

KISA DEVRE AKIMLARI HESAPLARI

Elektrik Sistemleri veya malzemeleri sadece gerilim düşümü ve akım taşıma kapasiteleri yönünden değil aynı zamanda kısa devre akımları yönünden de incelenmelidir. Bir sistemde kısa devre meydana geldiği zaman aşırı akımlar sisteme veya donanıma zarar verdikleri gibi şahıslar için de can güvenliği bakımından tehlikeli olabilirler. Bunun için kısa devre akımları : hesaplanmalı, gerekli seçim ve koruma tedbirleri alınmalıdır.

Kısa devre akımı :

Kısa devrenin olduğu noktada kısa devre , devrem ettiği sürece akan akım

Simetrik kısa devre akımı :

Kısa devre akımının g-a-frekans bazındaki bileşeni

Başlangıç kısa devre Akımı :

Kısa devrenin meydana geldiği ilk andaki kısa devre akımının ortalama kuvvetli değeri

Maksimum Asimetrik kısa devre Akımı :

Kısa devrenin meydana gelmesini müteakip kısa devre akımının en büyük tepe değeridir.

Simetrik Akma Akımı:

Kısa devre akımlarının akma şartlarında, kontaktların ilk birbirinden ayrıldığı anda kontaktlardan akan simetrik kısa devre akımının ortalama hareketli değeridir.

Kopma Akımı:

Simetrik akma akımının tahriben 2,5 katıdır.

Nominal İşletme Gerilimi:

Elektrikli Cihaz ve teçhizatın imal edildikleri gelişmiş gerilimi

Sistem Nominal Gerilimi:

Bir sistemin tasarlandığı iletkenler arası gerilim.

Genelde sistem nominal gerilimi işletme gerilimine eşit olup, bu sistemi besleyen trafo veya jeneratör nominal çıkış gerilimleri, sistem nominal geriliminin 1,05 katı seçilir. Trafo ve jeneratörün yüküüz durumda boşta çıkış gerilimleridir.

Jeneratöre Yakın Kısa Devre

Kısa devrenin olduğu yerdeki ani yüksek kısa devre akımının, jeneratör nominal akımının 2 katını aşması durumudur.

②

②

Jeneratöre uzak kısa devre

Kısa devrenin olduğu yerdeki ani kısa devre akımının jeneratör nominal akımının 2 katından büyük olması durumudur.

I_k'' Başlangıç kısa devre akımının ilk andeki değeri

I_k Devamlı kısa devre akımı

Kısa devre müddetince devam eden sabit bir değer

I_a Simetrik a.c. akımı

I_s Maksimum kısa devre akımı (Derbe akımı)

I_n Nominal akım

U_n Fazlar arası nominal gerilim

U_n Fazlar arası işletme gerilimi

U'' Kısa devre başlangıç faz arası gerilim

S_k'' Ani kısa devre gücü $S_k'' = \sqrt{3} I_k'' \times U_n$

S_a Kısa devre a.c. gücü $S_a = \sqrt{3} I_a \times U_n$

C Maksimum ve minimum kısa devre akımlarını

bulmak için VDE 0102 ye göre bir faktör olup

$C = 1,1$ Maksimum kısa devre akımı

$C = 0,95$ minimum kısa devre akımını bulmak için kullanılacaktır.

③

③

$$C.U_n = U''$$

$$C.U_n = U_g + \sqrt{3} I_g \cdot X_d'' \sin \phi$$

Aşırı ikazda ϕ pozitif

Düşük ikazda ϕ negatif işaretlidir.

U_g generatörün fazlar arası gerilimi

ϕ U_g ile I_g arasındaki açı

I_g generatör yük akımı

Genelde $C.U_n$ yerine $1,1 U_n$ kullanılır.

Minimum kısa devre akımı için ise $C.U_n$ yerine $0,95 U_n$ alınır.

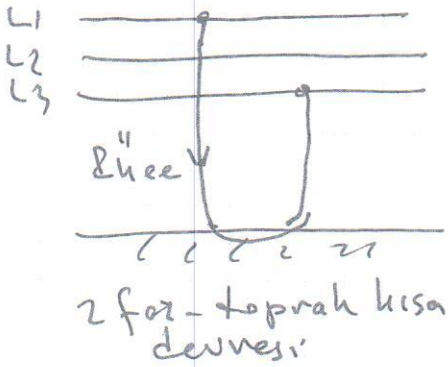
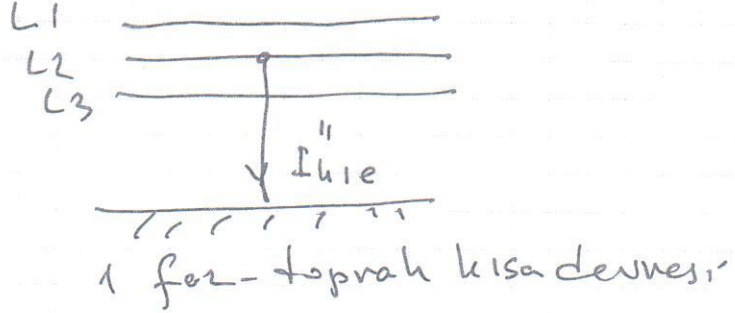
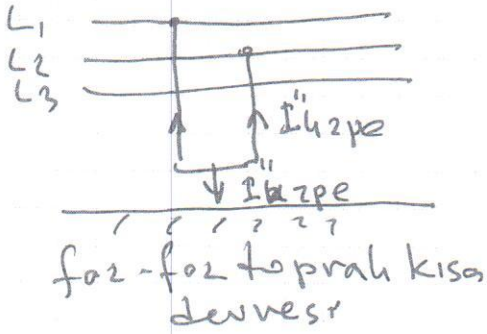
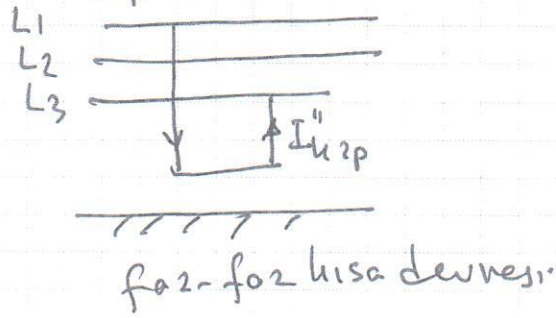
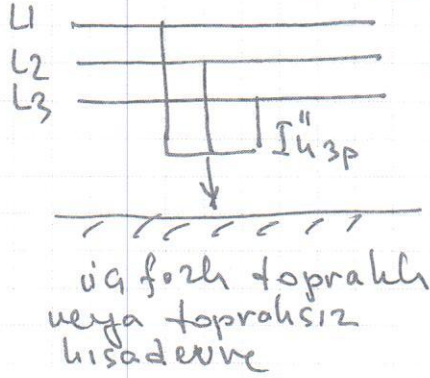
Aleah gerilimli sebehlede $1,1 U_n = 0,4 \text{ kV}$, max

$0,95 U_n = 0,38 \text{ kV}$, min

kısa devre akımı hesap edilecektir.

Kısa devre tipleri

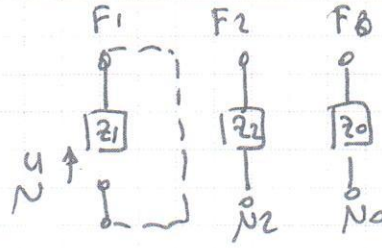
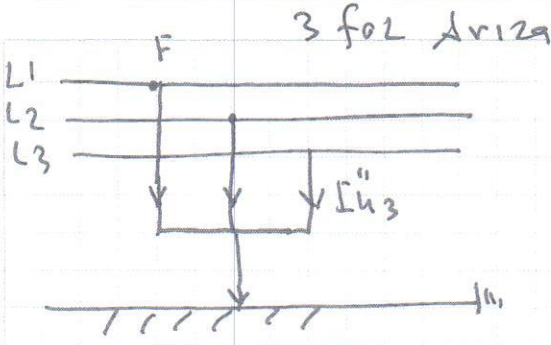
Üç fazlı sistemde oluşabilecek tipler



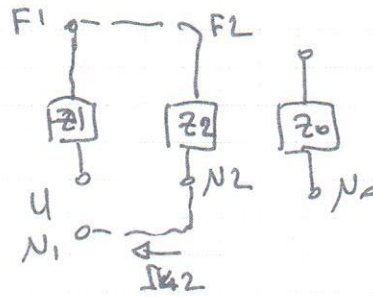
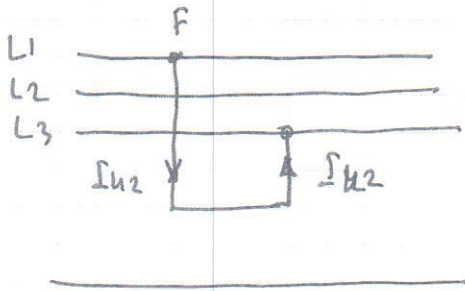
1 faz-toprak
2 faz-toprak
faz-faz toprak

} kısa devreleri
durumunda,
kısa devre
akımları
3 fazlı kısa devre
akımlarını
aşabilir.

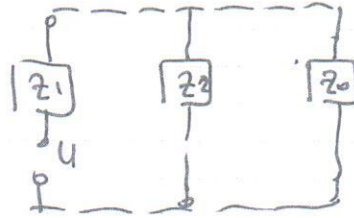
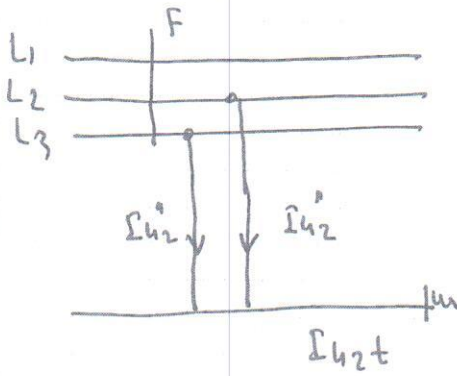
Elektrik teçhizatları genelde 3 fazlı kısa devre akımına göre boyutlandırılır. Eğer kısa devre noktasında bir faz-topraklı kısa devre akımları, 3 fazlı kısa devre akımından büyük ise topraklama önlemleri alınmalıdır.



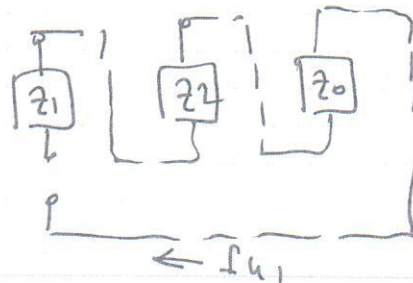
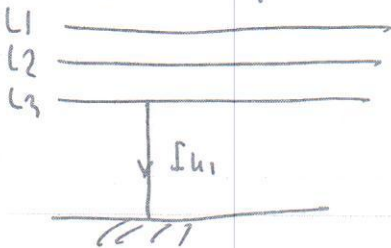
2 fazlı Arıza



2 faz - Toprak



Faz - toprak



Kısa devre Akımı Hesabı için Formüller

1- 3 faz-topraklı veya
topraksız kısa devre

$$I''_{k3p} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} |Z_1|} \quad \begin{array}{l} \text{Zersuresifir} \\ \text{bileşen} \\ \text{devreye} \\ \text{girmez} \end{array}$$

2- 3 faz-faz kısa devresi
fazlardan geçecek akımlar eşit
ve ters yönlüdür

$$I''_{k2p} = \frac{c \cdot U_n}{|Z_1 + Z_2|} \quad \begin{array}{l} \text{sifir bileşen} \\ \text{devreye} \\ \text{girmez.} \end{array}$$

3- 2 faz-toprak kısa devresi
toprakta geçen $\frac{2}{3} \cdot U_n$ akım

$$I''_{k2p} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{|Z_1 + Z_2 + Z_0 \frac{Z_1}{Z_2}|}$$

$$I_{k2t} = \frac{2}{Z_1 Z_2 + Z_0 (Z_1 + Z_2)} \cdot Z_2$$

4- 1 faz-toprak kısa devresi

$$I''_{k1pe} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{|Z_1 + Z_2 + Z_0|}$$

49 faz kısa devre gücü $S_k'' = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I''_{k3p}$

Kısa devre hesabı için verilen formüller en kolay
şekilde simetrik bileşenler metodu ile yapılabilir.

Z_1 Empedansın pozitif bileşeni - doğru bileşen

Z_2 Empedansın negatif bileşeni - ters bileşen

Z_0 Empedansın sıfır bileşeni

$|Z_1 + Z_2|$ Seri bağlı empedansların mutlak
değerini ifade eder.

$$Z = R + jX = |Z|$$

Eğer sistemin nötr noktası bir reaktör üzerinden topraklan

mış ise Z_0 sistem empedansına reaktörün empedansı 3 katı
ilave edilir. $Z_{0s} = Z_0 + 3Z_r$ Z_r reaktif empedans,

Z1 Pozitif - Doğru bileşen

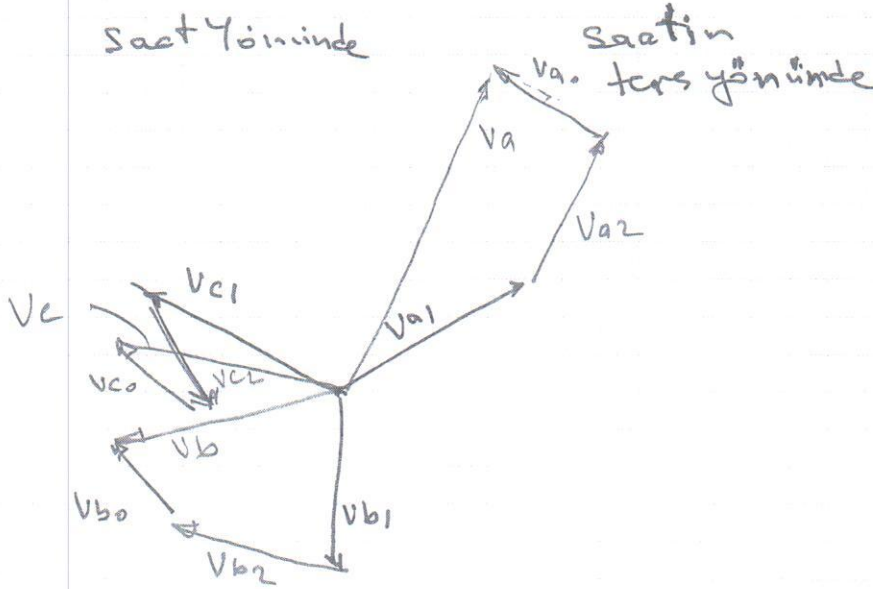
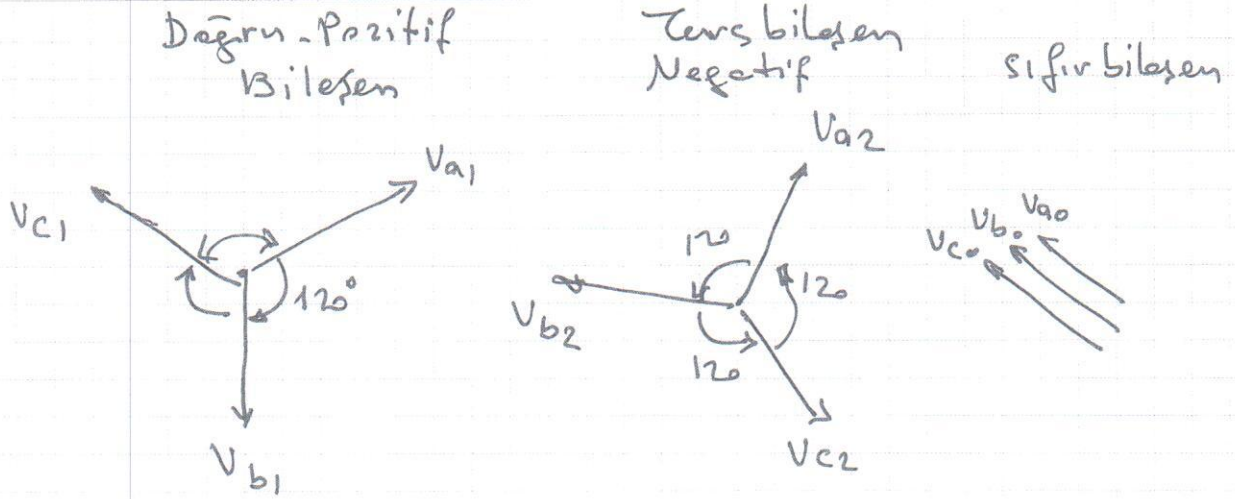
Sistemde meydana gelen dengeli arızalarda (3 faz veya 3 faz-toprak) elemanların gösterdiği empedans değeri. Elemanın fiziksel yapısına bağlı sabit

Z2 Negatif - Ters bileşen

Sistemde meydana gelen dengesiz arızalarda (2 fazlı) elemanların gösterdiği empedans değeri. Elemanın fiziksel yapısına göre sabittir.

Z0 Sıfır bileşen

Sistemde meydana gelen dengesiz toprak temaslı arızalarda (faz-toprak, 2 faz-toprak) elemanların gösterdiği empedans değeri dir. Bu değerler sabit olmayıp, elemanların fiziksel yapılarına ve sistemin topraklı olup olmadığına göre değişik değerlerde devreye girerler



3 fazlı Değişiriz vektör diğrağramı

$$I_R = I_{R1} + I_{R2} + I_0$$

$$I_S = a^2 I_{R1} + a I_{R2} + I_0$$

$$I_T = a I_{R1} + a^2 I_{R2} + I_0$$

$$I_{R1} = \frac{1}{3} (I_R + a I_S + a^2 I_T)$$

$$I_{R2} = \frac{1}{3} (I_R + a^2 I_S + a I_T)$$

$$I_0 = \frac{1}{3} (I_R + I_S + I_T)$$

$$a = \frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^2 = \frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^3 = 1 \quad a^4 = a$$

(9)

Simetrik 220/380 V ile beslenen sistemde

$$R = 2,2 \text{ kw}$$

$$S = 4,4 \text{ kw}$$

$$T = 5,5 \text{ kw} \quad \text{yük vardır}$$

$$I_R = \frac{2200}{220} = 10 \text{ A}$$

$$I_S = \frac{4400}{220} = 20 \text{ A}$$

$$I_T = \frac{5500}{220} = 25 \text{ A}$$

Özel Durumlarda Arıza Akımlarının
birbirleriyle olan genel bağıntıları

Arıza akımlarının hesabında genel olarak
yük akımları ihmal edilebilir

Şebekelerde $Z_1 = Z_2$

$$Z_0 / Z_1 = k$$

$$I_{L2}'' = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{L3}'' \quad \text{2 fazlı arıza akımı}$$

$$I_{L2E}'' = \frac{3}{1+2k} I_{L3}'' \quad \text{2 faz + toprak arızasında}$$

$$I_{K1} = \frac{3}{2+k} I_{L3}'' \quad \text{faz - toprak arızasında}$$

$k=1$ için bütün arıza akımları birbirine eşit

$k > 1$ için faz - toprak arıza akımı 2 faz + toprak
arızasında topraktan geçen akımdan
daha büyüktür.

$k < 1$ için 2 faz - toprak arızasında topraktan
geçen akımın değeri en büyüktür.

(10)

Sistem yüksek gerilimli bir sistem ise omik dirençler küçük olabileceğinden bu omik dirençler ihmal edilip, reaktansları dikkate alınarak kısa devre hesapları yapılabilir.

Açık gerilim sistemlerinde omik dirençler büyük olacağından omik dirençleri de dikkate alınarak kısa devre hesapları yapmak gerekir.

Bir sistemdeki ana akımı

$$I_a = \mu \cdot I_k''$$

μ VDE 102 ye göre aamadır gecikme zamanına bağlı olarak ilgili eğriden alınabilir.

Kısa devre generatörden uzak ise $\mu = 1$ alınabilir.

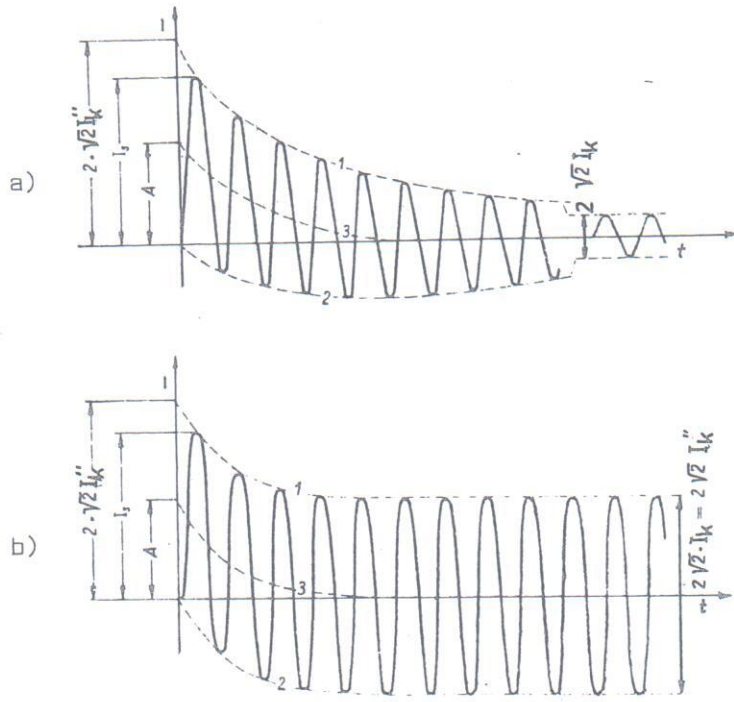
0 zaman $S''_{ka} = \sqrt{3} \cdot I_a \cdot U_n$ ile hesaplanır.

Maksimum asimetrik kısa devre akımı (Darbe akımı)

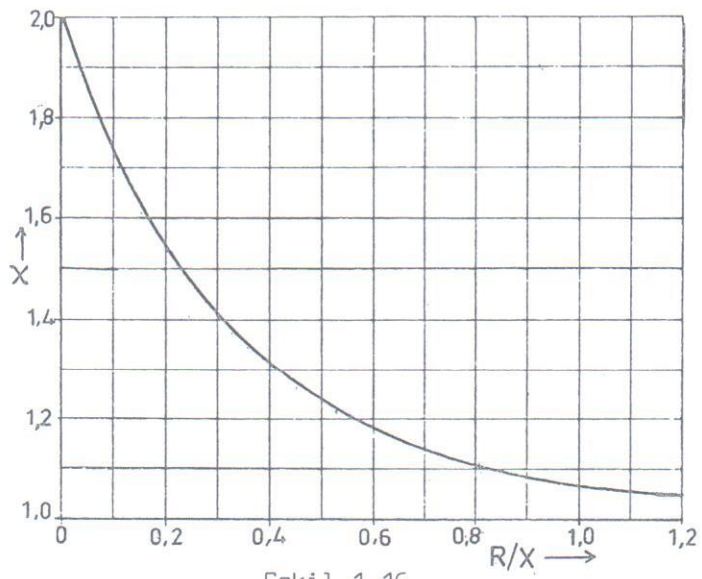
$$I_s = \sqrt{3} \cdot \alpha \cdot I_k''$$

α değeri R/x oranına bağlı olarak VDE 102 de verilen grafikten seçilir.

(11)



Şekil 1.15



Şekil 1.16

$$I_b = \frac{S_b \times 1000}{V_b}$$

1 fazlı V_b kV
 S_b MVA

$$Z_b = \frac{V_b}{I_b} \times 1000 = \frac{(V_b)^2}{S_b}$$

1 fazlı

$$I_b = \frac{S_b \times 1000}{\sqrt{3} \cdot V_b}$$

üç fazlı sistem

$$Z_b = \frac{V_b / \sqrt{3} \times 1000}{I_b} = \frac{(V_b)^2}{S_b}$$

V_b kV
 S_b MVA

$$I_{pu} = \frac{I_g \rightarrow \text{gerçek}}{I_b \rightarrow \text{baz}}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z_g \rightarrow \text{gerçek}}{Z_b \rightarrow \text{baz}}$$

100 MVA baz 154 kV için

$$I_b = \frac{100 \times 1000}{\sqrt{3} \times 154} = 375 \text{ A}$$

$$Z_b = \frac{(154)^2}{100} = 237,16 \Omega$$

30 kV

$$I_b = \frac{100 \times 1000}{\sqrt{3} \times 30} = 1925 \text{ A}$$

$$Z_b = \frac{(30)^2}{10} = 9 \Omega$$

(12)

Eğer sistemde gerilim hademeleri var ise ohm olarak ifade edilen empedans değerlerini % veya birim değerler cinsinden ifade etmek mümkün değildir.

$$U_{pu} = \frac{U(\text{işletme})}{U_n(\text{Adana})}$$

$$Z = \frac{U}{I} \quad (\text{Monofaze}) \quad U_n = 34,5 \text{ kV} \quad U = 30 \text{ kV} \text{ ise}$$

$$Z = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I} \quad (\text{içerikli sistemde}) \quad U_{pu} = \frac{30}{34,5} = 0,87 \text{ pu}$$

arızadan önceki gerilim

$$\text{Baz empedans (ohm)} = \frac{U_b(\text{baz gerilim})}{I_b(\text{baz akım})} = Z_b(\text{ohm})$$

$$\text{Birim gerilimi} = \frac{U(\text{Gerilim})}{U_b(\text{baz gerilim})}$$

$$\text{Birim akım} = \frac{I(\text{akım})}{I_b(\text{baz akım})}$$

$$\text{Birim empedans} = \frac{Z(\text{ohm empedans})}{Z_b(\text{ohm baz empedans})}$$

$$\text{Baz Akım } I_b = \frac{N_b}{U_b} \quad \begin{array}{l} \text{Baz güç} \\ \text{Baz gerilim} \end{array}$$

$$\text{3 fazlı sistemde Baz Akım } I_b = \frac{N(\text{baz güç})}{\sqrt{3} \cdot U_b(\text{baz gerilim})}$$

(13)

$$\text{Barz empedans } Z_b = \frac{U_b (\text{barz gerilim})}{\sqrt{3} \cdot I_b (\text{barz akım})}$$

$$Z_b = \frac{U_b^2}{N_b}$$

$$\text{Birim empedans } p_u = \frac{Z (\text{ohm}) \times N_b (\text{VA})}{U_b^2 (\text{V})}$$

pratikte genelde kVA - MVA

Gerilim kV ile ifade edildiğinde

$$Z_{pu} = \frac{Z_{ohm} \times N_b (\text{kVA})}{U_b^2 (\text{kV}) \times 1000}$$

$$Z = \frac{Z_{pu} \times U_b^2}{N_b}$$

$$I_{k3p}'' = \frac{C \cdot U_n}{\sqrt{3} |Z|}$$

$$I_{k3p}'' = \frac{1,1 \times N_b}{\sqrt{3} \cdot Z_{pu} U_n}$$

$$I_k = I_{pu} \times I_{barz}$$

(14)

Birim değerlere göre kısa devre Akımları

3 faz kısa devre $I_{k3p}'' = \frac{1,1 \cdot Nb}{\sqrt{3} |z_1| \times U_n}$

faz-faz kısa devre $I_{k2p}'' = \frac{1,1 Nb}{|z_1 + z_2| \times U_n}$

2 faz + toprak kısa devresi:

$$I_{k2pe}'' = \frac{1,1 \sqrt{3} Nb}{|z_1 + z_0 + z_0 \cdot \frac{z_1}{z_2}| \cdot U_n}$$

faz-toprak kısa devresi:

$$I_{k1pe}'' = \frac{1,1 \cdot \sqrt{3} \cdot Nb}{|z_1 + z_2 + z_0| \times U_n}$$

3 faz kısa devre gücü $S_k'' = \frac{1,1 Nb}{|z_1|}$

(15)

100 MVA Bazı Göre

$U_{\text{baz}} \text{ (kV)}$	$I_{\text{baz}} \text{ (A)}$	$Z_{\text{baz}} \text{ (\Omega)}$
34,5	1675	11,9
33	1752	10,89
30	1927	9
15,8	3658	2,5
10,5	5505	1,1
6,3	9175	0,4
0,4	144338	0,0016

Generatörler (Senkron Makinalar)

Arıza akımlarının hesabında senkro generatörlerin

X_d'' subtransient reaktansı alınır.

U_n (Anma gerilimi)

N_n (Anma gücü)

X_d'' $N_b = 100 \text{ MVA}$

$$X_g = \frac{U_n^2 \text{ (kV)} \times X_d'' \text{ (\%)}}{N_n \text{ (MVA)} \times 100} \quad \Omega / \text{faz}$$

$$X_{\text{baz}} = \frac{U_n^2}{100} \quad \Omega / \text{faz}$$

$$X_{pu} = \frac{X_g}{X_{\text{baz}}} = \frac{X_d'' \text{ (\%)}}{N_n \text{ (MVA)}}$$

(16)

$N_H = 20 \text{ MVA}$ generator $X_D'' = \%15$ ise

$$100 \text{ MVA} \quad X_{pu} = \frac{15}{20} = 0,75 \text{ pu}$$

- Doğru bileşen - Pozitif bileşen

Makinanın kendi anma gücündeki barına göre
verilir.

X_D'' subtransient

X_D' transient

X_D %

- Ters bileşen - Negatif bileşen

Döner makinelerde doğru bileşenden farklıdır.
Kendi anma gücü barında verilir.

- Sıfır bileşen

Kendi anma gücünde verilir. Doğru ve ters
bileşenden farklıdır.

Trasfolar

Bağıl kısa devre gerilimi: %U_k olarak verilir
Omik dirençleri, reaktans değerleri yanında
ihmal edilebilir.

(17)

Doğru bileşen

Anma Gücüne göre %U_k olarak verilmiştir.
primer veya sekonder taraftan bahıldığında
değişmez

$$X_{tr} = \frac{(U_{n1})^2 \times U_k}{N_u (MVA) \times 100} \quad \Omega / \text{faz.}$$

100 MVA baz gücünde $X_{baz} = \frac{(U_{n1})^2}{100} \quad \Omega / \text{faz}$

$$X_{trpu} = \frac{X_{tr}}{X_{baz}} = \frac{U_k}{N_u (MVA)}$$

$N_u = 10 \text{ MVA}$ $U_k = \%6$ 100 MVA baza göre

$$X_{trpu} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ pu.}$$

ters bileşen

Trafozun doğru ve ters bileşenleri birbirine
esittir.

Sıfır bileşen

Trafozun sıfır bileşen reaktans değeri
celihdeki manyetik yapısına, bağlantı grubuna
topraklı veya yalıtılmış olmasına göre değişir

$$R_{tr} = U_r \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \quad X_{tr} = U_x \cdot \frac{U_n^2}{S_n} \quad Z_{tr} = U_n \cdot \frac{U_n^2}{S_n}$$

$$Z_{tr} = \sqrt{R_{tr}^2 + X_{tr}^2} \quad U_n = \sqrt{U_r^2 + U_x^2} \quad R_{tr} = P_{cu} \left(\frac{U_n}{S} \right)^2$$

(18)

Pcu 75°C de yükteki kayıp değeri

$$\Delta / \text{Zigzag} \quad R_0 \cong 0,5 R_1 \quad X_0 = 0,11 X_1$$

$$\Delta / Y \quad R_0 \cong R_1 \quad X_0 \cong (0,85-1) X_1$$

$$Y / Y \quad R_0 \cong R_1 \quad X_0 \cong (3-10) X_1$$

Bir trafonun AG tarafındaki ana akımın bağlı kısadevre gerilimine oranı, AG gıcısındaki 3 fazlı kısadevre akımını verir.
Nötr Dirençleri

$$I_k'' = \frac{I_n}{U_k}$$

Sistemdeki arızaların büyük çoğunluğu faz-toprak temasıdır. Trafo sargılarından geçen arıza akımı, büyük olduğundan dinamik zorlamalar meydana getirirler. Bunları sınırlamanın en pratik yolu transformatorlerin yıldız sargılarının nötrünü bir dirence üzerinden topraklamaktır. faz-toprak arıza akımı sınırlanır. Faz-toprak arızasında sağlanmaz fazların toprağa göre gerilimi artar 154/34,5kV. trafonun 34,5kV. yıldız nötrleri bir dirence topraklanır.

Hava hatla gıkış yapıyorsa $R_n = 60 \Omega$.

Zemaltı kablo sebebi ise $R_n = 20 \Omega$. bunun

Dirençli topraklama reaktans bobinine göre daha

fazla üstünlük sağlan $R_{n0} = 3 R_n$ olarak

hesaba ginecektir

(19)

$$R_h = 60 \Omega \quad 34,5 \text{ kV} \quad 100 \text{ MVA}$$

$$R_{h_{pu}} = \frac{R_n(\Omega)}{(U_n)^2 / 100} = \frac{60}{(34,5)^2} \times 100 = 5 \text{ pu}$$

$$R_{h_0} = 3 R_{h_{pu}} = 3 \times 5 = 15 \text{ pu}$$

Havaî hatlar

Doğru bileşen

R + X
omik direnç
Malzeme
hesit
Q2 frekans
Sicaklık
25-50°C
Standart
değer

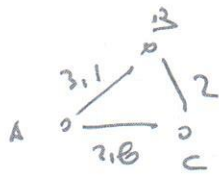
$X_1 = X_a + X_d$
iletken
fiziksel
yapısı
iletkenler arası
acıklığa bağlı
olarak değişir
(geometrik ortalama)

Düz tip

$$D_{ort} = \sqrt[3]{0,9 \times 0,9 \times 1,6} = 1,13 \text{ m}$$

üçgen tertip

$$D_{ort} = \sqrt{2,8 \times 3,1 \times 2} = 2,56 \text{ m}$$



Ters bileşen

Hatlar da ters bileşen doğru bileşene eşittir

Sıfır bileşen

$$R_0 = R + 0,15 \Omega / \text{km} \quad R_t = 0,147 \Omega / \text{km} \rightarrow 0,15 \Omega / \text{km} \quad (20)$$

X_0 reaktans değeri

X_0/X_1 oranı

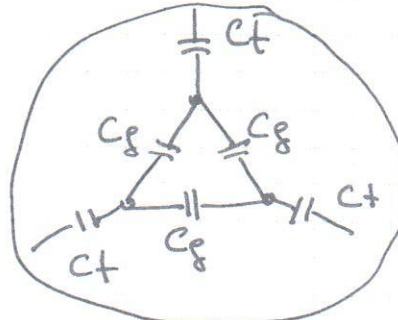
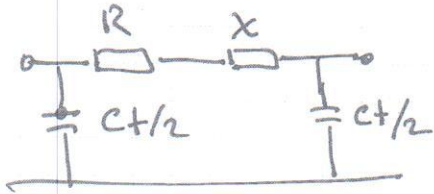
	Teke devre	çift devre
Gelirli toprak teller	2,9	4,4
Gelirli Al. toprak telleri	2,5	3,5
Toprak telleri	3,2	5,1

Genelde orta gerilim hatlarında

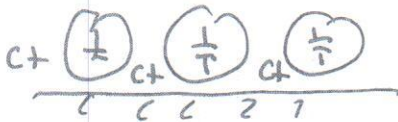
$X_0 \approx 3X_1$ alınabilir.

Kabllar :

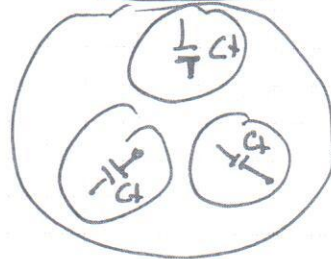
Reaktans değerleri hatlara göre daha küçük
faz arası ve toprağa göre olan kapasiteleri daha büyük
tür. Omik dirençleri de havai hatlara göre farklıdır



$C+ = 0,6 G_b$



$C+ = C_b$



$C+ = C_b$

(21)

* Doğru bileşen

R_1 omik direnç değeri 20°C DC direnç değeri

Bakır demarlar için $R_1 = \frac{17,9 \times 10^{-3}}{A (\text{mm}^2)}$ mS/km

Alüminyum demarlar için $R_1 = \frac{28,6 \times 10^{-3}}{A (\text{mm}^2)}$ mS/km

50mm² den küçük değerlerde omik direnç ihmal edilir.

Reaktans değerleri : Kablo kataloglarından seçilir.

Kablların kısa devre hesabında Cb kapasitesinin doğru ve ters bileşen* değerleri gözönüne alınmaz

* Ters bileşen

Kabllarda da hatlarda olduğu gibi doğru ve ters bileşenler birbirine eşittir.

* Sıfır Bileşen

Kablların sıfır bileşeni : empedansları için bir bağıntı vermek olanaksızdır. Kablonun konstrüksiyonuna bulunduğu toprağın metalik yapısına, nötr akımlarının kompanze edilme durumuna bağlı olarak değişir

(22)

Nötr-den geçen dengesiz akımlar, özel olarak
4. bir iletkenle dönüşürse, omik direnç değeri

$$R_0 = R_1 + 3R_{\text{nötr.}}$$

$$X_0 = 3X_1 \text{ alınabilir.}$$

Kablların faz-toprak arızalarında sıfır bileşen
kapasitesi, her fazın toprağa göre olan C_t değeri
alınır.

Kablo Tipi	A	Nötr akımının dönüş yolu devreleri						
		kesit (Dümmör) mm ²	Nötr iletken+silt		Nötr ilet+silt+top		Şilt	
			R_0/R_1	X_0/X_1	R_0/R_1	X_0/X_1	R_0/R_1	X_0/X_1
1kV 4damar kugaklılanmış 3damar	10	3	2	1,5	22	6,5	1,5	
	50	3,5	2,7	2,9	10	13	1,3	
	70	3,6	2,8	3,2	8	16	1,25	
	120	3,7	2,9	3,4	5	19	1,25	
	240	3,9	3	3,6	3,5	23	1,2	
30kV H kablo	50					5	1,1	
	300					10	1,1	

23

Alüminyum hatlarda

Rose, lily, iris

Diğerleri

$$X = 0,35 \Omega / \text{km}$$

$$X = 0,3 \Omega / \text{km}$$

Rose

ponya

poppy

Aster

phlox

oxlip

$$R_{DC} 20^{\circ}C$$

$$1,35 \Omega / \text{km}$$

$$0,1674 \text{ } \mu$$

$$0,153 \text{ } \mu$$

$$0,142 \text{ } \mu$$

$$0,336 \text{ } \mu$$

$$0,266 \text{ } \mu$$

Kabllar

$$R = \frac{L}{\sigma q}$$

X reaktans değerleri

kesit

Mono faze

3 fazlı kablarda

16 mm²

$$0,168 \Omega / \text{km}$$

$$0,089 \Omega / \text{km}$$

25 "

$$0,161$$

$$0,086$$

35 "

$$0,156$$

$$0,082$$

50 "

$$0,153$$

$$0,081$$

70 "

$$0,148$$

$$0,080$$

95 "

$$0,146$$

$$0,0795$$

120 "

$$0,143$$

$$0,0785$$

150 "

$$0,142$$

$$0,078$$

185 "

$$0,141$$

$$0,0775$$

240 "

$$0,139$$

$$0,077$$

(24)

Alpek kablo

	R _{DC} 20° Ω/km	X Ω/km
1x10+1b	3,02	0,085
1x35+50	0,868	0,080
3x16+25	1,91	0,110
3x35+50	0,868	0,104
3x70+95	0,443	0,098
3x25+16+50	0,868	0,104
3x70+16+95	0,443	0,098

Busbarlar

	Al iletkenli		Bakır iletkenli	
	R (mΩ/k)	X (mΩ/k)	R (mΩ/k)	X (mΩ/k)
800 A	0,057	0,031		
1000 A	0,043	0,026	0,034	0,031
1600 A	0,029	0,016	0,020	0,019
2500 A	0,017	0,010	0,013	0,013
3200 A	0,014	0,009	0,010	0,010
4000 A	0,011	0,006	0,008	0,009

25

AG Tesislerinde hisademe alımlarının hesabı sonucu

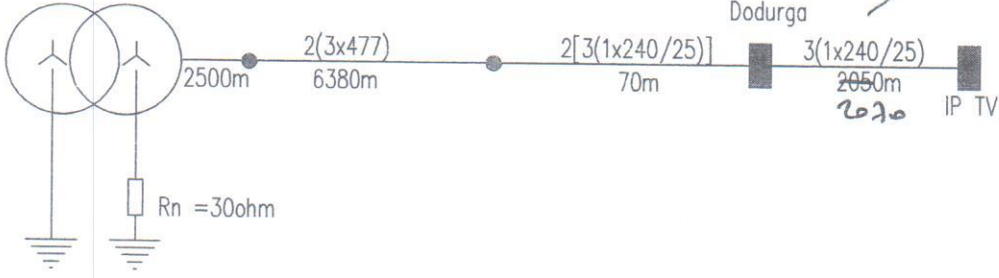
- 1- Hattın hisa devreye dayanıyacağıının tesbiti
- 2- Baraların mekanik dayanışlarının tesbitinde
- 3- Koruma cihazlarının yeterli sürede çalışıp çalışmayacağıının belirlenmesinde
- 4- Koruma elemanlarının kesme kapasitesinin tahkikinde
- 5- Trafo yada generatöre direkt bağlanabilecek en büyük motor gücünün hesabında
- 6- Trafo veya generatör gücü tesbitinde
- 7- Kompansasyon hesaplarında
- 8- Topraklama ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde faydalıdır

26

T. TELEKOM DODURGA IP TV MERKEZİ

TRAFO POSTASI PROJESİ
OG KISA DEVRE HESABI

Ümitköy
2 Adet 2[3(1x240/25)]
154/34,5kV



$N_k'' = 2000\text{MVA}$
 $N_n = 100\text{MVA}$
 $U_k = \%11,98$

154kV SİSTEM

$N_k'' = 2000\text{MVA}$
 $U_n = 154\text{kV}$

$$X_1 = X_2$$

$$X_0 / X_1 = 2$$

$$R_a = 0,1 \times X_1 \text{ (Doğrudan Topraklı)}$$

$$R_n = 30\text{ohm}$$

$$I_n = \frac{100000}{1,73 \times 34,5} = 1675\text{A}$$

$$U_n = 34,5\text{kV}$$

İndirici Trafo

$$N_n = 100\text{MVA}$$

$$U_k = \%11,98$$

$$U_{n1} / U_{n2} = 154 / 34,5\text{kV}$$

$$X_{tr0} / X_{tr1} = 1 \text{ (Y/Y topraklı)}$$

Faz Toprak Arızasında

$$I_{k1} = \frac{3U}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3}{2+k} I_{k3}$$

100MVA Baz Degerine Göre Sistem

$$X_1 = \frac{100}{N_k''} = \frac{100}{2000} = 0,05\text{pü}$$

$$X_0 = 2 \times 0,05 = 0,1\text{pü}$$

$$R_a = 0,1 \times 0,05 = 0,005\text{pü}$$

$$R_a = R_0 = 0,005\text{pü} \text{ (Sıfır bileşen)}$$

İndirici Trafo

$$X_{tr1} = X_{tr2} = X_{tr0} = \frac{U_k}{N_n} = \frac{11,98}{100}$$

$$X_{tr1} = X_{tr2} = X_{tr0} = 0,119 \text{ pü}$$

$$R_{tr0} = R_{tr} = 0$$

34,5kV Nötr Direnci

$$R_n = 30\text{ohm}$$

$$R_n = \frac{30 \times 100}{(34,5)^2} = 2,52\text{pü}$$

$$3R_n = 3 \times 2,52 = 7,56\text{pü}$$

(faz+toprak arızasında)

OG KISA DEVRE HESABI

477 MCM

$$R = 0,13416 \text{ ohm/km} \quad 2(3 \times 477) \ell_{h1} = 6,38 \text{ km}$$

$$X = 0,3427 \text{ ohm/km} \quad R = 0,0754 \text{ ohm/km} \quad \ell_{k1} = 2,5 \text{ km}$$

1x240/25mm² kablo

$$X = 0,188 \text{ ohm/km}$$

$$2[3(1 \times 240/25)] \quad \ell_{k1+2} = 2,57 \text{ km}$$

$$3(1 \times 240/25) \quad \ell_{k3} = 2,05 \text{ km}$$

$$R = 0,0754 \text{ ohm/km} \quad \ell_{k4} = 2,5 \text{ km}$$

1x240/25m

$$R = 0,0754 \text{ ohm/km} \quad \ell_{k1} = 2500 \text{ m}$$

$$X = 0,188 \text{ ohm/km} \quad \ell_{k2} = 70 \text{ m}$$

$$\ell_{k3} = 2050 \text{ m}$$

2070

$$R_{h11} = \frac{0,134 \times 6,38 \times 100}{2 \times (34,5)^2} = 0,0359 \text{ p}\Omega$$

$$R_{h10} = \frac{0,284 \times 6,38 \times 100}{2 \times (34,5)^2} = 0,076 \text{ p}\Omega$$

$$X_{h11} = \frac{0,3427 \times 6,38 \times 100}{2 \times (34,5)^2} = 0,0918 \text{ p}\Omega$$

$$X_{h10} = 3 \times X_{h11} = 3 \times 0,0918 = 0,275 \text{ p}\Omega$$

$$R_{h10} = 0,134 + 0,15 = 0,284$$

Havai Hatlarda X_0/X_1 oranı

Hattın Yapısı	Tek Devre	Çift Devre
Toprak Telsiz	3,2	5,1
Çelik Toprak Telli	2,9	4,4

$$R_{k0}/R_{k1} = 8 \quad (\text{Çizelge 1.4})$$

$$X_{k0}/X_{k1} = 4 \quad (\text{Çizelge 1.4})$$

1x240/25mm² kablo $Z_{k1} = 0,0754 + j0,188$

$$R_{k11} = \frac{0,0754 \times 2,57 \times 100}{2 \times (34,5)^2} = 0,00814 \text{ p}\Omega$$

$$R_{k10} = 8 \times 0,00814 = 0,065 \text{ p}\Omega$$

$$X_{k11} = \frac{0,188 \times 2,57 \times 100}{2 \times (34,5)^2} = 0,020 \text{ p}\Omega$$

$$X_{k10} = 4 \times 0,020 = 0,081 \text{ p}\Omega$$

$$R_{k21} = \frac{0,0754 \times 2,07 \times 100}{(34,5)^2} = 0,0129 \text{ p}\Omega$$

$$R_{k20} = 8 \times 0,0129 = 0,1038 \text{ p}\Omega$$

$$X_{k21} = \frac{0,188 \times 2,07 \times 100}{(34,5)^2} = 0,032 \text{ p}\Omega$$

$$X_{k20} = 4 \times 0,032 = 0,129 \text{ p}\Omega$$

OG KISA DEVRE

Sistem 154kV	$R_1 = R_2 = 0,005\text{p}\Omega$	$R_0 = 0,005\text{p}\Omega$	$X_1 = X_2 = 0,05\text{p}\Omega$	$X_0 = 0,1\text{p}\Omega$
Trafo 154/34,5kV	$R_{tr_1} = R_{tr_2} = R_{tr_0} = 0$	$X_{tr_1} = X_{tr_2} = 0,119$	$X_{tr_0} = 0,119$	
Nötr Direnci 34,5kV	$R_n = 7,56\text{p}\Omega$			
2(3x477) Havai hat	$R_{h_1} = 0,0359\text{p}\Omega$	$R_{h_0} = 0,076\text{p}\Omega$	$X_{h_1} = 0,0918\text{p}\Omega$	$X_{h_0} = 0,275\text{p}\Omega$
2(1x240/25mm ²)kablo	$R_{k_1} = 0,00814\text{p}\Omega$	$R_{k_0} = 0,065\text{p}\Omega$	$X_{k_1} = 0,020\text{p}\Omega$	$X_{k_0} = 0,081\text{p}\Omega$
1x240/25mm ² kablo	$R_{k_2} = 0,029\text{p}\Omega$	$R_{k_2} = 0,1038\text{p}\Omega$	$X_{k_2} = 0,032\text{p}\Omega$	$X_{k_2} = 0,129\text{p}\Omega$

Faz-Toprak Arıza Akımı

Arıza noktasından sisteme bakıldığında doğru, ters ve sıfır bileşen empedanslarının toplamı devreye girecektir

$$R = 0,005 \times 2 + 7,56 + 0,0359 + 0,076 + 0,00814 + 0,065 + 0,029 + 0,1038 = 7,88\text{p}\Omega$$

$$X = 0,05 \times 2 + 0,1 + 0,119 \times 2 + 0,119 + 0,0918 + 0,275 + 0,020 + 0,081 + 0,032 + 0,129 = 1,1350\text{p}\Omega$$

$$Z_t = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{7,88^2 + 1,135^2} = \sqrt{63,38} = 7,96$$

$$I_{k_1}'' = \frac{1,0}{7,96} = 0,125 \text{ p}\Omega \quad I = 0,125 \times 1676 = 210\text{A bulunur.}$$

Üç fazlı arıza akımı, arıza noktasından bakıldığında doğru bileşenleri devreye girecektir

$$R = 0,005 + 7,56 + 0,0359 + 0,00814 + 0,029 = 7,633$$

$$X = 0,05 + 0,119 + 0,0918 + 0,020 + 0,032 = 0,313$$

$$Z_t = \sqrt{7,633^2 + 0,313^2} = \sqrt{58,36} = 7,639\text{p}\Omega$$

$$I_{k_3}'' = \frac{1,0}{7,639} = 0,131 \text{ p}\Omega \quad I_{k_3}'' = 0,131 \times 1676 = 220\text{A bulunur.}$$

$$I_s = \sqrt{2} I_{k_3}'' =$$

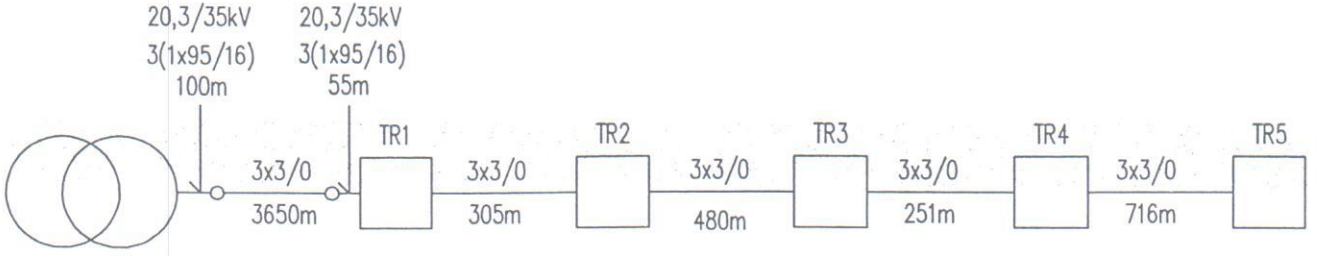
$$\frac{R}{X} = \frac{7,639}{0,313} = 24,4$$

$$X = 1 \text{ (Eğriden)}$$

$$I_s = 1,414 \times 220 = 311\text{A} = 0,311\text{kA} \quad \text{Seçilen kesici kesme kapasitesi 16kA dir.}$$

$$S_k = \sqrt{3} \times 311 \times 34,5 = 18,56 \text{ MVA}$$

GEMEREK (SIVAS) ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKESİ
AVAN PROJESİ
OG KISA DÖVRE HESABI



154kV SİSTEM

S=50MVA

Un=154kV

Nk''=5000MVA

$X_1 = X_2$ $X_0/X_1 = 2,0$

$R_a/X_1 = 0,1$

$R_a = 0,1 \times X_1$ (Dogrudan topraklı)

İndirici Transformatör

Nh=50MVA

Uk=%11

$U_{h1}/U_{h2} = 154/31,5$

$X_{tro}/X_{tr1} = 1$ (Y/Y topraklı)

$R_{tro} = R_{tr} = 0$

3/0 AL-St havai hat

L=3,650m Un=31,5kV

$Z_{h1} = 0,3366 \times j 0,4433$ ohm/km

$$R_{h1} = \frac{0,3366 \times 3,650 \times 100}{31,5^2} = \frac{122,859}{992,25} = 0,124 \text{ pa}$$

$X_{ho}/X_{h1} \cong 3$ (çizelge 3)

$R_{ho} = 0,3366 + 0,15 = 0,4866$ ohm/km

100MVA Baz Degerine Göre Birim Degerleri

$$X_1 = \frac{100}{Nk''} = \frac{100}{5000} = 0,02 \text{ pa}$$

$X_0 = 2 \times 0,02 = 0,04 \text{ pa}$

$R_a = 0,1 \times 0,04 = 0,004 \text{ pa}$

$R_a = R_o$ alınmıştır

$$X_{tr1} = X_{tr2} = X_{tr0} = \frac{U_k}{N_h}$$

$$X_{tr1} = X_{tr2} = X_{tr0} = \frac{11}{50} = 0,02 \text{ pa}$$

$R_{tr0} = R_{tr} = 0$

Handwritten signature

OG KISA DEVRE HESABI

$$R_{ho} = 0,3366 + \frac{0,0047 \times 50(F)}{1,6} = 0,3366 + 0,15$$

$$R_{ho} = \frac{0,4866 \times 3,65 \times 100}{31,5^2} = \frac{177,609}{992,25} = 0,179 \text{ pu}$$

$$X_{h1} = \frac{X_{hl} \times L \times 100}{31,5^2} = \frac{0,4433 \times 3,65 \times 100}{31,5^2} = \frac{161,8}{992,25} = 0,163 \text{ pu}$$

$$X_{h_{10}} = 3 \times 0,163 = 0,489 \text{ pu} \quad R(\text{ohm/km}) \quad X(\text{ohm/km})$$

$$20,3/35 \text{ kV} \quad 1 \times 95/16 \text{ mm} \quad 0,193 \quad 0,213$$

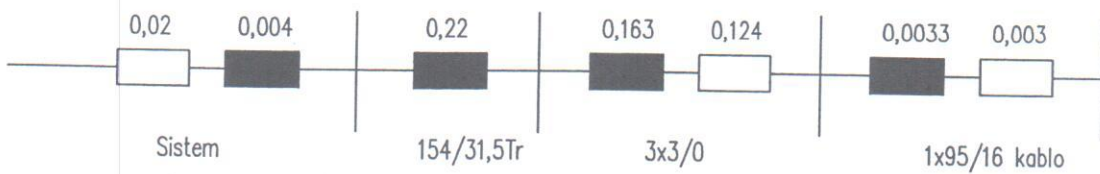
$$R_{k1} = \frac{0,193 \times 0,155 \times 100}{31,5^2} = \frac{2,99}{992,25} = 0,003 \text{ pu}$$

$$R_{k_{10}} = 3 \times 0,003 \text{ pu} = 0,009 \text{ pu}$$

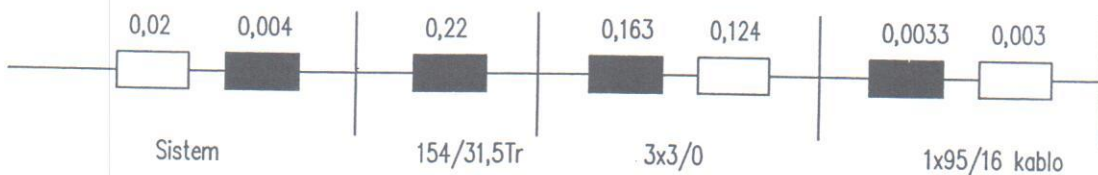
$$X_{k1} = \frac{0,213 \times 0,155 \times 100}{31,5^2} = \frac{3,3}{992,25} = 0,003 \text{ pu}$$

$$X_{k_{10}} = 7 \times 0,003 \text{ pu} = 0,0231 \text{ pu}$$

Dogru bileşen



Ters bileşen



Sıfır bileşen



OG KISA DEVRE

Faz-Toprak Arıza Akımları

TRİ arıza noktasından sisteme doğru bakıldığında elemanların doğru, ters ve sıfır bileşen empedanslarının toplamı devreye girecektir.

$$R_t = 0,02 + 0,124 + 0,003 + 0,02 + 0,124 + 0,003 + 0,04 + 0,179 + 0,009$$

$$R_t = 0,522 \text{ pu}$$

$$X_t = 0,004 + 0,22 + 0,1163 + 0,0033 + 0,004 + 0,22 + 0,163 + 0,003 + 0,004 + 0,22 + 0,489 + 0,0231 = 1,516 \text{ pu}$$

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2} = \sqrt{0,522^2 + 1,516^2} = \sqrt{0,2725 + 2,298} = \sqrt{2,5705} = 1,6 \text{ pu}$$

$$I_{k_{pu}}'' = \frac{1}{1,6} = 0,625 \text{ pu}$$

$$I_k = 0,625 \times 1835 = 1147 \text{ A} = 1,147 \text{ kA}$$

$$R/x = \frac{0,522}{1,516} = 0,34$$

$$x = 1,35 \text{ şekil 1,16 da}$$

Kesici Seçimi

I_s = Asimetrik kısadevre akımı tepe değeri

$$I_s = x \sqrt{2} I_k'' = 1,35 \sqrt{2} \times 1147 = 2167 \text{ A}$$

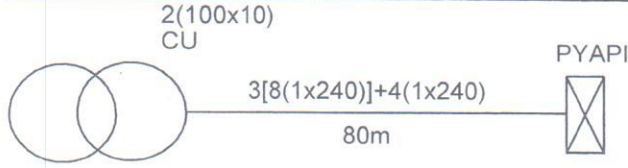
$$N_a = \sqrt{3} \text{ Unx } I_a = 1,73 \times 31,5 \times 167 = 118 \text{ MVA}$$

Seçilen kısa devre gücü

$$N_s = 1,73 \times 31,5 \times 16 = 872 \text{ MVA}$$

AG KISA DEVRE HESABI

P-YAP Ana Panosunda kısa devre akımı (PARLEMENTERLEP BLOGU)



34,5/0,4kV

$S_n = 2000 \text{ kVA}$ Trafo Gücü

$\%U_k = \%6$ Trafo bağıl kısa devre gerilimi(%)

$P_{kcu} = 18,5 \text{ kW}$ Transformatör yük kayıpları

$Z_{tr} = U_k \times U_n^2 / 100 \times S_n^2 \text{ ohm}$

$R_{tr} = P_{kcu} \times U_n^2 / S_n^2$

$X_{tr} = \sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2}$

Başlangıç Kısa Devre Akımı $I''_k = C \cdot U_n / \sqrt{3} \times Z$

Trafo $Z_{tr} = 6 \times 0,4^2 / 100 \times 2 = 0,0048 \text{ ohm}$

$R_{tr} = 18,5 \times 0,4^2 / 1000 \times 2 = 0,00074 \text{ ohm}$

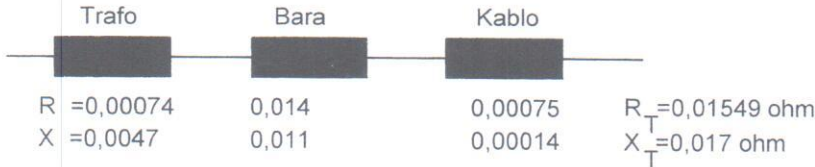
$X_{tr} = \sqrt{0,0048^2 - 0,00074^2} = 0,0047 \text{ ohm}$

AG Bara $R = 0,014 \text{ ohm}$

$X = 0,011 \text{ ohm}$

Kablo $R = 0,075 \times 0,08 / 8 = 0,00075 \text{ ohm}$

$X_L = 0,1398 \times 0,08 / 8 = 0,00014 \text{ ohm}$

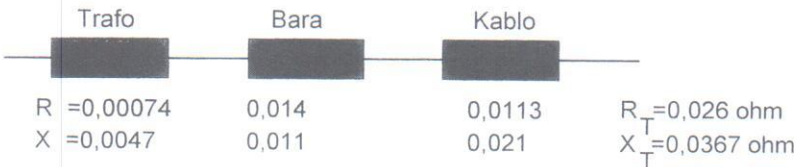
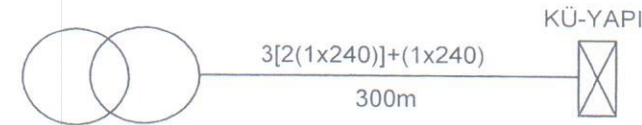


$$Z_T = \sqrt{(R_T + X_T)^2} = \sqrt{0,01549^2 + 0,017^2}$$

$$Z = \sqrt{0,0005289} = 0,023 \text{ ohm}$$

$$I''_k = C \cdot \frac{U_n}{1,73 \times Z} = 1,1 \cdot \frac{0,4}{1,73 \times 0,023} = \frac{0,44}{0,0398} = 11,05 \text{ kA}$$

C Blok Ana Panosunda kısa devre akımı (KÜTÜPHANE BLOGU)



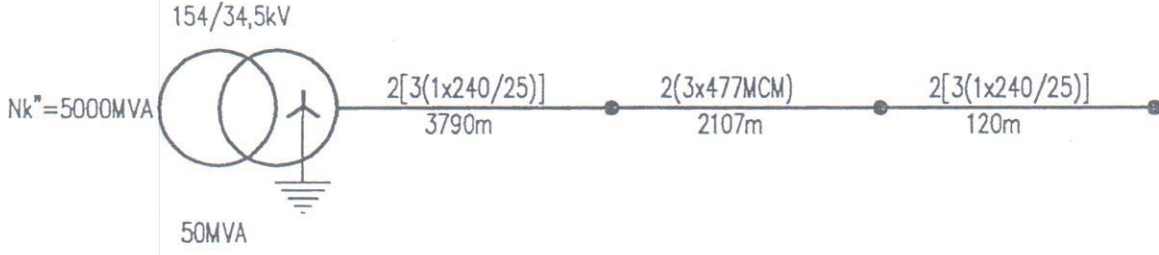
$$Z_T = \sqrt{(R_T + X_T)^2} = \sqrt{0,026^2 + 0,0367^2}$$

$$Z = \sqrt{0,00204} = 0,045 \text{ ohm}$$

$$I''_k = C \cdot \frac{U_n}{1,73 \times Z} = 1,1 \cdot \frac{0,4}{1,73 \times 0,045} = \frac{0,44}{0,0778} = 5,6 \text{ kA}$$

Kablo $R = 0,0754 \times 0,3 / 2 = 0,00113 \text{ ohm}$
 $X = 0,1398 \times 0,3 / 2 = 0,021 \text{ ohm}$

KISA DEVRE HESABI



154kV Sistem

$$Nk^* = 5000MVA$$

$$Un = 154kV$$

$$X_0 / X_1 = 2$$

$$R_0 / X_1 = 0,1$$

$$Nn = 50MVA$$

$$Uk = \%11$$

$$Un_1 / Un_2 = \frac{154}{34,5} kV$$

$$Rk = \frac{0,0754 \times 3,910 \times 100}{34,5^2} = 0,025pa$$

$$Rk = 3 \times 0,025 = 0,075pa$$

$$Xk = \frac{0,188 \times 3,91 \times 100}{34,5^2} = 0,062pa$$

$$Xk = 3 \times 0,062 = 0,186pa$$

$$X_0 / X_1 = 5,1 \text{ (Çift devre havai hat)}$$

$$Xho = 5,1 \times X_1 = 5,1 \times 0,060 = 0,306pa$$

100MVA Baz alınırca,

$$X_1 = \frac{100}{Nk^*} = \frac{100}{5000} = 0,02pa$$

$$X = 2 \times 0,02 = 0,04pa$$

$$Ra = 0,1 \times 0,02 = 0,002pa$$

$$Xtr = \frac{11}{100} = 0,11pa$$

34,5kV Nötr direnci

3x477MCM

$$l = 2107m \quad Un = 34,5kV$$

$$Zn_1 = 0,13416 + j0,3427$$

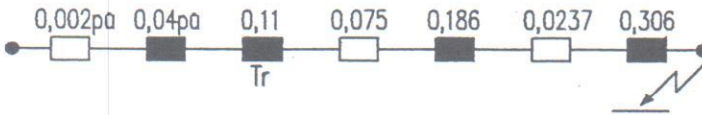
3(1x240/25)

$$l = 3,910m \quad Un = 34,5kV$$

$$Zk = 0,0754 + j0,188$$

$$Rk = \frac{0,13416 \times 2,107 \times 100}{34,5^2} = 0,0237pa$$

$$Xh = \frac{0,3427 \times 2,107 \times 100}{34,5^2} = 0,060pa$$



$$R = 0,002 + 0,075 + 0,0237 = 0,1007pa$$

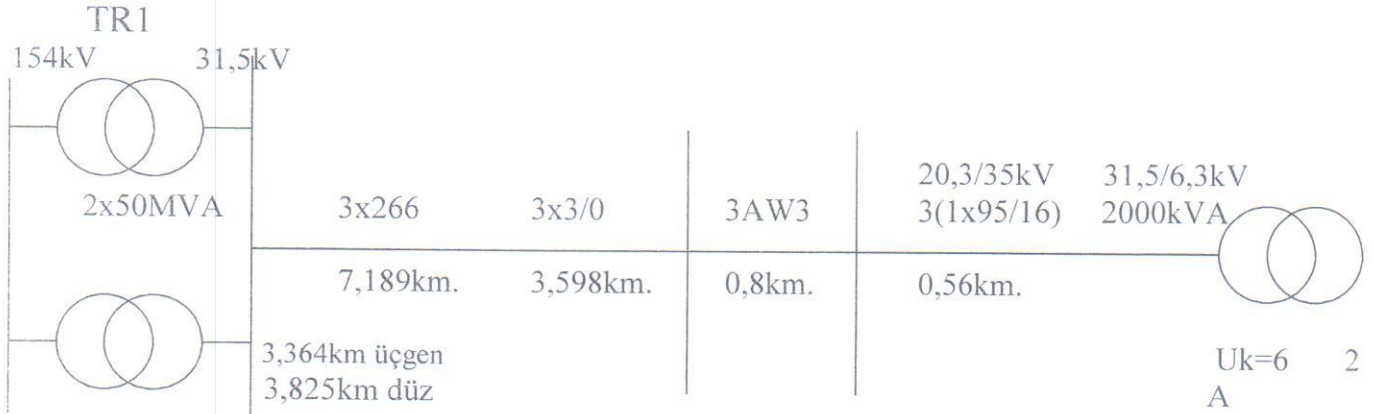
$$X = 0,04 + 0,11 + 0,186 + 0,306 = 0,642pa$$

$$Z = 0,1007 + j0,642 \quad Z = \sqrt{0,1007^2 + 0,642^2} = \sqrt{0,4223} = 0,6498$$

$$Ik_3^* = \frac{1}{0,6498} = 1,539pa$$

$$Ik_3^* = 1,539 \times 1675 = 2578A \text{ Bulunur.}$$

KISA DEVRE HESABI



TR2

$$U_k = 11,03$$

$$N_k = 5000 \text{ MVA}$$

$$R_n = 60 \Omega$$

$$\text{Üç fazlı arıza } I_{k3} = \frac{U}{Z_1}$$

$$2 \text{ fazlı arıza } I_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{k3}$$

$$2 \text{ faz + toprak arıza } I_{kzt} = \frac{3}{1+2k} I_{k3} \quad k = \frac{Z_0}{Z_1}$$

$$\text{Faz + toprak arıza } I_{k1} = \frac{3}{2+k} I_{k3}$$

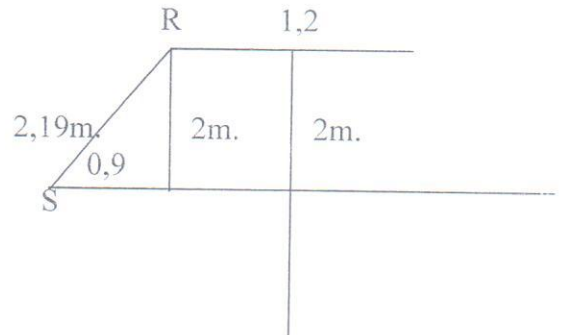
$$U_k = 31,5 \text{ kV}$$

$$N_b = 100 \text{ MVA}$$

$$\text{Sistem topraklı } X_{tr1} = X_{tr2} = X_{tr0}$$

$$\text{Trafo } X_{pu} = \frac{U_k \%}{N_n (\text{MVA})}$$

ÜÇGEN TERTİP



$$\text{Hat } X_{pu} = \frac{X(\Omega/\text{km}) \times l \times 100}{U_n^2 (\text{kV})}$$

Xo/X1 Çift devre S

Xo/X1 Tek devre 3,2

Toprak temaslı arızalarda

DÜZ TERTİP

0,9 0,9

$$\text{Üçgen tertip } D_{ort} = \sqrt[3]{2,19 \times 2 \times 0,9} = \sqrt[3]{3,942} = 1,58$$

$$\text{Düz tertip } D_{ort} = \sqrt[3]{0,9 \times 0,9 \times 1,8} = 1,13$$

R Ω/km x Ω/km

266,8 0,239 0,3626 Geometrik ortalama uzaklık 2,1m. İçin;

3/0 0,433 0,443

AW63 1,27 0,46

1x95/16 0,193 0,213

100

$$\text{Sistem } x_1 = \frac{100}{5000} = 0,02 \text{ pu}$$

$$X_0 = 2 \times 0,02 = 0,04 \text{ pü}$$

$$R_a = 0,1 \times 0,02 = 0,002 \text{ pü}$$

Ra = Ro alınmıştır.

İndirici Trafo

Nn = 50MVA

U_k = %11,03

U_{n1} / U_{n2} = 154/31,5 kV

X_{tr0} = X_{tri} = 1

Yıldız-yıldız topraklı

R_{tro} = R_{tr} = 0

U_μ 11,03

$$X_{tr1} = X_{tr2} = X_{tro} = \frac{U_{\mu}}{N\eta} = \frac{11,03}{50} = 0,22 \text{ pu}$$

Nη 50

$$R_{tro} = R_{tr} = 0$$

$$R_n = 60\Omega$$

$$R_n = 300A$$

$$60 \times 100$$

$$R_n = \frac{60 \times 100}{(31,5)^2} = 6,05 \text{ pu}$$

$$(31,5)^2$$

$$3R_n = 3 \times 6,05 = 18,15 \text{ pü (faz-toprak arızasında)}$$

3x266

$l = 7,189 \text{ km}$.

$U_k = 31,5 \text{ kV}$

$Z_{h1} = 0,239 + j0,362$

$Z_{h2} = 0,433 + j0,443$

$Z_{h3} = 1,27 + j0,46$

$Z_k = 0,193 + j0,213$

266,8 havai hat

$l = 7,189 \text{ km}$. $U_n = 31,5 \text{ kV}$

$$R_{h1} = \frac{0,239 \times 7,189 \times 100}{(31,5)^2} = 0,173 \text{ pü}$$

$R_{h10} = 0,239 + 0,15 = 0,389$

$$R_{h10} = \frac{0,389 \times 7,189 \times 100}{(31,5)^2} = 0,282 \text{ pü}$$

$$X_{h1} = \frac{0,3626 \times 7,189 \times 100}{(31,5)^2} = 0,263 \text{ pü}$$

$X_{h10} = 5 \times 0,263 = 1,315 \text{ pü}$

3/0 havai hat

$l = 3,598 \text{ km}$.

$$R_{h2} = \frac{0,433 \times 3,598 \times 100}{(31,5)^2} = 0,157 \text{ pü}$$

$$R_{h20} = 0,433 + 0,15 = 0,583$$

$$0,583 \times 3,598 \times 100$$

$$R_{h20} = \frac{\quad}{(31,5)^2} = 0,211\text{pü}$$

$$0,433 \times 3,598 \times 100$$

$$X_{h2} = \frac{\quad}{(31,5)^2} = 0,161\text{pü}$$

$$X_{h20} = 3 \times 0,161 = 0,483\text{pü}$$

AW63 havai hat

$$1,27 \times 0,8 \times 100$$

$$R_{h3} = \frac{\quad}{(31,5)^2} = 0,102\text{pü}$$

$$1,42 \times 0,8 \times 100$$

$$R_{h30} = \frac{\quad}{(31,5)^2} = 0,114\text{pü}$$

$$0,46 \times 0,8 \times 100$$

$$X_{h3} = \frac{\quad}{(31,5)^2} = 0,037\text{pü}$$

$$X_{h30} = 3 \times 0,037 = 0,111\text{pü}$$

20,3/35kV1 x 95/16 kablo

$$0,193 \times 0,56 \times 100$$

$$R_k = \frac{\quad}{(31,5)^2} = 0,011\text{pü}$$

$$R_{h0} = 8 \times 0,011 = 0,088\text{pü}$$

$$X_k = \frac{0,213 \times 0,56 \times 100}{(31,5)^2} = 0,012 \text{pü}$$

$$X_{k0} = 4 \times 0,012 = 0,048 \text{pü}$$

İndirici Trafo

$$N_n = 2000$$

$$U_k = \%6$$

$$U_{n1}/U_{n2} = 31,5/6,3$$

6

$$X_{tr1} = X_{tr2} = X_{tr0} = \frac{6}{2} = 3 \text{pü}$$

$$R_{tr} = 0$$

Devre Elemanları	Un(kV)	R _{1,2}	R ₀	X _{1,2}	X ₀
Sistem	154	0,002	0,002	0,02	0,04
İnd. Trafo	154/31,5	0	0	0,22	0,22
Nötr Direnci	31,5		18,15	-	-
266,8	31,5	0,173	0,282	0,26	1,315
3/0	31,5	0,157	0,211	0,161	0,483
AW63	31,5	0,102	0,114	0,037	0,111
Kablo 1x95/16	31,5	0,011	0,088	0,012	0,048
Trafo	31,5/6,3	-	-	3	3
TOPLAM		0,445	18,847	0,713	2,217

3 FAZLI KISA DEVRE AKIMI

A noktasından 31,5kV trafo girişinde

0,02 0,02 0,22 0,173 0,263 0,157 0,161 0,102 0,037 0,011 0,012

Sistem Trafo 266,8 3/0 AW63 1x95/16

Toplam omik direnç $R = 0,002 + 0,173 + 0,157 + 0,102 + 0,011 = 0,445\text{pü}$

Toplam reaktans $X = 0,02 + 0,22 + 0,263 + 0,161 + 0,037 + 0,012 = 0,713\text{pü}$

Toplam Empedans $Z = 0,445 + j0,713 = 0,840\text{pü}$

$$I_{k_3}'' = \frac{1}{0,840} = 1,19\text{pü}$$

$$I_{k_3}'' = 1,19 \times 1835 = 2184\text{A}$$

$$I_b = \frac{100000}{1,73 \times 31,5} = 1835\text{A}$$

2 Noktasında arıza akımı;

Toplam $R = 0,445\text{pü}$

Toplam $X = 3,713\text{pü}$

Toplam $Z = 0,445 + j3,713 = 3,74$

$$I_{k_3}'' = \frac{1}{0,840} = 1,19\text{pü}$$

$$I_{k_3}'' = 1,19 \times 1835 = 2184\text{A}$$

$$I_b = \frac{100000}{1,73 \times 31,5} = 1835\text{A}$$

$$I_{k_3}'' = \frac{1}{3,74} = 0,267$$

$$I_{k_3}'' = 0,267 \times 1835 = 491\text{A}$$

İKİ FAZ- TOPRAK KISA DEVRE AKIMI :

$$k = \frac{Z_0}{Z_1} = \frac{18,977}{0,840} > 1 \quad \text{faz toprak arıza akımı iki faz-toprak arızasından topraktan geçen akımından daha büyüktür.}$$

$$Z_0 = 18,847 + j2,217 = 18,977\text{pü}$$

$$Z_1 = 0,445 + j 0,713 = 0,840 \text{ pü}$$

Faz-Toprak arıza akımı:

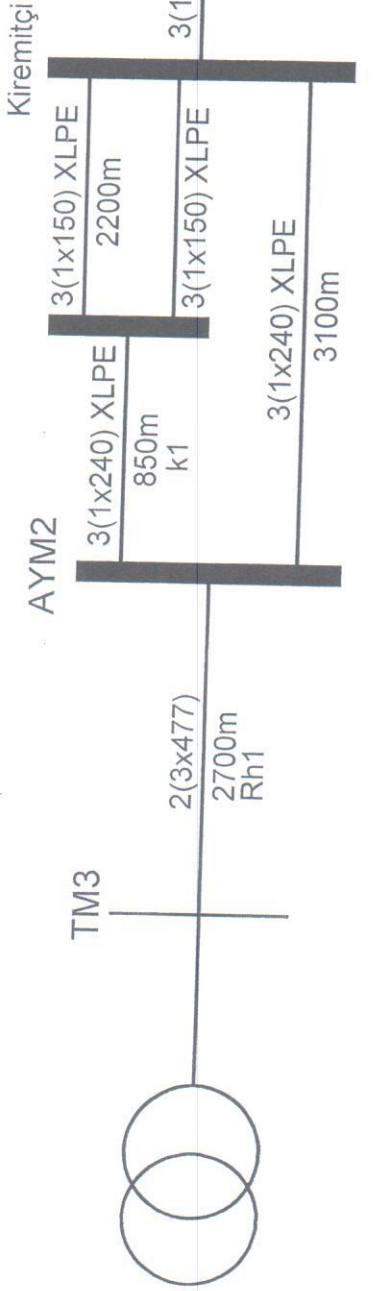
$$Z_t = Z_{t1} + Z_{t2} Z_0 + 3R_u \quad Z_{t1} = Z_{t2}$$

$$Z_t = 0,840 + 0,840 + 18,15 + 2,323 = 22,153\text{pü}$$

$$I_{k1}'' = \frac{1}{22,153} = 0,0451$$

$$I_{k1} = 0.0451 \times 1835 = 83\text{A bulunur.}$$

Kiremitçi



154/31,5kV

50MVA

$U_k=9,47$

$Y_N Y_{no}$

(Yıldız-Yıldız topraklı)

50MVA

$U_k=12,41$

$Y_N Y_{no}$

154kV. Sistem

$Nk''=2000MVA$

$Un=154kV$

$X_1 = X_2$

$X_0 = X_1 = 2,0$

$R_a = X_1 = 0,1$

$R_a = 0,1 \times X_1$

Z_1 Doğru Bileşen

Z_2 Ters Bileşen

Z_0 Sıfır Bileşen

20,3/35Kv Kablo ve havaii hat direnç ve endüktansları

R ohm/km	X ohm/km
0,193	0,213
0,124	0,201
0,0754	0,188
0,134	0,343
0,43	0,44

1x95/16mm²

1x150/25mm²

1x240/25mm²

3x477

3x3/0

İndirici Trafo

$Nn=50MVA$

$U_k=12,41$

$Un_1 / Un_2 = 154/31,5kV$

$R_{no} = R_{tr} = 0$

Havaii Hatlardan X_0 / X_1 Oranı

Hattın Yapısı	Tek Devre	Çift Devre
Toprak Telsiz	3,2	5,1
Çelik Toprak Telli	2,9	4,4

$$X_{lr1} = X_{lr2} = X_{lr0} = \frac{U_k}{Nn} \quad (\text{Yıldız-Yıldız})$$

$$X_{lr1} = X_{lr2} = X_{lr0} = \frac{12,41}{50} = 0,248 \text{ pü}$$

$$R_{lr0} = R_{lr} = 0$$

$$X_1 = \frac{100}{Nk''} = \frac{100}{2000} = 0,05 \text{ pü}$$

$$X_0 = 2 \times 0,05 = 0,10 \text{ pü}$$

$$R_a = 0,1 \times 0,05 = 0,005 \text{ pü}$$

$$R_a = 0,005 \text{ pu (Sıfır Bileşen)}$$

MÜHENDİSLİK BÜROSU
AH GÜNDÜZ
MİLLİ TAARUFAT MÜŞAVİRLİK
Çigünlü Sok. No: 3/2 Kat: Kat: Kat: ANK
Tel: 418 0371 Fax: 425 96 48

31,5kV Nötr Direnci
R = 30 ohm
Un=31,5kV

$$I_{k1} = \frac{31500}{1,73 \times 30} = \frac{31500}{51,9} = 607A \text{ İle sınırlanır.}$$

$$R_N = \frac{31500}{1,73 \times 30} = \frac{30 \times 100}{(31,5)^2} = 3,02 \text{ pü}$$

$$3R_{No} = 3 \times 3,02 = 9,06 \text{ pü (Faz-Toprak Arızasında)}$$

Faz-Toprak Arızasında

$$\text{Arızalı Fazdan Geçecek Akım} \quad I_{k1} = \frac{3U}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$R_t = \frac{0,0047x}{1,6} \text{ (Faz-Toprak Arızasında Toprak Dönüş Omik Direnci)}$$

$$R_t = 0,15 \text{ ohm/km}$$

$$R_o = R + R_t$$

Havai Hattın Omik Direnci

$$R_o = R + 0,15 \text{ ohm/km}$$

3x477 için

$$R_{h11} = \frac{0,134 \times 100 \times 27}{(31,5)^2} = \frac{36,2}{992} = 0,036 \text{ pü}$$

$$R_{h10} = 0,134 + 0,15 = 0,284$$

$$R_{h10} = \frac{0,284 \times 2,7 \times 100}{(31,5)^2} = \frac{76,88}{992} = 0,077 \text{ pü}$$

$$X_{h11} = \frac{0,343 \times 2,7 \times 100}{(31,5)^2} = \frac{92,61}{992} = 0,093 \text{ pü}$$

$$X_{h10} = 3 \times 0,093 = 0,279 \text{ pü}$$

3x3/0 için

$$R_{h21} = \frac{0,43 \times 0,5 \times 100}{31,5^2} = 0,021 \text{ pü}$$

$$R_{h20} = 0,43 + 0,15 = 0,058$$

$$R_{h20} = \frac{0,58 \times 0,5 \times 100}{31,5^2} = 0,029 \text{ pü}$$

$$X_{h21} = \frac{0,44 \times 0,5 \times 100}{31,5^2} = 0,022 \text{ pü}$$

$$X_{h10} = 3 \times 0,022 = 0,066 \text{ pü}$$

MÜHENDİSLİK BÜROSU
ANCAK 072
PROJE TAHHÜT MÜŞAVİRLİK
Ağuniar Sok. No: 36/2 Kocatepe/ANKA
Tel: 418 0371 Fax: 425 96 44

3(1x240) / 4200m için

$$Rk_{41} = \frac{0,075 \times 4,2 \times 100}{31,5^2} = 0,0317 \text{ pü}$$

$$Rk_{40} = 8 \times 0,0317 = 0,25 \text{ pü}$$

$$Xk_{41} = \frac{0,201 \times 4,2 \times 100}{31,5^2} = 0,085 \text{ pü}$$

$$Xk_{10} = 4 \times 0,085 = 0,34 \text{ pü}$$

3(1x95 / 16mm²) / 35m

$$Rk_{51} = \frac{0,193 \times 0,035 \times 100}{31,5^2} = 0,00068 \text{ pü}$$

$$Rk_{50} = 8 \times 0,00068 = 0,0054 \text{ pü}$$

$$Xk_{51} = \frac{0,213 \times 0,035 \times 100}{31,5^2} = 0,00075 \text{ pü}$$

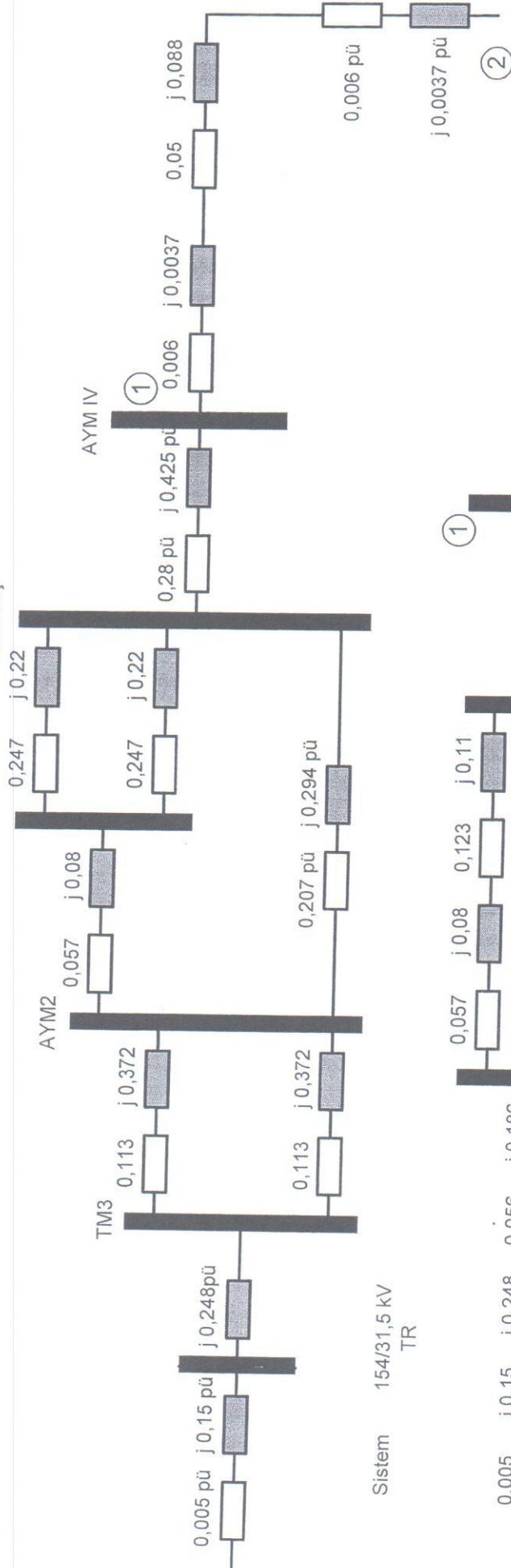
$$Xk_{20} = 4 \times 0,00075 = 0,003 \text{ pü}$$

Faz - Toprak Arıza Akımı

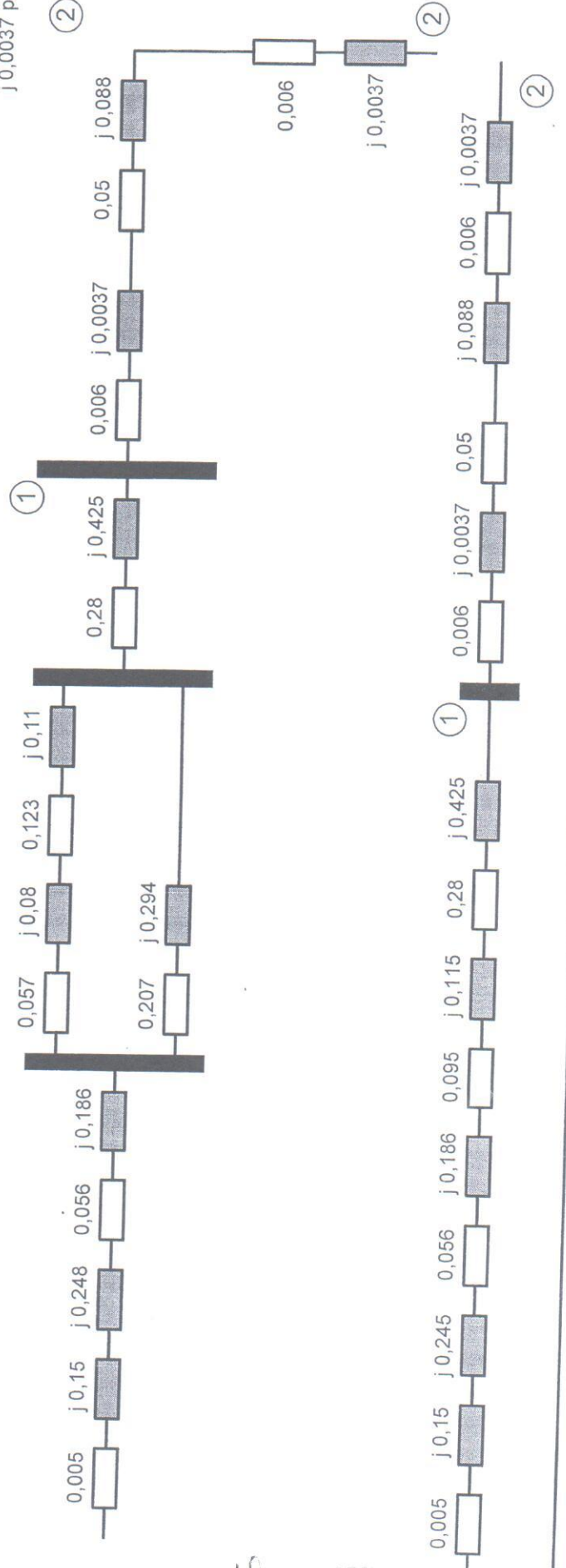
Arıza noktasından sisteme bakıldığında doğru, ters ve sıfır bileşen empedansların tamamı devreye girecektir.

MÜHÜR
AH ÇAKIRIZ
MÜHÜR
MÜHÜR
Sıhhi Tıbbi Müdahale
Sıhhi Sok. No: 28/2 Çankaya-Ank.
Tel: 418 0 71 Fax: 425 26 16

Kiremitçi



Sistem 154/31,5 kV
TR



İÇİNDEKİLER
AŞI
İÇİNDEKİLER
İçinler Sok. No: 23 Kat: 4
Tel: 412 05 71 11 - 425 95 10

① Noktasındaki Arıza Akımı

$$R = 0,005+0,056+0,095+0,28 = 0,436 \text{ pü}$$

$$X = 0,15+0,245+0,186+0,115+0,425 = 1,123 \text{ pü}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,436^2 + 1,123^2} = 1,20 \text{ pü}$$

$$I_k'' = \frac{1}{1,2} = 0,83 \text{ pü} \quad 31,5 \text{ kV baz Akımı } 1835\text{A}$$

$$I_{\text{baz}} = \frac{100000}{1,73 \times 31,5} = \frac{100000}{54,495} = 1835\text{A}$$

$$I_k'' = \frac{1}{1,2} \times 1835 = 1523 \text{ A bulunur}$$

Kablo Kesiti Kontrolü

$$I_t = I_k'' \sqrt{\frac{(m+n)t}{1}} = 1523 \sqrt{\frac{(0,15+1)1}{1}} = 1633 \text{ A}$$

$$\gamma = \frac{R}{X} = \frac{0,436}{1,123} = 0,39$$

$$m = 0,15 \text{ Eğriden}$$

$$n = \frac{I_k''}{I_k} = 1$$

$$t = 1 \text{ sn}$$

Termik akım

Şekil 1,31 den 95 mm² kablo 11 kA e

dayanabilmektedir. 1,633 ka < 11 kA Uygundur.

$$I_s = \gamma \sqrt{2} I_k''$$

$$I_s = 1,3 \times 1,42 \times 1523 = 2811 \text{ A}$$

$$I_s = 2,811 \text{ kA}$$

Kısa devre darbe akımı

Seçilen OG Şalt Malzemesi 16 kA dayanıklı olup yeterlidir.