

Bir önceki konuda yüksüz bir generatör ele alınmış,



Bölüm 6

76

ve bu durumda arıza analizi gerçekleştirilmisti.

3 temel büyüklük tanımlandı,

Yüklü Makinaların Geçici Şartlar

Altında İa Gerilimleri!

$I, X_d \rightarrow$ sürekli kısa devre akımı
Senkron reaktans

$I', X_d' \rightarrow$ transient akım ve reaktans

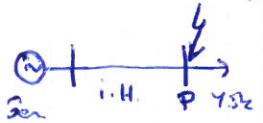
$I'', X_d'' \rightarrow$ subtransient akım ve reaktans

Bundan önceki incelememizde Generatörün uçlarında

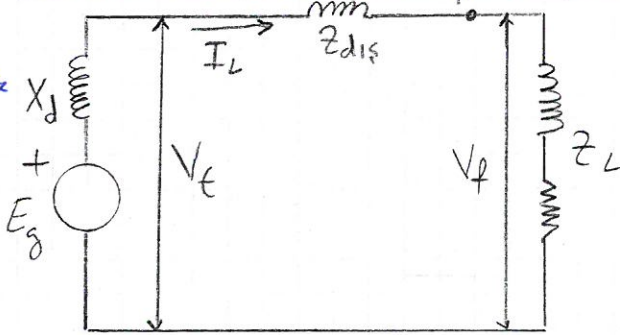
kısa devre meydana geldiğinde generatörün yüksüz yani

bosta çalıştığı kabul edilmisti. Şimdi ise arıza meydana geldiğinde yüklü durumdaki alternatör ele alınacaktır.

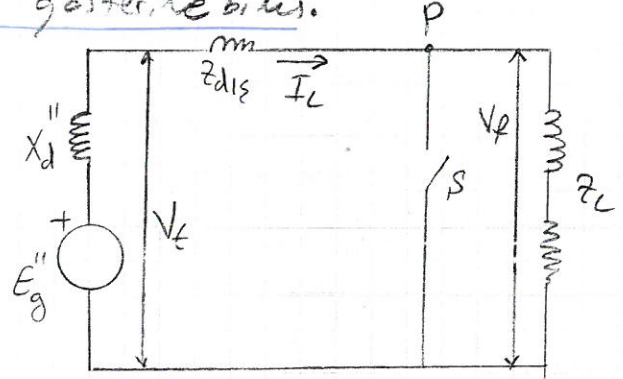
Şekilde dengeli üç fazlı bir yükü besleyen alternatörün eşdeğer devresi gösterilmiştir. Üç Fazlı kısa devre S anahtarı kapatılmak suretiyle gösterilebilir.



Bu sisteme ait eşdeğer $\rightarrow$



(a)
Alışılmış yüklü bir generatörün eşdeğer devresi.



(b)
 I'' 'nin hesaplanması için eşdeğer devre.

Burada;

Arızadan Önce

P : Arıza noktasını

I_L : Arıza noktasında arızadan önce akan akım.

V_f veya V_L : Arıza noktasının arızadan önceki gerilimi.

V_t : Generatörün uç gerilimi.

E_g : Generatörün boşta ki gerilimi. (Gen. e gerilimi)

X_d : Alternatörün Senkron reaktansı.

Anıradan Sonra, Bir önceki hafta bahsettiğimiz üzere,

P noktasında üç farklı bir arıza meydana geldiğinde;

Subtransient $\leftarrow I''$ hesaplanmak isteniyorsa generatörün X_d'' reaktansı,

Transient $\leftarrow I'$ " " " " X_d' "

eşdeğer devrede kullanılır.

S anahtarı kapatıldığında
Gen. iç reaktansı
ve Z_{d1} üzerinden
kısaca akım
veir.

S anahtarı kapatıldığında E_g'' 'si X_d'' ve Z_{d1} üzerinden kısa devreye akım verir. E_g'' hesaplanabilirse X_d'' üzerinden akan akım I'' olacaktır.

S anahtarı açık iken E_g'' :

$$E_g'' = V_t + j X_d'' \cdot I_L$$

(Gen. ve gerilim ile yük akımının generatör subtransient reaktansında oluşturduğu gerilim düşümü)

Burada E_g'' "Subtransient reaktans gerisindeki gerilim" veya kısaca "Subtransient iç gerilimi" olarak adlandırılır.

Benzer şekilde I' hesaplanmak istenirse;

I' akımı X_d' reaktansı üzerine uygulanacağından elde edilen gerilim "transient reaktans gerisindeki gerilim" veya "transient iç gerilimi" olarak adlandırılır. Ve E_g' olarak gösterilir.

$$E_g' = V_t + j I_L \cdot X_d'$$

eşittir.

(Gen. ve gerilim ile yük akımının generatör transient reaktansında oluşturduğu gerilim düşümünün toplamı)

Aynı yük akımının
olduğunu düşünürsek
Bu akım, geçen
hafta gördüğümüz
sisteme eşdeğer
dur.

I_L ile hesaplanan E_g'' ve E_g' ; $I_L = 0$ olduğunda her ikisi de yüksüz halde E_g' ye eşittir. Bu şartlar altında E_g gerilimi V_t 'ye eşittir.

O halde:

Generatörün arıza öncesi akımı I_L ise:

E_g' ile seri X_d'' arıza öncesi ve arızanın hemen sonrası için generatörü gösterir. E_g ve X_d ise kararlı durumda generatörü gösterir.

$$E_g = E_g' = E_g'' = V_t$$

Benzer denklemler başka bir döner makine olan motor için yazılacak olursa, Motor yük akımını çektiğinden, Denklemleri: Senkron Motor için Yazarız; 78

$$E_m'' = V_t - j I_L X_d''$$

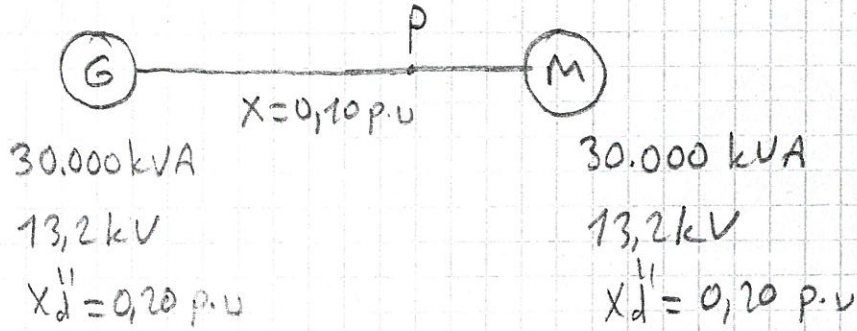
ve

$$E_m' = V_t - j I_L X_d'$$

olarak yazabiliriz.

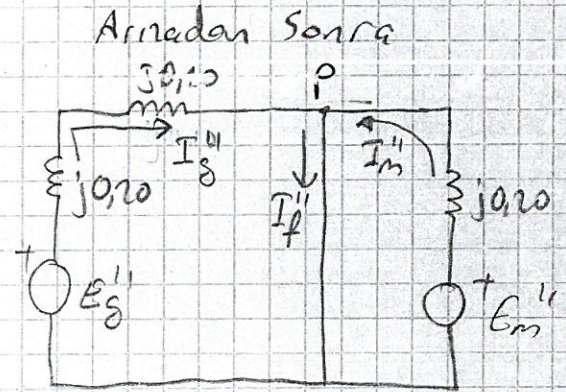
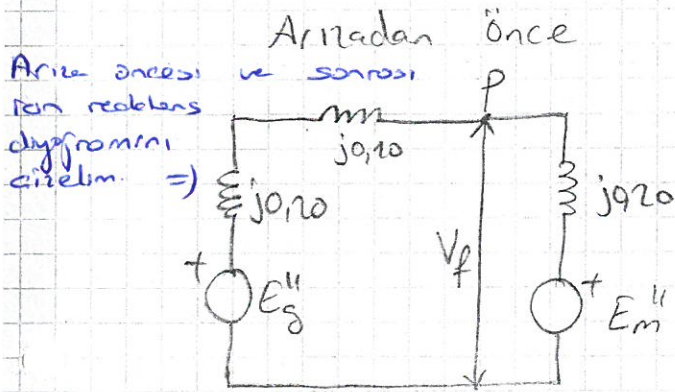
Yük altında motor ve generatörlerden meydana gelen sistemler, Subtransient ve transient iç gerilimleri veya Thevenin teoremi yardımıyla çözülür.

Problem :



Motor uclarında arıza meydana geldiğinde motor 0,8 ileri güç faktörü ve 12,8 kV uç gerilimi altında 20000 kW çekmektedir. Makinaların iç gerilimlerini kullanarak alternatör; motor ve arızadaki subtransient akımları bulunur.

Çözüm: Eşdeğer Devreler:



30.000 kVA ; 13,2 kV baz seçilir ve V_f gerilimi referans alınırsa :

İlk olarak Baz. değerlerini baz seçelim. Buna göre Arıza noktasının arıza öncesi gerilimi V_f referans seçilirse,

$V_f = \frac{12,8}{13,2} = 0,97 \angle 0^\circ \text{ p.u.}$

Baz Akımı : $\rightarrow$ Bizim için önemli olan bir diğer büyüklük güç akımı.

Akımın pu üzerinden değeri bulmak için

$$I_s = \frac{S_B}{\sqrt{3} U_B} \Rightarrow \underline{I_B} = \frac{30.000}{\sqrt{3} \cdot 13,2} = 1312 \text{ A}$$

Yük Akımı : (Gerçek değer)

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \phi} \Rightarrow \underline{I_L} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot 12,8 \cdot 0,8} = 1128 \angle 36,9^\circ \text{ A}$$

Etiket değeri 13,2 olması karşın motor 12,8 kV gerilim altında çalışmaktadı.

$$E_m'' = V_t - j I_L \cdot X_d''$$

78c

$$= 0,97 + j0 - j0,2 (0,69 + j0,52)$$

$$E_m'' = 0,97 + j0 - j0,138 + 0,104$$

$$E_m'' = 1,074 - j0,138 \text{ p.u.}$$

Motorun subtransient akımı p.u olarak

$$I_m'' = \frac{E_m''}{X_{d''}^{\text{motor}}} = \frac{1,074 - j0,138}{j0,2} = \frac{1,082 \angle -7,32^\circ}{0,2 \angle 90^\circ} = 5,41 \angle -97,32^\circ \text{ p.u.}$$

$$I_m'' = -0,69 - j5,37 \text{ p.u.}$$

Gerçek değer ise :

$$I_m'' = \frac{1312}{\text{BA}} (-0,69 - j5,37) = -905 - j7050 \text{ A}$$

Ayrıca noktasından Geçen Akım : Ayrıca noktasından geçen her iki akım değerinin toplamıdır, dolayısıyla,

$$I_f'' = I_g'' + I_m''$$

$$= 0,69 - j2,71 - 0,69 - j5,37 = -j8,08 \text{ p.u.}$$

Ayrıca noktasından Geçen Akımın Gerçek değeri :

$$I_f'' = 1312 \cdot (-j8,08) = -j10600 \text{ A.}$$

*** Ayrıca noktasında Subtransient akım Thevenin Teoremi ile de bulunabilir.

Senkron makinelerin reaktansları için schrit değerler kullanıldığından bunlar lineer kabul edilir.

Ayrıca eşnasındaki eşdeğer devreye Thevenin Teoremi uygulanırsa :

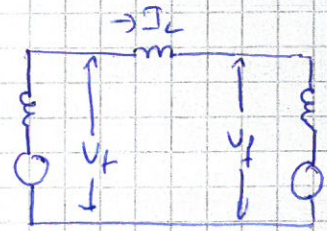
Per-unit Cinsinden yük akımı ise;

786

$$I_L = \frac{1128}{1312} = 0,86 \angle 36,9^\circ \text{ p.u} = \underline{0,69 + j0,52 \text{ p.u}}$$

Generatör için V_t gerilim:

$$V_t = V_f + I_L \cdot j0,10$$



$$V_t = 0,97 + (0,69 + j0,52) \cdot j0,10$$

$$V_t = 0,97 + j0,069 - 0,052$$

$$V_t = 0,918 + j0,069 \text{ p.u}$$

Generatörün içi gerilimi: (subtransient)

$$E_s'' = V_t + jI_L \cdot X_L$$

$$E_s'' = 0,918 + j0,069 + j0,2(0,69 + j0,52)$$

$$E_s'' = 0,918 + j0,069 + j0,138 - 0,104$$

$$E_s'' = 0,814 + j0,207 \text{ p.u}$$

Subtransient akım da p.u cinsinden:

Anıza anında
generatör tarafından
emilene rekabasına
akarak olan akım

$$I_s'' = \frac{E_s''}{\frac{j0,2 + j0,1}{X_g'' + X_{d1s}}} = \frac{0,814 + j0,207}{j0,3} = \frac{0,839 \angle 14,26^\circ}{0,3 \angle 90^\circ} = 2,80 \angle -75,74^\circ \text{ p.u}$$

$$I_s'' = \underline{0,69 - j2,71 \text{ p.u}}$$

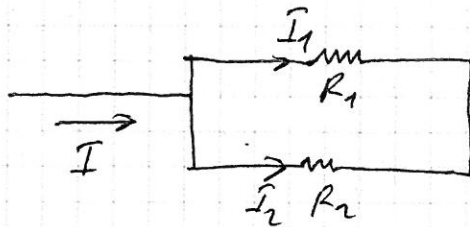
Gerçek değer ise:

$$I_s'' = \underline{1312 \cdot (0,69 - j2,71)} = 905 - j3550 \text{ A}$$

Motor için:

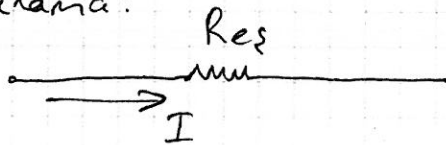
$$V_t = V_f = 0,97 \angle 0^\circ \text{ p.u}$$

→ Anıza rekabasının gerilimi motor ve
gerilimine eşittir.



$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I \quad \text{veya} \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$$

Açıklama:



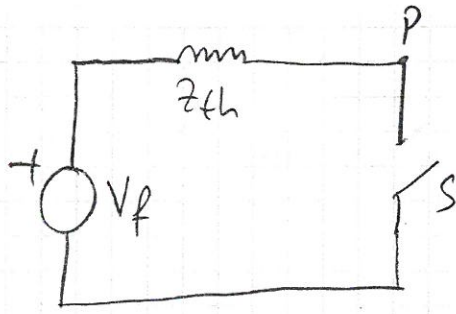
$R_{eq} \cdot I$ olur.

$$R_1 \cdot I_1 = R_{eq} \cdot I \quad I_1 = \frac{R_{eq}}{R_1} \cdot I$$

$$I_1 = \frac{\frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)} \cdot \frac{1}{R_1}}{1} \cdot I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I \quad \text{olur.}$$

$$R_2 \cdot I_2 = R_{eq} \cdot I \quad I_2 = \frac{R_{eq}}{R_2} \cdot I$$

$$I_2 = \frac{\frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)} \cdot \frac{1}{R_2}}{1} \cdot I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I \quad \text{olur.}$$



Arıza noktasının arıza öncesiindeki gerilimi, thevenin eşdeğer gerilimine V_{th} yazılır.

elde edilir. $V_{th} = V_f$

Z_{th} : e.m.k'ler kısa devre edilerek P arıza noktası ile referans arasında hesaplanan empedanstır. Böylece yukarıda elde edilen eşdeğer devrede S anahtarının kapatılması ile üç farklı arıza gösterilebilir. Subtransient Akım:

$$I_f'' = \frac{V_f}{Z_{th}}$$

Şeklinde hesaplanır.

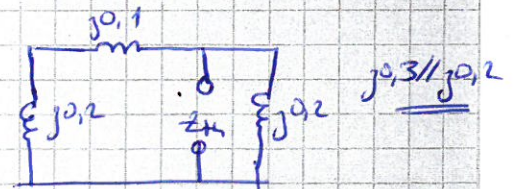
Problem 2: Yukarıdaki Problemi Thevenin Teoremini kullanarak yeniden görelim.

Çözüm:

Arıza noktasındaki gerilim referans alırsak;

$$V_f = \frac{12,8}{13,2} = 0,97 \angle 0^\circ \text{ p.u.}$$

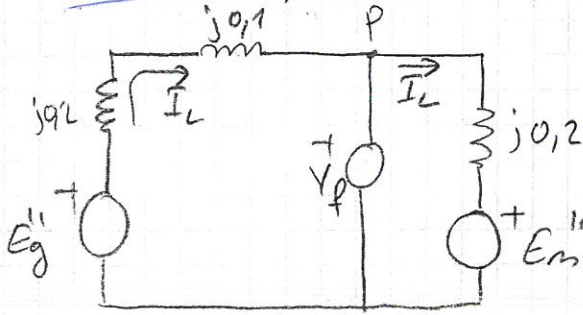
$$Z_{th} = \frac{j0,3 \times j0,2}{j0,3 + j0,2} = j0,12 \text{ p.u.}$$



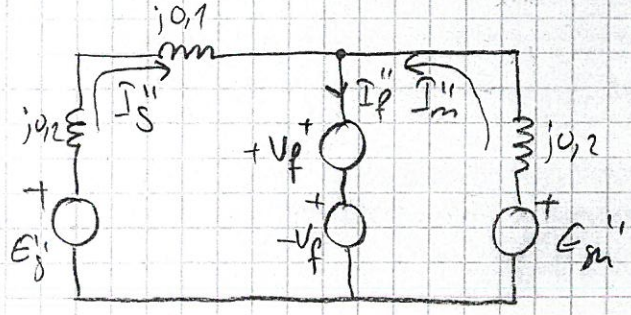
$$I_f'' = \frac{V_f}{Z_{th}} = \frac{0,97 \angle 0^\circ}{j0,12} = \underline{\underline{-j8,08 \text{ p.u.}}}$$

bulunur.

iki makinenin arızadan sonraki toplam akımlarını
bulmak için; arızadan önce makinelerde akan akımlara
arızadan sonra makinelerde meydana gelen akımların ilave
edilmesi gerekir. Bunun için üzerinde açıklamak isterseniz;



Arızadan önce



Arızadan sonra

Arızadan önce : E_g'', E_m'' ve V_f } kısa devre edilerek
Arızadan sonra : V_f } Devreye Superpozisyon
teoremi uygulanırsa

Gen. ve Motor }
kathları engellenen
ile ters orantılı,
olacaktır

Generatörden gelen arıza akımı : $-j8,08 \cdot \frac{50,2}{50,5} = -j3,23 \text{ p.u.}$
Motardan gelen arıza akımı : $-j8,08 \cdot \frac{50,3}{50,5} = -j4,85 \text{ p.u.}$

Thevenin Teoremi ile bulunan akımlar.

Bulunan değerler dikkate alınırsa sonuçların daha önce hesaplanan değerlerden farklı olduğu
gösterilecektir.
Bunun nedeni
pi akımının
resmi katılma
nedenidir.

Makinelerde subtransient akımların toplamını bulmak
için arızadan önceki I_L akımı Thevenin ^{teoremi} ile elde
edilen akımlara ilave edilir.

$$I_g'' + I_L = I_g'' = 0,69 + j0,52 - j3,23 = 0,69 - j2,71 \text{ p.u.}$$

$$I_m'' - I_L = I_m'' = -0,69 - j0,52 - j4,85 = -0,69 - j5,35 \text{ p.u.}$$

I_L akımı I_g'' ile aynı yönde I_m'' ile zıt yönde olduğuna
özellikle dikkat edilmelidir.

787

Gerçek Akımlar : Daha önce elde edildiği gibi bulunur.

$$I_g'' = 1312 (0,69 - j2,71) = 905 - j3550 A$$

$$I_m'' = 1312 (-0,69 - j5,35) = -905 - j7050 A$$

$$I_f'' = I_g'' + I_m'' = -j10600 A$$

Arıza meydana geldiğinde genellikle, her hat üzerindeki akımın hesaplanmasında yük akımı ihmal edilir. Thevenin metodunda yük akımının ihmal edilmesinin anlamı; hatta arıza noktasına doğru akan akım bileşenlerine her bir hattaki arıza öncesi akımın ilave edilmemesi anlamındadır.

İç gerilimlerin kullanıldığı, metodda E_g'' , E_m'' , gerilimleri arıza öncesi gerilim V_f gerilimine eşit kabul edilirse, arıza öncesi yük akımlarını ihmal eder. Bu durum arızadan önce sebebin hiçbir yerinde akımın akmaması demektir. (halidir.)

2. Problemler yük akımlarının ihmal edilmesi halinde aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

$$\text{Generatöre gelen arıza akımı: } 3,23 \cdot 1312 = 4240 A$$

$$\text{Motora " " " : } 4,85 \cdot 1312 = 6360 A$$

$$\text{Arıza akımı : } 8,08 \cdot 1312 = 10600 A$$

* Bu sonuçlardan, arıza noktasındaki akımın yük akımına bağlı olmadığını, fakat arızayı besleyen generatör ve motor kollarının farklı olduğunu gösterir.

1. Problemlerde yük akımları hesaba katıldığında ise:

$$\text{Generatöre gelen arıza akımı: } 1905 - j3550 = 3660 A$$

$$\text{Motora " " " : } 1905 - j7050 = 7700 A$$

elde edilmiştir.

78 h
Generatör ve motor akımlarının mutlak değerlerinin aritmetik toplamı, generatör ve motordan gelen akımların aynı farda olmamasından dolayı arıza akımına eşit değildir.

Genel Sonuçlar

A- İa gerilimleri kullanılarak yapılan hesaplarda:

1°) Yük akımı ihmal edilirse;

$$E_g'' = E_m'' = \dots = V_f$$

alınmış olur. Boşta çalışmada arıza meydana gelmesi demektir.

2°) Yük akımı ihmal edilmezse;

E_g'' ; E_m'' ve V_f hesaplanır.

$$E_g'' = V_f + jI_L \cdot X_d''$$

$$E_m'' = V_f - jI_L \cdot X_d''$$

B- Thevenin Teoremi ile Görünümde

1°) Yük akımı ihmal edilirse;

I_g'' , I_m'' kathoları farklı olmakla beraber

I_f'' akımı değişmez.

2°) Yük akımı dikkate alınır sa

Süperpozisyon teoremi uygulanır. Arızadan önceki akımlar ^{or ~~neden~~} sonraki akımlara yönleriyle dikkate alınarak ilave edilmek suretiyle sonuç elde edilir.

Ekibölgi

$$i' = i'_{öz} + i'_{zor}$$

$$i'_{öz} = A \cdot e^{-R/L \cdot t}$$

$$i'_{zor} = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cdot \sin(\omega t + \alpha - \theta)$$

$$\tan \theta = \frac{\omega L}{R}$$

$$i'(0) = 0 \quad \text{iken}$$

$$i'(t) = A e^{-R/L \cdot t} + \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cdot \sin(\omega t + \alpha - \theta)$$

$$A = - \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cdot \sin(\alpha - \theta)$$

olur. 0 halde;

$$i' = \frac{V_{max}}{|Z|} \left(\underbrace{\sin(\omega t + \alpha - \theta)}_{\text{I. terim}} - \underbrace{e^{-R/L \cdot t} \cdot \sin(\alpha - \theta)}_{\text{II. terim}} \right)$$

Burada;

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad \text{ve} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$$