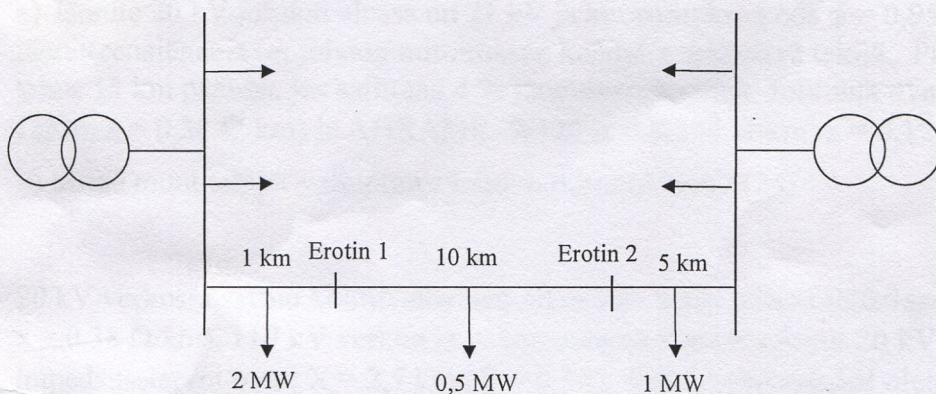


5. Kuva 1 esittää kahden keskijännitelähdön keskimääräisiä kuormituksia ja niiden välisiä erottimia. Valitse keskeytyskustannusten perusteella se erotin, joka kannattaa normaalissa käyttötilanteessa pitää avoimena. Oletetaan, että verkossa on vain yksi vika kerrallaan ja sähköt palautetaan heti vian erottamisen jälkeen varasyötön kautta erotin-vyöhykkeisiin, mihin se on mahdollista. Laskennassa käytettävät lähtöarvot: (4p)

- johdon vikataajuus 10 vikaa/100 km vuodessa
- keskeytystehon haitta-arvo 3 €/kW
- keskeytysenergian haitta-arvo 15 €/kWh
- keskimääräinen vian korjausaika 2 h
- keskimääräinen vian erottamisaika 0,5 h
- keskimääräinen varasyötön kytkentäaika 0,75 h



Kuva 1.

Talousmatematiikan kaavoja:

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

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

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

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

1. a) Vertaile säteittäistä ja silmukoitua verkkomuotoa sähkön siirto- ja jakeluverkoissa (3p)
b) Esittele lyhyesti sähkönjakeluverkoissa esiintyvät mahdolliset vikatyypit. (2 p)
c) Maasulkuvirran kompensoinnin toteutustavat ja -periaatteet sekä kompensoinnista saatavat hyödyt. (3p)
d) Selvitä lyhyesti johtimen taloudellisen mitoittamisen periaate (3p)
2. a) Jännite 20 kV johdon alussa on 21 kV ja kuormituksen $\cos \varphi = 0,95$. Oletetaan, että jännitteenalenema on johdon mitoituksen kannalta määräävä tekijä. Paljonko voidaan siirtää tehoa 15 km päähän, jos sallitaan 4 % jännitteenalenema. Johtoina ovat Raven ($r = 0,54 \Omega/\text{km}$, $x = 0,38 \Omega/\text{km}$) ja AHXAMK-W120 ($r = 0,253 \Omega/\text{km}$, $x = 0,123 \Omega/\text{km}$) (3p)
b) Mitkä muut tekijät vaikuttavat johdon mitoitukseen? (2p)
3. 20 kV verkossa sattuu kolmivaiheinen oikosulku 3 km päässä sähköasemalta ($r = 0,54 \Omega/\text{km}$, $x = 0,38 \Omega/\text{km}$). 110 kV verkon ja päämuuntajan yhteenlasketut 20 kV puolelle redusoidut impedanssiarvot ovat: $X = 2,7 \Omega$ ja $R = 0,3 \Omega$. Vikaimpedanssiksi oletetaan 0Ω . Laskentajännite on 21,5 kV.
a) Laske vikavirran suuruus (2p)
b) Kuinka suurina ovat vian aikaiset pääjännitteet sähköasemalla 20 kV kiskossa? Vertaa jännitteitä verkon normaaliin jännitetasoon. (2p)
c) Miten 20 kV lähtöjen oikosuluista aiheutuvia jännitekuoppia voitaisiin vähentää? (2p)
4. Teollisuuslaitosta varten rakennetaan uusi 5 km pituinen keskijännitejohto. Johdolla siirrettävä huipputeho tulee olemaan 20 vuoden ajan 3,5 MVA. Tehokerroin on $0,9_{\text{ind}}$. Laskentakorko on 8 % ja häviöiden hinta on 40 €/kW,a. Laskentajännite johdon loppupäässä on 20 kV. Johdinlajiksi valitaan joko Raven tai A1132. Kumpi on taloudellisin perustein oikea valinta ja kuinka suuri virhe tehdään, jos valitaan väärä johdinlaji? (4p)

	$r (\Omega/\text{km})$	hinta (€/km)
Raven	0,537	20 000
A1132	0,219	25 000