

TENTISSÄ SAA KÄYTTÄÄ OMAA LASKINTA!

- Kuormakommutoitu kolmivaiheinen taajuudenmuuttaja** syöttää symmetristä kolmivaihekuormaa, joka koostuu kuristimista ja vastajännitelähteistä ($U_l = 90$ V ja $f_l = 20$ Hz). Suuntaajan välipiiriin kytketyn kuristimen induktanssi $L_{dc} = 50$ mH ja resistanssi $R_{dc} = 0,25$ Ω . Kuristimen läpi kulkee 100 A:n tasavirta. Muuttajaa syötetään kolmivaiheverkosta, jonka vaihejännitteen tehollisarvo on $U_s = 230$ V ja taajuus $f_s = 50$ Hz. Kommutointia ei tarvitse huomioida.
 - Piirrä järjestelmän päävirtapiirin periaatekuva, merkitse kuvaan valitut ac- ja dc-virtojen suunnat sekä dc-jännitteiden suunnat. (1p)
 - Piirrä käyrästöön kuormapuolen tasajännitteen ja kuormavirtojen periaatteelliset käyrämuodot vastaaviin vaihejännitteisiin nähden, kun kuormasillan ohjauskulma $\alpha = 165^\circ$. (2p)
 - Laske tilannetta vastaava verkkosillan ohjauskulman α arvo. (1 p)
 - Laske verkosta otettu teho sekä kuormalle menevä teho. (2p)
- Esitä lyhyesti, **mitä tarkoittaa ja miten toteutetaan** jännitesyöttöisen vaihtosuuntaajan yhteydessä (**Havainnollista esitystä päävirtapiiri- ja käyrämuotokuvilla**):
 - Yksivaiheisen sillan bipolaarinen PWM-ohjaus (PWM with bipolar voltage switching). (1 p)
 - Yksivaiheisen sillan unipolaarinen PWM-ohjaus (PWM with unipolar voltage switching). (1p)
 - Kolmivaiheisen sillan kolmannella yliaallolla modifioitu PWM-ohjaus. (1 p)
 - Yliaaltoja eliminoiva ohjaus (programmed harmonic elimination switching). (1 p)
 - Kuormavirran muuttuvakytkentätaajuinen hystereesissäätö (current-mode tolerance band control). (1 p)
 - Kuormavirran vakiokytkentätaajuinen säätö (current mode fixed-frequency control). (1 p)
- ~~Kolmivaiheista~~ IGB-Transistoreilla toteutettua ~~vaihtosuuntaussiltaa~~ ohjataan six-step-ohjauksella.
 - Piirrä kytkentä**, nimeä siihen a-vaiheen **komponentit** sekä positiiviseksi valitsemiesi **virtojen suunnat**. (1p)
 - Mihin tarvitaan kytkennän **diodeja**? (1 p)
Piirrä alekkain a-vaiheen **kuormajännitteen** u_{an} ja **virran** i_{an} sekä vaiheen **ylemmän kytkin-komponentin** ja sen rinnalle kytketyn **diodin** läpi kulkevien **virtojen** i_{Ta+} ja i_{Da+} **periaatteelliset käyrämuodot** valitut virransuunnat huomioiden, kun tähteen kytketty kuorma on
 - puhtaasti **resistiivinen** (2 p),
 - puhtaasti **induktiivinen** (2 p).
- Yksivaiheista** pulssinleveysmoduloitua **verkkovaihtosuuntaajaa** (kokosiltakytkentä) ohjataan siten että verkkovirta $i_s(t)$ on joko samassa tai vastakkaisessa vaiheessa verkkojännitteen $u_s(t)$ kanssa. Verkkosuodin oletetaan muodostuvan vaihekohtaisista kuristimista.
 - Piirrä kytkentä ja nimeä siihen käyttämäsi suureet. (1p)
 - Piirrä kytkentä ja periaatteelliset osoitinpiirroksset, jotka kuvaavat tilanteita, kun pätöteho P on 1) positiivinen ja 2) negatiivinen (loisteho $Q = 0$). Piirrä kuviin verkkovirta I_s , verkkojännite U_s , häviöllisen suodinkuristimen (L_s, R_s) yli vaikuttava jännite U_L ja suuntaajan tuottama jännite U_{conv} . (2 p.)
 - Laske välipiirin jännitteen U_{dc} **minimiarvo**, jolla suuntaajan läpi voidaan ajaa 10 kW:n teho kumpaan suuntaan tahansa (loisteho $Q = 0$). Suuntaajaa ohjataan lineaarisella modulointialueella. (3p)
Verkkojännite $U_s = 230$ V ja taajuus $f_s = 50$ Hz, verkkokuristimen induktanssi $L_s = 5$ mH (laskuissa kuristin oletetaan ideaaliseksi: $R_L = 0$ Ω).

$$U_{dc} = \sqrt{6} U_{max} = \sqrt{6} U_r$$

Tehtävä 5 kääntöpuolella!