



1. Kolmivaiheista jännitevälipiirillistä PWM-taajuudenmuuttajaa syötetään 400 V:n syöttöverkosta diodisillalla. Laske, mikä on muuttajan ulostulossa vaihejännitteen perusaallon maksimiarvo, kun
  - a) modulaattori toimii suurella modulointitaajuudella ja käyttää sinikolmiovertailua ilman ylimodulointia,
  - b) modulointiohjeeseen lisätään optimimäärä kolmatta yliaaltoa,
  - c) ylimodulointi sallitaan (1p).
  
2. Yksivaiheisessa siltakytkentäisessä jännitevälipiirillisessä vaihtosuuntaajassa käytetään kanttiaalto-ohjausta siten, että haaraparien ohjaukset limittyvät keskenään  $30^\circ$ . Välipiirin jännite on 205 V ja ulostulon taajuus 100 Hz. Vaihtosuuntaajan kuorma muodostuu kelasta, jonka induktanssi 10 mH ja resistanssi  $2 \Omega$ . Laske kuormavirran perusaallon ja kolmen ensimmäisen virrassa esiintyvän yliaallon tehollisarvot.
  
3. Jännitevälipiirillinen taajuudenmuuttaja syöttää induktiivista kuormaa, jonka  $\cos\phi \approx 0,95$ . Vaihejännite ulostulossa on pulssileveysmoduloitu ja muodostuu kolmesta pulssista puoliaaltoa kohden, modulointi-indeksi on noin 0,5. Kuormavirta oletetaan suodattuneen täysin sinimuotoiseksi. Piirrä päällekkäin periaatteelliset kuvat muuttajan yhden vaiheen moduloidusta ulostulojännitteestä ja vaiheen päävirtapiirin komponenttien (transistorit, diodit) läpi menevien virtojen käyrämuodoista yhden perusjakson aikana.
  
4. Jännitevälipiirillinen PWM-verkkosuuntaaja
  - a) Toimintaperiaate.
  - b) Miten kolmivaiheisen suuntaajan tuottamia jännitteitä pitäisi keskimääräisesti ohjata verkkojännitteisiin nähden, jotta suuntaaja ottaisi 400 V:n, 50 Hz:n syöttöverkosta 40 kW:n tehon ja samalla sen ottama loisteho olisi nolla. Suuntaajan verkkosuodin oletetaan muodostuvan pelkistä 2 mH:n keloista. Välipiirin jännite on 700 V.
  
5. Virtavälipiirillinen PWM-muuttaja
  - a) Toimintaperiaate.
  - b) Esitä tyypillisemmät ominaisuudet.
  - c) Miten toteutetaan ulostulovirtoja vastaava avaruusvektori, jonka pituus on  $I_d/3$  ja suunta  $30^\circ$ , kun keskimääräinen modulointitaajuus on 5 kHz.