

MP069 alueen sähköteknisten reunaehtojen laskeminen.

Keskiteho tälle alueelle saatiin kun otettiin Tornion Pirkkiöstä vastaava omakotitalo alue ja niiden talojen kulutusten perusteella määrättiin kullekin tontille kulutuspiste ja teho.

Keskiteho yhteensä laskettuna on 923,7MWh.

Lasketaan maximi teho kaavalla 11.

$$P_{\max} = k_1 \times P + k_2 \times \sqrt{P} \quad (11)$$

$$P_{\max} = 0,29 \times 923,7 + 2,5 \times \sqrt{923,7} = 343,85 \text{ kW}$$

Otetaan huomioon Velanderin kaava joka antaa 50% todennäköisyyden huipputeholle. Lasketaan 95% todennäköisyydellä joten otetaan kerroin Xpowerista joka saadaan 50% ja 95% tehojen suhteesta. Kerroin on 1,231343284 joka saatiin kun Xpowerilla laskettiin kummallakin todennäköisyydellä ja niiden teho arvojen suhde otettiin talteen.

Lasketaan huipputeho maximi tehosta.

$$P_{\text{Huippu}} = P_{\max} \times 1,23\dots = 343,8 \text{ kW} \times 1,231343284 = 423,4 \text{ kW}$$

Lasketaan näennäisteho kaavalla 12.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (12)$$

$$S = \frac{423,4 \text{ kW}}{0,95} = 445,68 \text{ kVA} \quad (12)$$

Lasketaan näennäisteho kolmenkymmenen vuoden päähän kaavalla 13. kun korko on 0,6%

$$P_{30v} = \left(1 + \frac{0,6\%}{100\%}\right)^{30} \times 445,68 \text{ kVA} = 533,29 \text{ kVA} \quad (13)$$

⇒ Valitaan seuraava standardi kokoinen muuntaja ABB 500kVA. Ei haittaa vaikka näennäisteho menee hiukan yli 500KVA koska muuntajan ylikuormitus saa olla 1,4 kertainen nimellistehoon nähden.

Lasketaan näennäisvirta näennäistehosta ja erotetaan siitä pätö- ja loisvirrat.

$$I_s = \frac{533,29 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 769,7 \text{ A} \quad (14)$$

$$I_p = I_s \times \cos \varphi = 769,7 \text{ A} \times 0,95 = 731,2 \text{ A} \quad (15)$$

$$I_Q = I_s \times \sin \varphi = 769,7 \times 0,31 = 238,6 \text{ A} \quad (16)$$

Muuntajan jännitteenalenema

Lasketaan jännitteenalenema muuntajalle kaavalla 1 ja 2. kun $R_m=0,0037\Omega$ ja $X_m=0,014\Omega$.

$$U_{hv} = I_p \times R_m + I_Q \times X_m \quad (1)$$

$$U_{hv} = 731,2A \times 0,0037\Omega + 238,6A \times 0,014\Omega = 6,046V \quad (2)$$

$$U_{h\%} = 100\% \times \frac{\sqrt{3} \times 6,046V}{400V} = 2,6\%$$

Todetaan muuntajan jännitteen aleneman olevan standardin rajoissa.

Määritetään runkokaapelien paksuudet jokaiselle jakokaapille

Jakokaappien tehot on Xpowerista otettuja.

MP069-J2 runkokaapeli

Lasketaan näennäistehot ja –virrat kaavoilla 12 ja 13 sekä pätö- ja loisvirrat kaavoilla 14, 15 ja 16.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{73,1kW}{0,95} = 76,947kVA \quad (12)$$

$$P_{30v} = \left(1 + \frac{0,6\%}{100\%}\right)^{30} \times 76,947kVA = 92,073kVA \quad (13)$$

$$I_s = \frac{92,073kVA}{\sqrt{3} \times 400V} = 132,9A \quad (14)$$

$$I_p = I_s \times \cos \varphi = 132,9A \times 0,95 = 126,3A \quad (15)$$

$$I_Q = I_s \times \sin \varphi = 132,9 \times 0,31 = 41,2A \quad (16)$$

Muuntamolta jakokaapille 2 valitaan 160A gG-sulake => johtimen kuormitettavuuden oltava 177A
Käytettävät korjauskertoimet ovat maan lämpötila, maan lämpöresistiivisuus ja kuusi kaapelia vierekkäin 70mm välein.

Korjauskerroin on:

$$k = 1,03 \times 0,92 \times 0,60 = 0,569$$

$$\Rightarrow \text{Kuormitettavuuden oltava } \frac{177A}{0,569} = 311,1A$$

Valitaan kaapeliksi AXMK 4x185S. Kuormitettavuus tällöin verkostosuosituksen SA2:08 mukaan on 330A joka on riittävä.

Lasketaan jännitteen alenema kaapeli matkalle kaavoilla 1 ja 2.

$$U_{hv} = I_p \times R_v + I_Q \times X_v \quad (1)$$

$$= 126,3A \times 0,181\Omega / km \times 0,1974km + 41,2 \times 0,082\Omega / km \times 0,1974km = 5,18V$$

$$U_{h\%} = 100\% \times \frac{\sqrt{3} \times 5,18V}{400V} = 2,24\% \quad (2)$$

Taulukko 1. Runkokaapeleiden ja jakokaappien laskennat.

	Näennäisteho (kVA)	Näennäisvirta (A)	U_{hv} (V)	U_h (%)	Valittu kaapeli
MP069-J2	92,073	132,9	5,18	2,24	AX185
J1-J2	54,946	79,3	2	0,87	AX185
J1-J704	54,946	79,3	-	-	AX185
MP069-J4	65,25	94,2	1,55	0,67	AX185
J4-J3	38,33	55,3	1,15	1,17	AX185
MP069-J5	240,93	347,75	4,95	2,14	2xAX185
J5-J6	100,475	145	2,1	0,91	2xAX185
MP069-J8	80,618	116,4	6,83	2,96	AX185
J8-J7	80,618	116,4	2,92	1,26	AX185
J7-talojohto	72,36	50,13	3,24	1,4	AX50
MP069-J10	114,284	164,96	8,25	3,57	AX185
J10-J11	66,739	96,3	2,74	1,19	AX185

Taulukkoon 1 on laskettu jokaisen jakokaapelin tehot, virrat ja jännitteenalenemat.

Vikavirrat**Taulukko 2. Kaapelien ja ilmajohdon impedanssit**

	4x185S x2	4x185S	4x95S	4x50S	4x35S	AMKA35
Rv	0,0905	0,181	0,348	0,694	0,939	0,938
R0	0,0905	0,181	0,348	0,694	0,939	0,778
Xv	0,041	0,082	0,084	0,087	0,088	0,104
Xv0	0,041	0,082	0,084	0,087	0,088	0,045
X0	0,041	0,082	0,084	0,087	0,088	0,073

Jotta yksivaiheisen vikavirran voisi selvittää pitää kaapeleista ja ilmajohdoista tietää impedanssit jotka näkyvät taulukossa 1. Tämän jälkeen taulukkoon 2. lasketaan jakokaapeille kertyvät impedanssit, huomioituna kaapeli pituudet ja paksuudet. Tässä tapauksessa oli helppo laskea kun kaikki johdot paitsi J5 ja J6 runkojohdot olivat 4x185mm². J5 ja J6 ovat tupla syötön perässä eli impedanssi putoaa 4x185mm² kaapelissa puoleen kuten taulukosta 1, toisesta sarakkeesta voidaan todeta.

Taulukko 3. Jakokaappien impedanssit

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10
Rv	0,059	0,036	0,034	0,015	0,013	0,026	0,077	0,054	0,072	0,046
R0	0,059	0,036	0,034	0,015	0,013	0,026	0,077	0,054	0,072	0,046
Xv	0,027	0,016	0,015	0,007	0,006	0,012	0,035	0,024	0,033	0,021
Xv0	0,027	0,016	0,015	0,007	0,006	0,012	0,035	0,024	0,033	0,021
X0	0,027	0,016	0,015	0,007	0,006	0,012	0,035	0,024	0,033	0,021

Kun laskin jakokaappien impedanssit niin samalla laskin kauimmaiselle kuluttajalle impedanssin ja tulokset on taulukossa 3. Impedanssit on laskettu johdon paksuuden ja pituuden mukaan ja summattu yhteen vasta sarakkeessa ”johdon AX35 lopussa”. Lopputulokseen on myös otettu mukaan jakokaapille J5 tuleva impedanssi joka aiheutuu 2x4x185 kaapelista joka löytyy taulukosta 2. sarakkeesta J5.

Taulukko 4. Kauimmaisen kuluttajan johtojen impedanssit

	AX95	AM35	AM35	AX35	johdon AX 35 lopussa
Rv	0,067	0,047	0,184	0,130	0,441
R0	0,067	0,039	0,152	0,130	0,401
Xv	0,016	0,005	0,020	0,012	0,060
Xv0	0,016	0,002	0,009	0,012	0,045
X0	0,016	0,004	0,014	0,012	0,052

Taulukko 5. ABB 500 kVA muuntajan impedanssit

	500kVA
Rm	0,0037
Xm	0,014
Rm0	0,0041
Xm0	0,014

⇒ Lasketaan vikavirrat jakokaapeille ja kauimmalle kuluttajalle kaavalla 9.

$$I_{K1} = \frac{c \times 3 \times U_v}{\sqrt{\left((2 \times R_m + R_{m0} + 3L \times (R_v + R_0))^2 + (2 \times X_m + X_{m0} + L(2X_v + X_{v0} + 3X_0))^2 \right)} \quad (9)$$

$$I_{K1} = \frac{0,95 \times 3 \times 230}{\sqrt{\left((2 \times 0,0037 + 0,0041 + 3 \times (0,441 + 0,401))^2 + (2 \times 0,014 + 0,014 + (2 \times 0,060 + 0,045 + 3 \times 0,052))^2 \right)}$$

$$I_{K1AX35} = 256A$$

saadaan vikavirta-arvot jotka on taulukossa 5.

Taulukko 6. Yksivaiheiset vikavirrat jakokaapeille ja kauimmaiselle kuluttajalle.

	Ik1 (A)
J1	1570
J2	2471
J3	2571
J4	4982
J5	5527
J6	3207
J7	1226
J8	1708
J9	1303
J10	1975
AX95	1253
AM35	846
AM35	368
AX35	256

Taulukkoon 5 on laskettu vikavirrat sekä kauimmaisen kuluttajan solmupisteet ja kuluttajan talojohdon päässä oleva vikavirta. Todetaan että vikavirrat ovat kunnossa. Xpower antaa vikavirta-arvoksi kauimmaiselle kuluttajalle 259A joka on lähellä käsin laskettua arvoa. Tämä todistaa laskennan menneen oikein.

Kosketusjännitesuojaus

Todetaan kosketusjännitesuojauksen ehtojen täytyminen.

Verkosto suositus SA2:08 mukaan:

Taulukko 6. Pienin oikosulkuvirta, jonka mukaan jakeluverkon vikasuojaukseen käytetty ylivirtasuoja voidaan mitoittaa sekä liittymän ylivirtasuojien sallitut hitaimmat toiminta-ajat. (SFS 6000 801.411.3.2 taulukko 801A)

Ylivirtasuoja	Pienin oikosulkuvirta jakeluverkossa	Toiminta-aika liittymän päävarokkeen luona	Toiminta-ajat liittymän sähköverkossa
gG-tyypin sulake $I_N \leq 63A$	$2,5 \times I_N$	5s	0,4s ja 5s
gG-tyypin sulake $I_N > 63A$	$3 \times I_N$	5s	0,4s ja 5s

J1: $3 \times 200A = 600A < 1570A$

J2: $3 \times 250A = 750A < 2471A$

J3: $3 \times 200A = 600A < 2571A$

J4: $3 \times 250A = 750A < 4982A$

J5: $3 \times 400A = 1200A < 5527A$

J6: $3 \times 315A = 942A < 3207A$

J7: $3 \times 200A = 600A < 1226A$

J8: $3 \times 250A = 750A < 1708A$

J9: $3 \times 200A = 600A < 1303A$

J10: $3 \times 250A = 750A < 1975A$

AX95(runkojohto kauimmaiselle kuluttajalle): $3 \times 80A = 240A < 1253A$

AM35(runkojohto kauimmaiselle kuluttajalle): $3 \times 80A = 240 < 368A$

AX35 (kauimmainen kuluttaja): $2,5 \times 50 = 125A < 256A$

Kosketusjännitesuojausehto toteutuu.