**.
 - a) Piirrä kuva suuntaajan päävirtapiiristä. (1 p)
 - b) Selvitä ohjauksen peruseriaate yhden vaiheen osalta. (2 p)
 - c) Yksinkertaisimmassa ohjaustavassa vaiheen ulostulo kytketään vakioajaksi aluksi välipiirin keskipisteeseen, tämän jälkeen välipiirin positiiviseen potentiaaliin, jälleen nolnaan, sen jälkeen negatiiviseen potentiaaliin ja lopuksi nolnaan. Piirrä muodostuneet vaihejännitteet ja pääjännitteet, kun nollatason kesto puolijakson aikana on yhteensä 30° . (3 p)

- 4) **Jännitevälipiirillinen kolmivaiheinen verkkovaihtosuuntaaja** toimii stationäärisessä tilassa. Sen verkosta ottama pätöteho on 40 kW ja tuottama loisteho 20 kVAR. Suuntaajassa käytetään yksinkertaista PWM-menetelmää ja L-tyyppistä suodinta, jossa $L = 0,5$ mH
 - a) Piirrä kyseistä tilannetta vastaava osoitinpiirros yhden vaiheen osalta (1 p)
 - b) Laske kyseisessä tilanteessa suuntaajasillan tuottaman vaihejännitteen perusaallon tehollisarvo ja vaihesiirtokulma verkkojännitteeseen (230 V, 50 Hz) nähden (3p)
 - c) sekä alin välipiirin jännite, jolla silta vielä toimii lineaarisella modulointialueella.(2p)

- 5) Kolmivaiheisen **virtavälipiirilisen**, IGBT-komponenteilla toteutetun PWM-**vaihtosuuntaajan vektorimodulointi**.
 - a) Esitä suuntaajan päävirtapiiri, kun kuorma on tähteenkytketty ja muodostuu vaiheittain kelan ja vastuksen sarjaankytkennästä. (1p)
 - b) Esitä vektorimoduloinnin periaate, kun suuntaajaa syötetään tasavirralla I_d . (1 p)
 - c) Mitkä ovat suuntaajan eri kytkentätiloja vastaavien virtavektoreiden suunnat ja suuruudet. (2p)
 - d) Miten vektorimoduloinnilla toteutetaan ulostulon vektoriohje, jonka itseisarvo on puolet välipiirin tasasuureen arvosta ja suunta 30° reaaliakseliin nähden, kun modulointitaajuutena käytetään 5 kHz:ä. (2p)