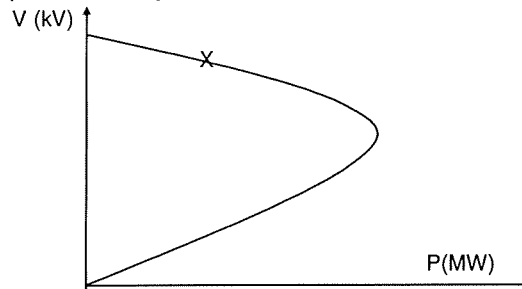


S-18.3200 Sähkösiirtojärjestelmät 1 Tentti 18.12.2007

Vastaa tehtäviin 1-4 ja valitse toinen tehtävistä 5 ja 6. Vastaa siis enintään viiteen tehtävään.

1. Tutkitaan alle piirrettyä PV-käyrää, joka kuvaa sellaista verkkoa, jossa on tuotantoalue ja kuormitusalue ja niiden välissä verkko, jossa on useita rinnakkaisia johtoja. Käyrä kuvaa alueiden välistä siirtoyhteyttä. Kuormitusalueella on muutamia generaattoreita. Toimintapiste ehjälle verkolle on piirretty kuvaan X:llä.

- a) Miten toimintapiste siirtyy, kun kuormitusalueella yksi generaattori irtoaa verkosta ja korvaava teho tulee tuotantoalueen pyörivistä reserveistä? Oletetaan, että PV-käyrä pysyy muuttumattomana. Piirrä joku mahdollinen uusi toimintapiste PV-käyrälle.



- b) Tutkitaan edelleen PV-käyrää. Miten PV-käyrä muuttuu, kun yksi alueiden välisistä johdoista irtoaa? Piirrä uusi käyrä. Miksi käyrä muuttuu erilaiseksi?
c) Mitä tapahtuu PV-käyrälle, kun kaikki johdot tuotanto- ja kuormitusalueen välillä sarjakompensoidaan? Piirrä uusi PV-käyrä. Miksi käyrä muuttuu?
d) Mitä tapahtuu tuotantoaluetta kuvaavan ekvivalenttgeneraattorin ja kuormitusaluetta kuvaavan ekvivalenttgeneraattorin väliselle tehokulmalle, kun johto irtoaa? Miksi näin käy?
e) Miten PV-käyrä muuttuu, jos kuormapuolella kompensoidaan kaikki loisteho?
f) Mitä PV-käyrä kertoo siirtokapasiteetista?

2. Tutkitaan 300 km:n pituista 400 kV johtoa. Johto oletetaan häviöttömäksi ja sitä voidaan laskea käyttämällä nimellis- π -sijaiskytkentää. Johdon induktanssi pituutta kohti L on 0,88 mH/km ja kapasitanssi pituutta kohti C on 12,4nF/km. Johdon alkupää on kiinni jäykässä verkossa ja sen jännite on 420 kV. Laske johdon loppupään jännite seuraavissa tapauksissa.

- a) Johdon loppupäässä on kuorma, joka voidaan mallintaa tähteen kytketyillä resistansseilla, joiden arvot ovat $R=200\Omega$ / vaihe.
b) Johdon loppupäähän kytketään a)-kohdan kuorman lisäksi tähtikytkentäiset kapasitanssiparistot. Kapasitanssi vaihetta kohti on 1,8 μF .
c) Johto on tyhjäkäynnissä eli kuorma on irronnut eikä johdon loppupää ole kytketty mihinkään.
d) Tyhjäkäyvän johdon loppupäähän on kytketty jännitteen liiallisen nousun estämiseksi tähteen kytketyt reaktorit. Reaktorin induktanssi $L=5,6$ H vaihetta kohti.

3. Tämä tehtävä käsittelee verkon maadoittamista ja maasulkuja.

- a) Kerro verkon maadoittamisesta. Käsittele ainakin seuraavia asioita: Miksi Suomessa 400, 220 ja 110 kV verkot on osittain tai kokonaan maadoitettu? Mitä etuja maadoittamisesta saadaan? Miten muuntajien tähtipisteen maadoittaminen tai maadoittamatta jättäminen vaikuttaa maasulkuvirran suuruuteen?
- b) Sähköasemalle tulee maasulku. Verkon Theveninin impedanssit ovat seuraavat: $Z_0 = j0,25\text{pu}$, $Z_1 = j0,15\text{pu}$ ja $Z_2 = j0,14\text{pu}$. Perustehona on 1000 MVA ja perusjännitteenä on 420 kV. Vika sattuu vaiheessa A ja vikaimpedanssi on nolla. Laske vikavirta suhteellisarvoina ja perusarvoina. Vikapaikan jännite ennen vikaa oli 0,95 pu.
- c) Sähköasemalle tulee 2-vaiheinen maaosulku. Verkon Theveninin impedanssit ovat seuraavat: $Z_0 = j0,25\text{pu}$, $Z_1 = j0,15\text{pu}$ ja $Z_2 = j0,14\text{pu}$. Perustehona on 1000 MVA ja perusjännitteenä on 420 kV. Vika sattuu vaiheissa B ja C. Vikaimpedanssi on nolla. Laske komponenttiverkkojen virrat suhteellisarvoina ja perusarvoina. Vikapaikan jännite ennen vikaa oli 0,95 pu.
- d) Piirrä alla olevien muuntajien nollaverkon kytkennät.
- e) Vertaile Yy- ja Dy-kytkentäisten muuntajien nollaverkkoja.

4. Kerro kulmastabiiliudesta.

- a) Mitä on kulmastabiilius?
- b) Mitkä seikat vaikuttavat johdon ja verkon kulmastabiiliuteen?
- c) Miten kulmastabiiliutta voidaan parantaa?
- d) Miten generaattorin jännitteensäätö vaikuttaa kulmastabiiliuteen?
- e) Mikä on pinta-alakriteeri?
- f) Miten kulmastabiiliutta voidaan parantaa?

5. Tarkastellaan siirtoreittiä, joka koostuu rinnakkaisista johdoista, joiden reaktanssi on 100Ω . Millainen jännite kannattaa valita? Montako johtoa tarvitaan rinnakkain, jos reitin pitää siirtää 6000 MW teho ja verkkoa käytetään (n-1)-periaatteen mukaan. Oletetaan, että suurin sallittu kulmaero johdon päiden välillä on kaikissa tapauksissa 30° .

6. Tarkastellaan epäsymmetrisiä jännitteitä, joiden arvot ovat seuraavat.
 $\bar{U}_A = 0,90\angle 0^\circ$, $\bar{U}_B = 1,25\angle 280^\circ$, $\bar{U}_C = 0,60\angle 110^\circ$. Piirrä jännitteiden osoittimet ja laske myötä- vasta ja nollakomponentit ja piirrä ne.