

1. Selvitä lyhyesti (2p/kohta):

- Miksi 3-vaiheisia ja 2-vaiheisia oikosulkuvirtoja tarkastellaan erikseen keskijännitelähdön suojausta suunniteltaessa?
- Millä välillä vaihejännitteen tehollisarvojen 10 minuutin keskiarvojen tulee olla asiakkaan liittämiskohdassa, jotta pienjänniteverkon jännite on standardin EN50160 mukaista?
- Miten asiakkaan liittymispisteeseen liitetty sähköntuotantoyksikkö vaikuttaa sähkönjakeluverkon jännitteeseen?
- Millaisia tähtipisteen maadoitustapoja sovelletaan Suomessa käytössä olevissa eri jännitetasen sähkön siirto- ja jakeluverkoissa?
- Sähkönjakeluverkkojen käyttövarmuuden arviointiin soveltuvat tunnusluvut SAIFI ja SAIDI.

2. a) Selvitä lyhyesti keskijännitejohtimen (20 kV) teknistaloudellisen mitoittamisen periaate (3p)

- Vertaile säteistä ja silmukoitua verkkomuotoa sähkön siirto- ja jakeluverkoissa (3p)

3. a) Sähköaseman 21 kV kiskostosta ($Z_k = 2 \Omega$) on vedetty keskijännitemaakaapeli APYAKMM $3 \times 70 \text{ mm}^2$, jonka suurin kuormitus tulee olemaan 140 A. Vakioaikaylivirtarele on aseteltu toimimaan 280A virralla 1,5 sekunnissa. Onko kaapeli riittävän suojattu oikosulkuvirran lämpövaikutuksilta, kun kaapelin suurin sallittu 1 s oikosulkuvirta on 6,5 kA? Jos ei, niin miten suojaus olisi toteutettava? (2p)

- Kolmivaihejohdon resistanssi on $2,8 \Omega$ ja reaktanssi $1,8 \Omega$. Johdon loppupäässä on kuorma, jonka tehokerroin on $0,9_{\text{ind}}$. Laske johdossa syntyvien pätötehohäviöiden nykyarvo, kun kuorma on aluksi 1,5 MW ja kasvaa vuosittain $r = 2 \text{ \%/a}$. Laskenta-aika on 10 vuotta, laskentakorko on 8 %, häviöt maksavat 80 €/kW,a ja pääjännite 20 kV. (4 p) (talouslaskennan kaavat 2. sivulla)

4. Tarkastellaan 1-vaiheista maasulkua maasta erotetussa keskijänniteverkossa, joka muodostuu kolmesta lähdöstä seuraavasti:

Lähtö	Johdinlaji	Pituus
1	avojohdo	100 km
2	AHXAMK-W $3 \times 120 \text{ mm}^2$	20 km
3	AHXAMK-W $3 \times 120 \text{ mm}^2$	0,5 km

Pääjännitteeksi oletetaan 20 kV ja johtimien maakapasitanssit/vaihe ovat avojohdolle 6,0 nF/km ja kaapelille (AHXAMK-W $3 \times 120 \text{ mm}^2$) 230,0 nF/km.

- Laske maasulkuvirta, kun maasulku ($R_f = 0$) sattuu lähdön 1 alussa. (3p)
- Laske suurin mahdollinen maasulkuvirta silloin, kun varasyöttötilanteessa verkkoon on liitetty tilapäisesti viereisen sähköaseman alueelta 50 km avojohdo ja 5 km maakaapelia (AHXAMK-W $3 \times 120 \text{ mm}^2$). (2p)
- Maasulku tapahtuu verkon normaalissa kytkentätilanteessa suojamaadoitukseen, jonka maadoitusresistanssi on 15Ω . Kuinka suuri on maadoituksen yli vaikuttava jännite? (3p)

Kaavoja kääntöpuolella.

Talousmatematiikan kaavoja:

$$\varepsilon = \frac{(1+r/100)^2}{1+p/100}$$

$$\varepsilon = \frac{(1+r/100)}{1+p/100}$$

$$\kappa = \varepsilon \frac{\varepsilon^T - 1}{\varepsilon - 1}$$

$$a = \frac{p/100}{\left[1 - \left(\frac{1}{1+p/100} \right)^t \right]}$$