

Adı Soyadı:.....

Okul No:.....

1	2	3	4	Toplam

KÜTAHYA DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ 4. SINIF **ENERJİ DAĞITIM SİSTEMLERİ (TS VII)**
DERSİ 2020-2021 YILI UZAKTAN ÖĞRETİM GÜZ DÖNEMİ FİNAL SINAVI SORULARI

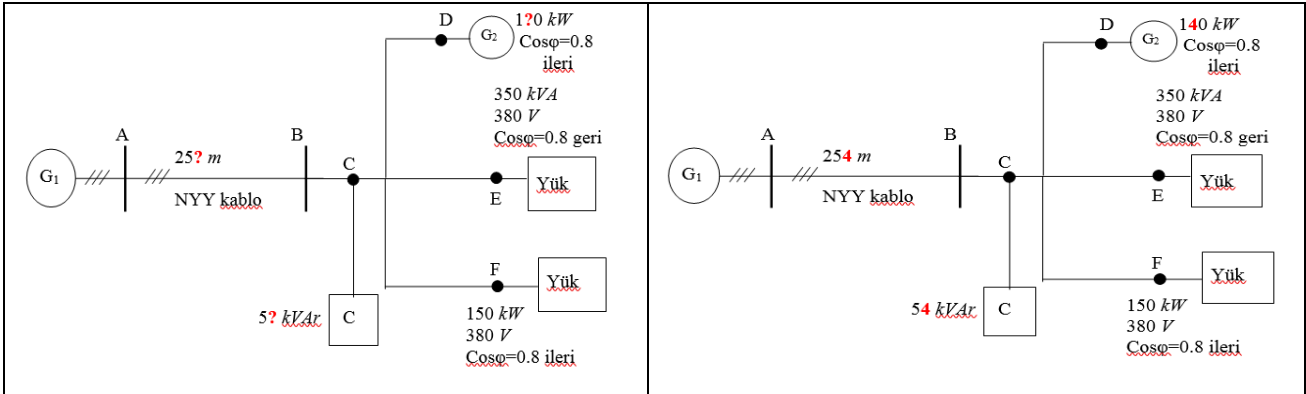
Prof.Dr.Celal YAŞAR

13.01.2021

Not: 13/01/2021 Çarşamba günü saat 17.30 itibariyle sisteme yüklenen 4 sorudan oluşan bu sınavın Cevap kağıdını aynı gün (13/01/2021) saat 22.00'ye kadar ya sisteme yükleyin ya da mail yoluyla kurumsal mailime (celal.yasar@dpu.edu.tr) gönderiniz. Aksi durumda soruları cevaplamamış kabul edilirsiniz. Sınavda kullanılacak iletkenlere ait Tablolar soruların sonunda verilmiştir. Her soru eşit puanlıdır.

1.) Şekildeki üç fazlı sistemde ortam sıcaklığı 25°C olup %5'lik gerilim düşümüne müsaade edilmektedir. Buna göre uygun kablo kesitini ve G₁'e ait P₁, Q₁, V₁, I₁ ve Cos φ₁ değerlerini bulunuz (25 p).

Not: Şekil üzerindeki soru (?) işaretlerinin olduğu yerlere okul numaranızın son rakamını koyarak işlemleri gerçekleştirmelisiniz. Örneğin okul numaranız **202113151094** ise; D deki G₂'nin gücünü **140 kW**, C'deki kondansatörün gücünü **54 kVAr** ve A ile B arasındaki hattın uzunluğunu **254 m** alarak problemi çözmelisiniz.



E noktasında;

$$S_E = 350 \text{ kVA}$$

$$P_E = S_E \cdot \cos \phi = 350 \cdot 0,8 = 280 \text{ kW}, \quad Q_E = S_E \cdot \sin \phi = 350 \cdot 0,6 = 210 \text{ kVAr}$$

F noktasında;

$$P_F = 150 \text{ kW} \quad S_F = \frac{P_F}{\cos \phi} = \frac{150}{0,8} = 187,5 \text{ kVA}, \quad Q_F = S_F \cdot \sin \phi = 187,5 \cdot 0,6 = 112,5 \text{ kVAr}$$

C noktasında; $Q_C = 58 \text{ kVAr}$

D noktasında;

$$P_D = P_{G2} = 140 \text{ kW} \quad S_{G2} = \frac{P_{G2}}{\cos \phi} = \frac{140}{0,8} = 175 \text{ kVA}, \quad Q_{G2} = S_{G2} \cdot \sin \phi = 175 \cdot 0,6 = 105 \text{ kVAr}$$

B noktasında;

$$P_B = P_E + P_F - P_{G2} = 280 + 150 - 140 = 290 \text{ kW}$$

$$Q_B = Q_E - Q_F - Q_C - Q_{G2} = 210 - 112,5 - 54 + 105 = 148,5 \text{ kVAr}$$

$$S_B = \sqrt{(290)^2 + (148,5)^2} = 325,81 \text{ kVA}, \quad I_B = \frac{S_D}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{325,81}{\sqrt{3} \cdot 380} = 495,02 \text{ A}$$

İletkenin taşıyabileceği akım oranı; Ortam sıcaklığı 25°C olduğundan Tablodan 0,95 alınır.

$$I_{oran_{min}} = \frac{495,02}{0,95} = 521,07 \text{ A} \text{ olarak bulunur.}$$

Buna göre Tablodan $521,07 < 600 \text{ A}$ olduğundan $3 \times 400 / 200$ 'lik kablo seçilirse, kabloya ait endüktans değeri $x = 0,072 \Omega / \text{km} - \text{faz}$ değeri tablodan alınır.

$$X = x \cdot 254 \cdot 10^{-3} = 0,072 \cdot 0,254 = 0,0183 \Omega / \text{faz} \text{ bulunur.}$$

$$\text{Direnç değeri ise ; } R = \frac{l}{\gamma \cdot q} = \frac{254}{56 \cdot 400} = 0,0113 \Omega / \text{faz} \text{ olarak hesaplanır. } \Delta U = \frac{RP + XQ}{U},$$

$$\Delta U = \frac{0,0113 \cdot 290 \cdot 10^3 + 0,0183 \cdot 148,5 \cdot 10^3}{380} = 15,78 \text{ V} \quad \varepsilon = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 = \frac{15,78}{380} \cdot 100 = \%4,15$$

$\%4,15 < \%5$ olduğundan seçilen $3 \times 400 / 200$ 'lik kesit gerilim düşümü açısından da uygun olduğu tespiti yapılır. Kablodaki güç kaybı;

$$P_{Kablo} = 3RI^2 = 3 \cdot 0,0113 \cdot (495,02)^2 = 8,307 \text{ kW}$$

$$Q_{Kablo} = 3XI^2 = 3 \cdot 0,0183 \cdot (495,07)^2 = 13,456 \text{ kVAr}$$

$$P_{G1} = P_{Kablo} + P_D = 8,307 + 290 = 298,307 \text{ kW}$$

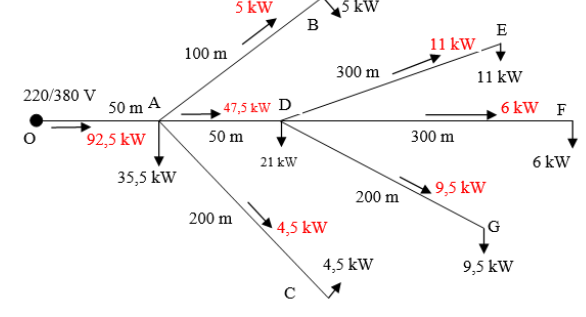
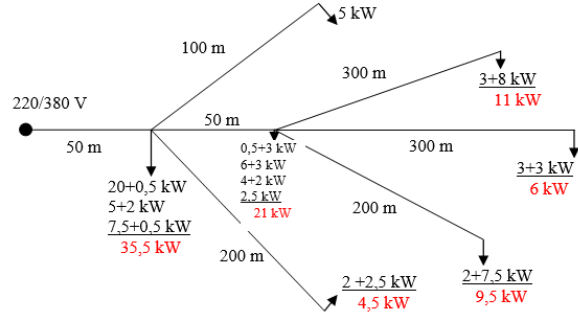
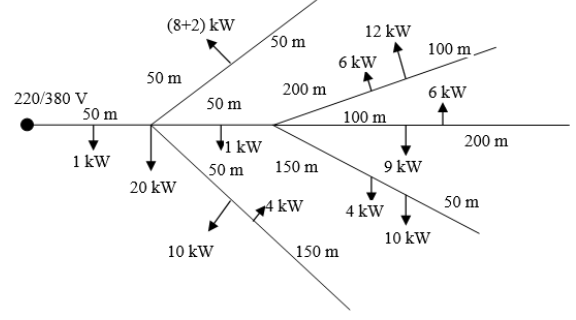
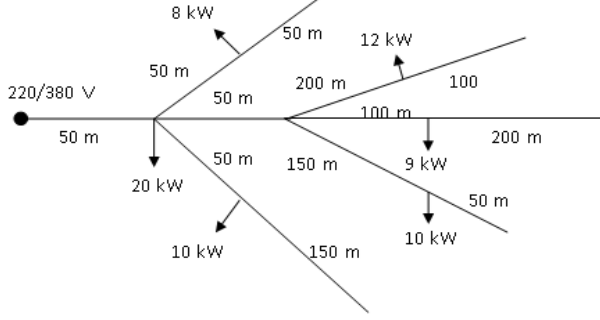
$$Q_{G1} = Q_{Kablo} + Q_D = 13,456 + 148,5 = 161,956 \text{ kVAr}$$

$$S_{G1} = \sqrt{(298,307)^2 + (161,956)^2} = 339,44 \text{ kVA}$$

$$\cos \phi_{G1} = \frac{P_{G1}}{S_{G1}} = \frac{298,307}{339,44} = 0,879, \quad I_{G1} = I_B = 495,02 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3}UI, \quad U_{G1} = \frac{S_{G1}}{\sqrt{3}I_{G1}} = \frac{339,44}{\sqrt{3} \cdot 495,02} = 395,89 \text{ V}$$

2.) Şekildeki üç fazlı dal-budak şebekede hem tek yük hem de yayılı yük mevcuttur. Tek yükler şekil üzerinde gösterilmiş olup yayılı yük $p = 20 \text{ W} / \text{m}$, $\cos \phi < 1,0$ şeklindedir. Şebekede %5'lik gerilim düşümüne müsaade edildiğine göre kolların alüminyum iletken kesitlerini bulunuz (25 p).



$$M_{OA} = 50 \cdot 92,5 = 4625 \text{ m.kW}$$

$$M_{AB} = 100 \cdot 4,5 = 450 \text{ m.kW}$$

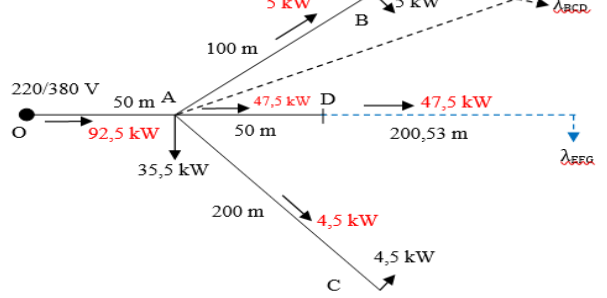
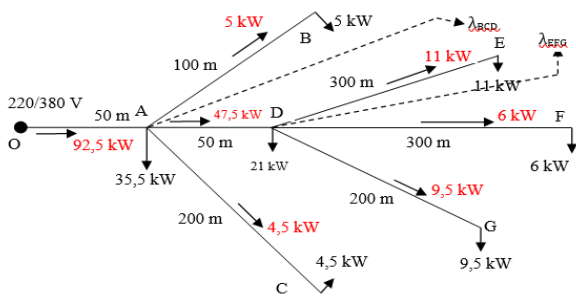
$$M_{AC} = 200 \cdot 4,5 = 900 \text{ m.kW}$$

$$M_{AD} = 50 \cdot 47,5 = 2375 \text{ m.kW}$$

$$M_{DE} = 300 \cdot 11 = 3300 \text{ m.kW}$$

$$M_{DF} = 300 \cdot 6 = 1800 \text{ m.kW}$$

$$M_{DG} = 200 \cdot 9,5 = 1900 \text{ m.kW}$$

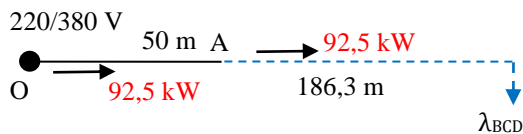


$$\lambda_{EFG} = \sqrt{\frac{50}{2375} (300 \cdot 3300 + 300 \cdot 1800 + 200 \cdot 1900)} = 200,53 \text{ m}$$

$$M_{\lambda_{EFG}} = 200,53 \cdot 47,5 = 9525,175 \text{ m.kW}$$

$$\lambda_{BCD} = \sqrt{\frac{50}{4625} [100 \cdot 500 + 200 \cdot 900 + (50 + 200,53) (2375 + 9525,175)]} = 186,3 \text{ m}$$

$$M_{\lambda_{BCD}} = 186,3 \cdot 92,5 = 17232,75 \text{ m.kW}$$



$$q_{OA} = \frac{M_{OA} + M_{\lambda_{BCD}}}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U} f(\phi) = \frac{(4625 + 17232,75) \cdot 1000}{35 \cdot 19 \cdot 380} 1,444 = 124,90 \text{ mm}^2$$

$$q_{OA} = \frac{q}{2} = \frac{124,90 \text{ mm}^2}{2} = 62,45 \text{ mm}^2$$

$$q_{OA} = 2 \times 67,45 \text{ mm}^2 \text{-2xASTER-} f(\varphi) = 1,543$$

$$\Delta U_{OA}^G = \frac{M_{OA}}{\gamma \cdot q_{OA} \cdot U} f(\varphi) = \frac{4625 \cdot 1000}{35 \times 2 \times 67,45 \times 380} 1,543 = 3,98 \text{ V}$$

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = \Delta U_{AD} = 19 - \Delta U_{OA}^G = 19 - 3,98 = 15,02 \text{ V}$$

$$q_{AB} = \frac{M_{AB}}{\gamma \cdot \Delta U_{AB} \cdot U} f(\varphi) = \frac{500 \cdot 1000}{35 \times 15,02 \times 380} 1,444 = 3,61 \text{ mm}^2$$

$$q_{AB} = 21,14 \text{ mm}^2 \text{-ROSE-} f(\varphi) = 1,191$$

$$q_{AC} = \frac{M_{AC}}{\gamma \cdot \Delta U_{AC} \cdot U} f(\varphi) = \frac{900 \cdot 1000}{35 \times 15,02 \times 380} 1,444 = 6,50 \text{ mm}^2$$

$$q_{AC} = 21,14 \text{ mm}^2 \text{-ROSE-} f(\varphi) = 1,191$$

$$q_{AD} = \frac{M_{AD} + M_{\lambda_{EFG}}}{\gamma \cdot \Delta U_{AD} \cdot U} f(\varphi) = \frac{(2375 + 9525,175) \cdot 1000}{35 \cdot 15,02 \cdot 380} 1,444 = 86,02 \text{ mm}^2$$

$$q_{AD} = 107,30 \text{ mm}^2 \text{-OXLIP-} f(\varphi) = 1,824$$

$$\Delta U_{AD}^G = \frac{M_{AD}}{\gamma \cdot q_{AD} \cdot U} f(\varphi) = \frac{2375 \cdot 1000}{35 \times 107,30 \times 380} 1,824 = 3,04 \text{ V}$$

$$\Delta U_{DE} = \Delta U_{DF} = \Delta U_{DG} = 15,02 - \Delta U_{AD}^G = 15,02 - 3,04 = 11,98 \text{ V}$$

$$q_{DE} = \frac{M_{DE}}{\gamma \cdot \Delta U_{DE} \cdot U} f(\varphi) = \frac{3300 \cdot 1000}{35 \times 11,98 \times 380} 1,444 = 29,90 \text{ mm}^2$$

$$q_{AD} = 33,65 \text{ mm}^2 \text{-IRIS-} f(\varphi) = 1,291$$

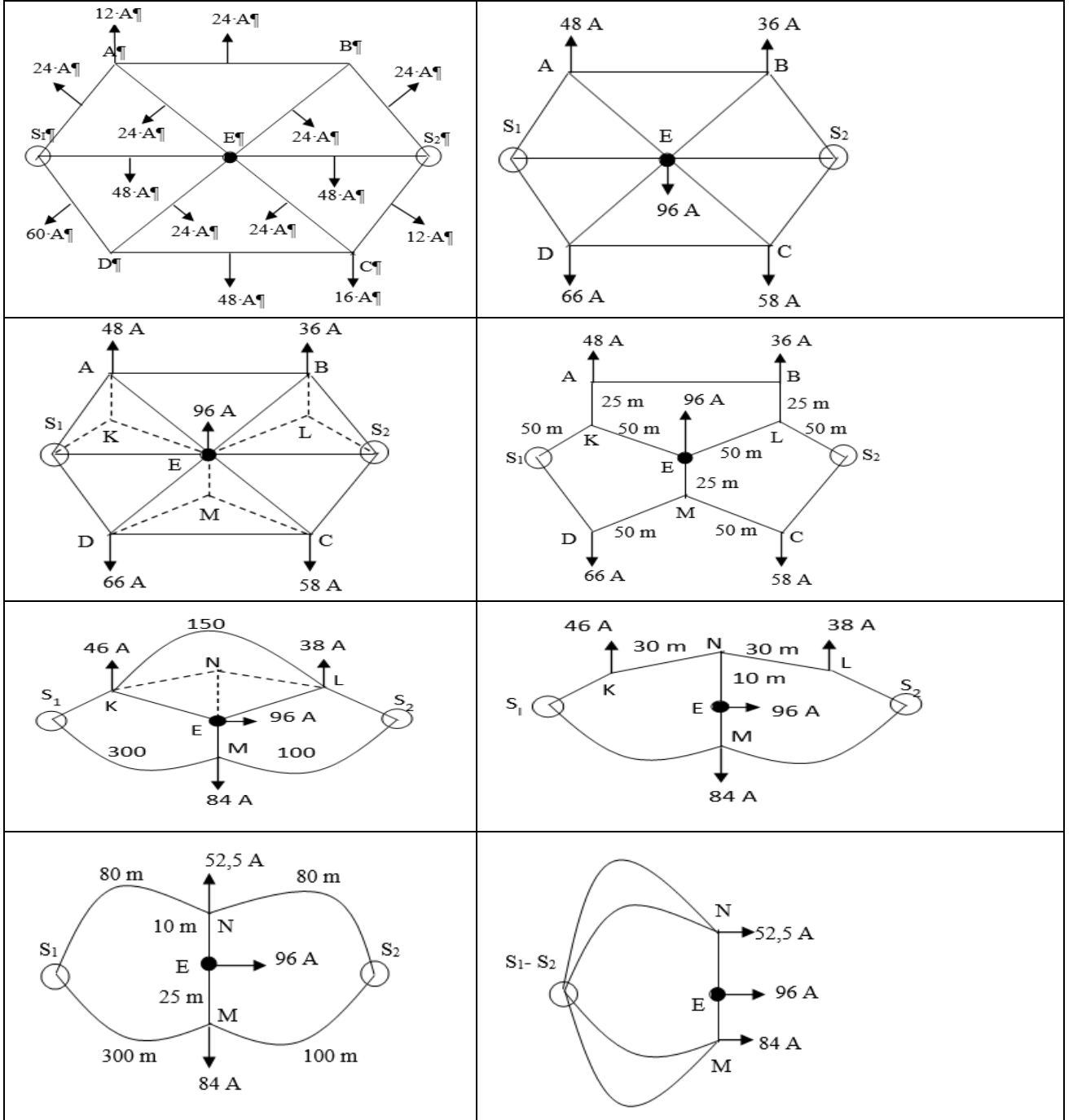
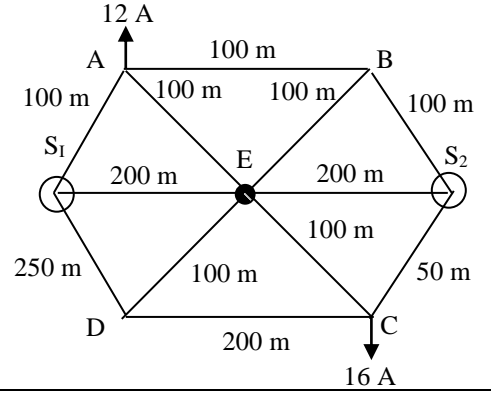
$$q_{DF} = \frac{M_{DF}}{\gamma \cdot \Delta U_{DF} \cdot U} f(\varphi) = \frac{1800 \cdot 1000}{35 \times 11,98 \times 380} 1,444 = 16,31 \text{ mm}^2$$

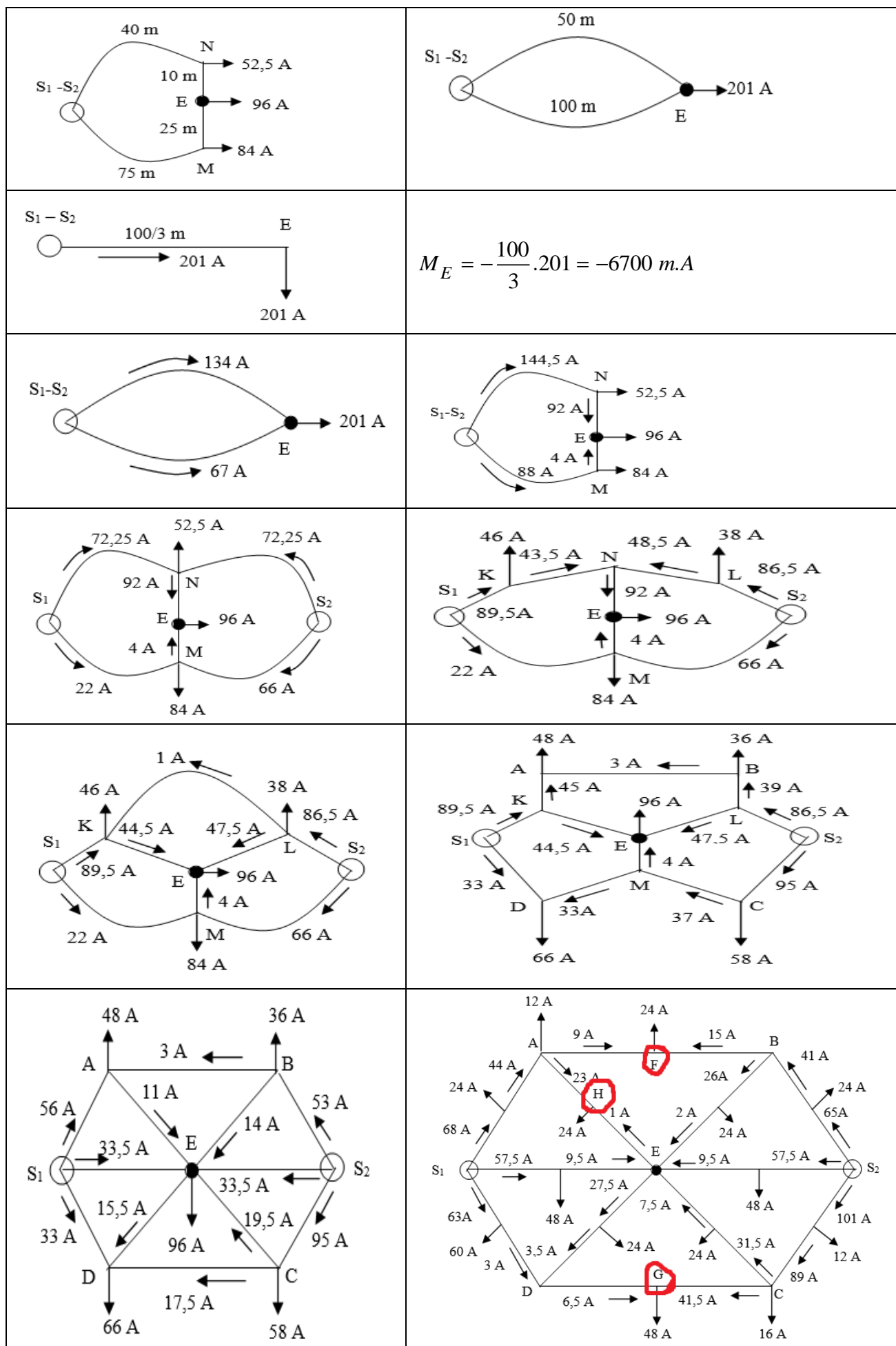
$$q_{DF} = 21,14 \text{ mm}^2 \text{-ROSE-} f(\varphi) = 1,191$$

$$q_{DG} = \frac{M_{DG}}{\gamma \cdot \Delta U_{DG} \cdot U} f(\varphi) = \frac{1900 \cdot 1000}{35 \times 11,98 \times 380} 1,444 = 17,22 \text{ mm}^2$$

$$q_{DF} = 21,14 \text{ mm}^2 \text{-ROSE-} f(\varphi) = 1,191$$

3.) Şekildeki gözlü şebekede S_1 ve S_2 besleme noktalarının gerilimleri $220/380V$ olup hat uzunlukları $\overline{S_2C} = 50m, \overline{S_1A} = \overline{AB} = \overline{AE} = \overline{BE} = \overline{CE} = \overline{DE} = \overline{S_2B} = 100m, \overline{CD} = \overline{S_1E} = \overline{S_2E} = 200m, \overline{S_1D} = 250m$ şeklindedir. Şebekedeki A noktasında $12 A$ ve C noktasında $16 A$ 'lık tek yüklere ilave olarak tüm kollarda $j = 0,24 A/m$ lik yayılı yük olduğuna göre %5'lik gerilim düşümü dikkate alındığında gözlü şebekeye ait alüminyum iletkenin kesiti ne olmalıdır (25 p).





$$M_H = M_E - 50.1 = -6700 - 50 = -6750 \text{ m.A}$$

$$M_F = M_E - 50.1 + 50.23 - 50.9 = -6700 - 50 + 1150 - 450 = -6050 \text{ m.A}$$

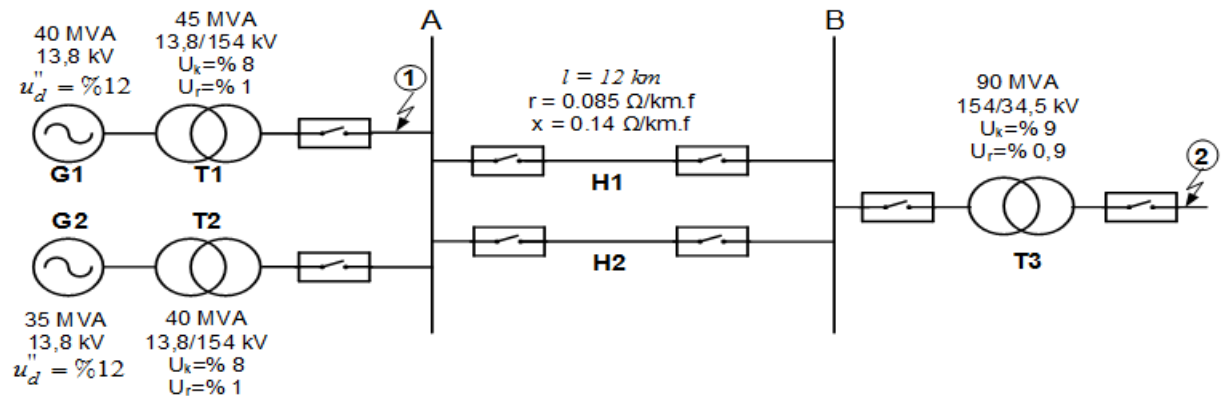
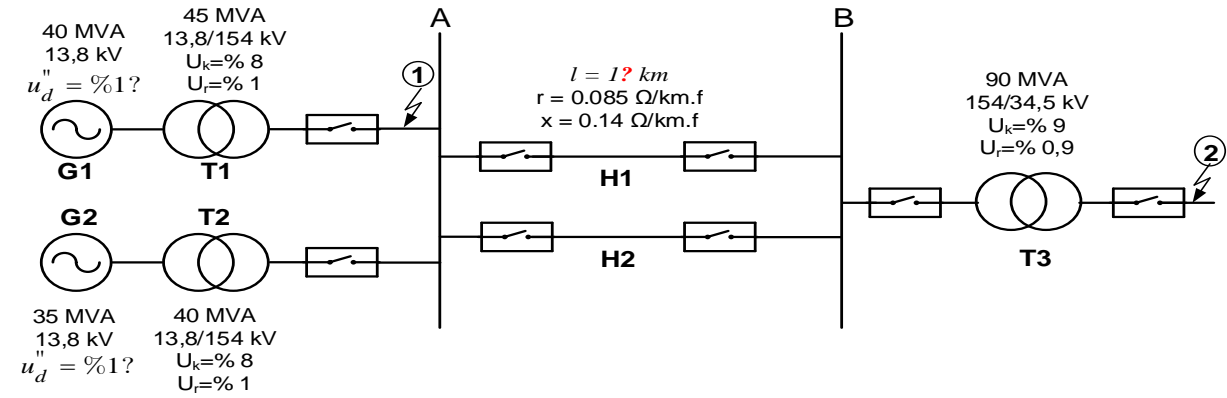
$$M_F = M_E - 50.27,5 + 50.3,5 - 100.6,5 = -6700 - 1375 - 175 - 650 = -8900 \text{ m.A}$$

$$\frac{q}{f(\phi)} = \frac{-M_F}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{+8900}{35.11} = 23,12 \text{ mm}^2 \quad \frac{q}{f(\phi)} = \frac{26,66}{1,235} = 21,59 \text{ mm}^2 \quad \text{LILY} \quad \text{seçildi.}$$

$$\Delta V_{max} = \frac{-M_F}{\gamma \cdot q} \cdot f(\phi) = \frac{+8900}{35.26,66} \cdot 1,235 = 11,78 \text{ V}$$

4.) Aşağıdaki şekilde bulunan şebekede 1 ve 2 noktalarındaki üç fazlı kısa devre durumları için; tabloda istenen değerleri hesaplayarak tabloyu doldurunuz. Generatörler $S_n \leq 100 \text{ MVA}$ olduğu için $R_G = 0,07 X_G$ alınacaktır (Şekilde G1,G2: generatör, T1,T2,T3: transformatörleri göstermektedir. H1 ve H2 ise iletim hatlarını göstermekte olup aynı değerlere sahiptir.) (25 p).

Not: Şekil üzerindeki soru (?) işaretlerinin olduğu yerlere okul numaranızın son rakamını koyarak işlemleri gerçekleştirmelisiniz. Örneğin okul numaranız **202113151092** ise; G_1 ve G_2 'deki $u_d'' = \%1?$ 'nin değerini $u_d'' = \%12$, **H1** ve **H2** iletim hattının uzunluğunu $l = 1?$ yerine $l = 12 \text{ km}$ alarak problemi çözmelisiniz.



Büyüklik	Arıza Yeri	
	1	2
U_n (kV)	154	34,5
X (Ω /f)	112,89	4,237
R (Ω /f)	10,198	0,418
Z (Ω /f)	113,36	4,261
I_k'' (kA)	0,862	5,142
S_k'' (MVA)	230,02	307,26

Arızalar farklı gerilimlerde olduğu için değerler önce 10 kV'ta göre hesap edilecek sonra arıza noktasındaki gerçek değerlere göre hesap edilecektir.

$$X_{G1-10} = \frac{u_d'' \cdot U_n^2}{100 \cdot S_n} \cdot \left(\frac{10}{U_n} \right)^2 = \frac{u_d''}{S_n} = \frac{12}{40} = 0,3 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$X_{G2-10} = \frac{u_d'' \cdot U_n^2}{100 \cdot S_n} \cdot \left(\frac{10}{U_n} \right)^2 = \frac{u_d''}{S_n} = \frac{12}{35} = 0,34 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$X_{T1-10} = \frac{u_x \cdot U_n^2}{100 \cdot S_n} \cdot \left(\frac{10}{U_n} \right)^2 = \frac{u_x}{S_n} = \frac{\sqrt{u_k - u_r}}{S_n}$$

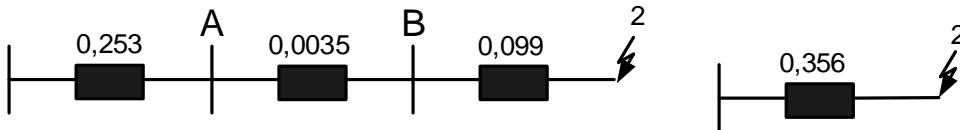
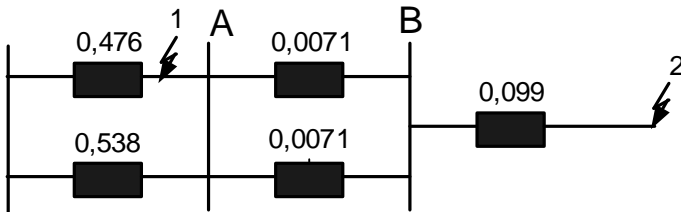
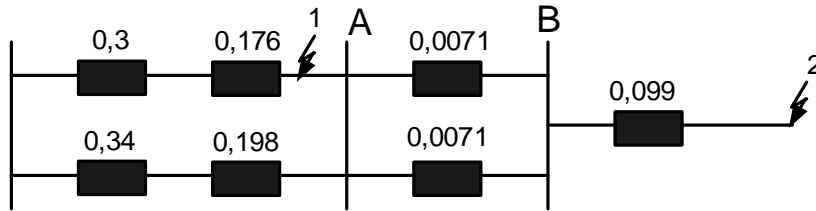
$$X_{T1-10} = \frac{\sqrt{8^2 - 1^2}}{45} = 0,176 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$X_{T2-10} = \frac{\sqrt{u_k - u_r}}{S_n} = \frac{\sqrt{8^2 - 1^2}}{40} = 0,198 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$X_{H1} = X_{H1} = x_1 \cdot l = 12,0,14 = 1,68 \quad \Omega/\text{faz} ;$$

$$X_{H1-10} = X_{H2-10} = X_{h1} \cdot \left(\frac{10}{U_n} \right)^2 = 1,68 \cdot \left(\frac{10}{154} \right)^2 = 0,0071 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$X_{T3-10} = \frac{\sqrt{u_k - u_r}}{S_n} = \frac{\sqrt{9^2 - 0,9^2}}{90} = 0,099 \quad \Omega/\text{faz}$$



$$X_{1-10} = X_{G10} + X_{T1-10} = 0,3 + 0,176 = 0,476 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$X_{1-154} = X_{1-10} \cdot \left(\frac{154}{10} \right)^2 = 0,476 \cdot \left(\frac{154}{10} \right)^2 = 112,89 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$X_{2-10} = \frac{0,476 \cdot 0,538}{0,476 + 0,538} + \frac{0,0071}{2} + 0,099 = 0,253 + 0,0035 + 0,099 = 0,356 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$X_{2-34,5} = X_{2-10} \cdot \left(\frac{34,5}{10} \right)^2 = 0,356 \cdot \left(\frac{34,5}{10} \right)^2 = 4,237 \quad \Omega/\text{faz}$$

$$R_{G1-10} = 0,07 \cdot X_d'' = 0,07 \cdot 0,3 = 0,021 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$R_{G2-10} = 0,07 \cdot X_d'' = 0,07 \cdot 0,34 = 0,0238 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

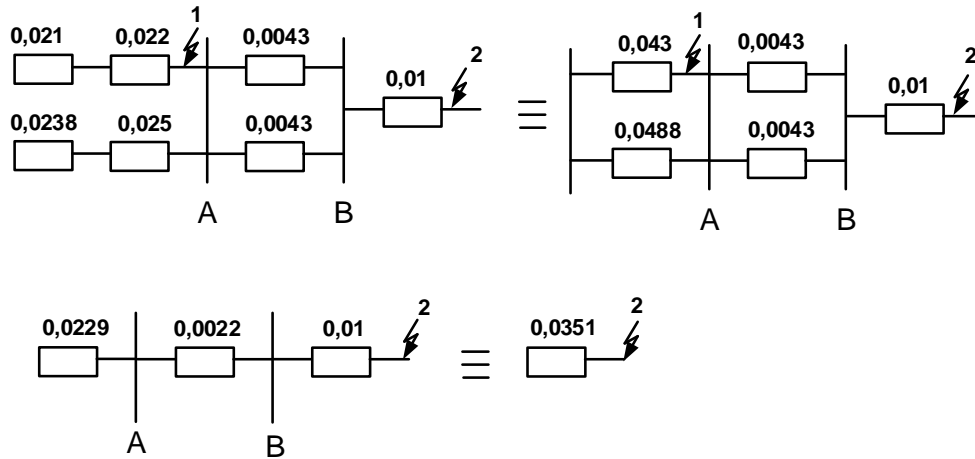
$$R_{T1-10} = \frac{u_r}{S_n} \cdot \frac{U_n^2}{100} = \frac{1}{45} \cdot \frac{(10)^2}{100} = 0,022 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$R_{T2-10} = \frac{u_r}{S_n} \cdot \frac{U_n^2}{100} = \frac{1}{40} \cdot \frac{10^2}{100} = 0,025 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$R_{H1} = R_{H2} = r_l \cdot l = (0,085) \cdot 12 = 1,02 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$R_{H1-10} = R_{H2-10} = R_{H1} \cdot \left(\frac{10}{U_n}\right)^2 = 1,02 \cdot \left(\frac{10}{154}\right)^2 = 0,0043 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$R_{T3-10} = \frac{u_r}{S_n} \cdot \frac{U_n^2}{100} = \frac{0,9}{90} \cdot \frac{10^2}{100} = 0,01 \text{ } \Omega/\text{faz}$$



$$R_{1-10} = R_{G10} + R_{T1-10} = 0,021 + 0,022 = 0,043 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$R_{1-154} = R_{1-10} \left(\frac{154}{10}\right)^2 = 0,043 \left(\frac{154}{10}\right)^2 = 10,198 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$R_{2-10} = \frac{0,043 \cdot 0,0488}{0,043 + 0,0488} + \frac{0,0043}{2} + 0,01 = 0,0229 + 0,0022 + 0,01 = 0,0351 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$R_{2-34,5} = R_{2-10} \left(\frac{34,5}{10}\right)^2 = 0,0351 \left(\frac{34,5}{10}\right)^2 = 0,418 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$Z_{1-10} = \sqrt{R_{1-10}^2 + X_{1-10}^2} = \sqrt{0,043^2 + 0,476^2} = \sqrt{0,2284} = 0,478 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$Z_{1-154} = Z_{1-10} \left(\frac{154}{10}\right)^2 = 0,478 \left(\frac{154}{10}\right)^2 = 113,36 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$Z_{2-10} = \sqrt{R_{2-10}^2 + X_{2-10}^2} = \sqrt{0,0351^2 + 0,356^2} = \sqrt{0,1280} = 0,358 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

$$Z_{2-34,5} = Z_{2-10} \left(\frac{34,5}{10}\right)^2 = 0,358 \left(\frac{34,5}{10}\right)^2 = 4,261 \text{ } \Omega/\text{faz}$$

Başlangıç kısa devre akımı I_k''

$$I_{k1-10}'' = 1,1 \frac{10}{\sqrt{3} \cdot Z_{1-10}} = \frac{6,35}{Z_{1-10}} = \frac{6,35}{0,478} = 13,28 \text{ kA},$$

$$I_{k2-10}'' = 1,1 \frac{10}{\sqrt{3} \cdot Z_{2-10}} = \frac{6,35}{Z_{2-10}} = \frac{6,35}{0,358} = 17,74 \text{ kA},$$

$$I_{k1-154}'' = I_{k1-10}'' \cdot \frac{10}{U_n} = 13,28 \cdot \frac{10}{154} = 0,862 \text{ kA}, \quad I_{k2-34,5}'' = I_{k2-10}'' \cdot \frac{10}{U_n} = 17,74 \cdot \frac{10}{34,5} = 5,142 \text{ kA}$$

Başlangıç kısa devre alternatif akım gücü S_k'' ,

$$S_{k1-154}'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{k1-154}'' = \sqrt{3} \cdot 154 \cdot (0,862) = 230,02 \text{ MVA},$$

$$S_{k2-34,5}'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{k2-34,5}'' = \sqrt{3} \cdot 34,5 \cdot (5,142) = 307,26 \text{ MVA}$$