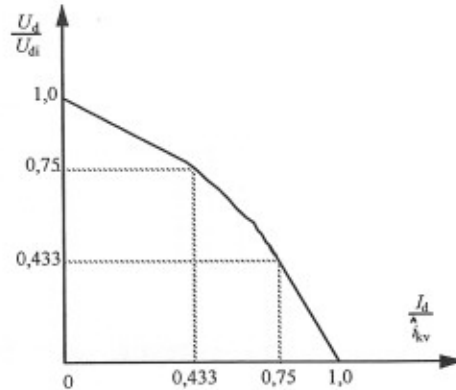


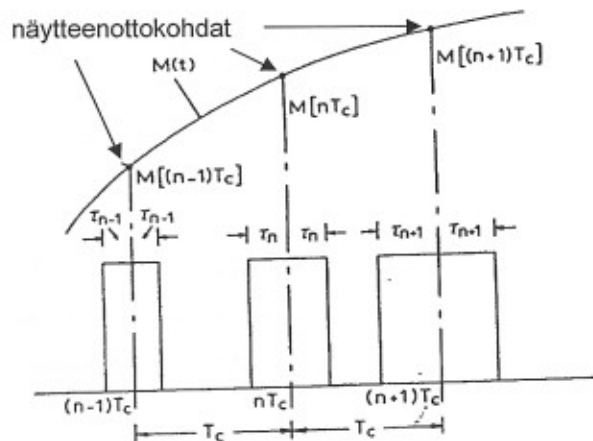
1. Kuusipulssisen dioditasasuuntaajan jännite-virtaominaiskäyrä on esitetty alla olevassa kuvassa. Selosta perustellen kuvaajan taustalla olevat ilmiöt. Voit käyttää myös matemaattista tarkastelua, mutta sitä ei erityisesti vaadita.



2. Kolmivaiheisessa jännitevälipiirillisessä vaihtosuuntaajassa voidaan käyttää useita pulssinleveysmodulointimenetelmiä.
- a) Selitä niistä yhden eli sini-kolmiovertailun toimintaperiaate. Millä kahdella opintojaksossa käsitellyllä näytteenottotekniikalla sama voidaan toteuttaa digitaalisesti? Mikä on ko. näytteenottotekniikoiden periaate. (3 p)
- b) Seuraavassa kuvassa on havainnollistettu yhtä digitaalista modulointimenetelmää. Siinä yhden pulssin leveys lasketaan yhtälöstä

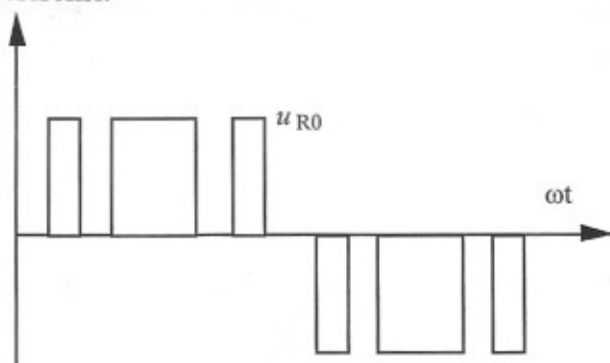
$$t_p = \frac{T_c}{2} \{1 + m_a \sin \omega_m t_1\},$$

jossa $m_a \sin \omega_m t_1$ on modulointifunktion $M(t) = m_a \sin \omega_m t$ diskreetti arvo kytkemistaajuuden $f_c = 1/T_c$ määrittämässä kohdissa: $\dots(n-1)T_c, nT_c, (n+1)T_c, \dots$. Johda tai perustele muulla tavoin edellinen yhtälö. (2 p.)



3. Piirrä kolmivaiheisen kolmitasoinvertterin (NPC, Neutral-Point-Clamped) tehoasteen yhden lähtövaiheen kytkentä. Mitä etuja kytkennän käytöllä saadaan? Vaihejännitteessä tasajännite-

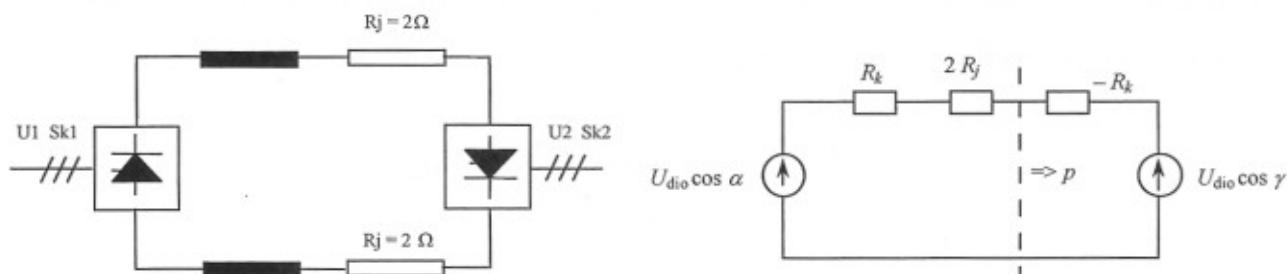
lähteen keskipistettä vastaan on kolme pulssia puolijaksoa kohti seuraavan kuvan mukaisesti. Selosta, miten vaihtokytkimien tehopuolijohdekomponentteja on ohjattava ja piirrä kunkin komponentin johtoalueet, kun kuormitus on induktiivinen (vaihesiirron voi valita itse). Lähtövirta oletetaan sinimuotoiseksi.



4. Alla oleva kuva esittää 12-pulssista tasasähköyhteyttä, jossa tasavirta voidaan olettaa täysin tasoittuneeksi. Siirtoon liittyvät lukuarvot ovat: siirtyvä teho verkosta 1 verkkoon 2 $P = 500 \text{ MW}$ (vaihtosuuntauspäästä mitattuna, merkitty 2. kuvaan kirjaimella p), verkkojen pääjännitteet $U_1 = U_2 = 400 \text{ kV}$, verkkojen oikosulkutehot $S_{k1} = S_{k2} = 4000 \text{ MVA}$, tasasähköjohdon resistanssi $2 R_j = 4 \Omega$, $\gamma_{\min} = 15^\circ$ (vaihtosuuntaajan ohjauskulma).

Laske tasavirran suuruus nimellisteholla, käytä apuna sijaiskytkennän kohdassa p annettua tehoa ja vaihtosuuntaajan ohjauskulmaa γ_{\min} . Laske syöttöverkosta 1 otettu perusaaltainen loisteho kun vaihesiirroksi voidaan olettaa kulma $\alpha + \mu/2$. Loistehon määrittämiseksi on ensin laskettava tasasuuntaajan ohjaus- ja kommutoimiskulmat.

Laskennassa kannattaa käyttää oikeanpuoleisen kuvan mukaista sijaiskytkentää, jossa R_k on 12-pulssisten siltojen kommutoimisresistanssi $6 X_k/\pi$, kun X_k on verkon oikosulkureaktanssi. U_{dio} on tasasuuntaajan ideaalisen tasajännitteen keskiarvo, huom. 12-p silta!



5. Tasasuuntaajien aiheuttamien verkkovirran harmonisten yliaaltojen (50 Hz monikerrat) pienentäminen ja suodattaminen. Esittele eri menetelmien periaatteet sekä niiden etuja että haittoja. Vastauksessa ei tarvitse käsitellä yliaaltolähteitä eikä yliaaltojen haittavaikutuksia.