

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ IEC 60909'A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI -1

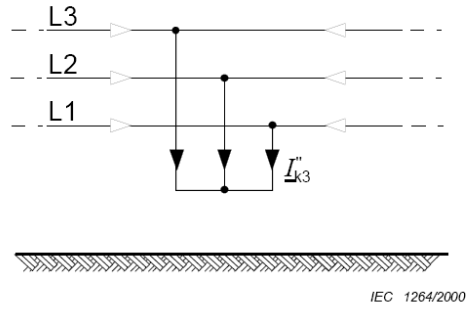


Figure 3a – Three-phase short circuit

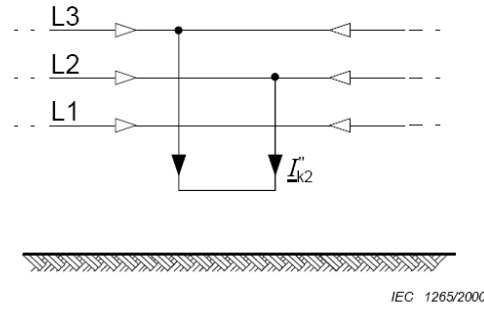


Figure 3b – Line-to-line short circuit

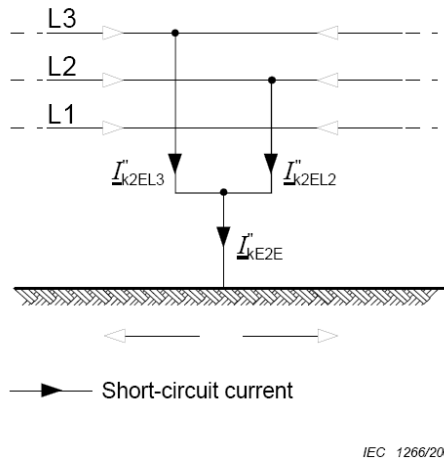


Figure 3c – Line-to-line short circuit with earth connection

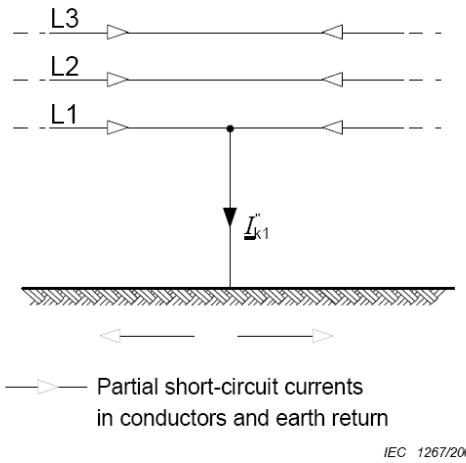


Figure 3d – Line-to-earth short circuit

NOTE The direction of current arrows is chosen arbitrarily.

Figure 3 – Characterization of short circuits and their currents

Şekil – 10.6-Kısa devrelerin ve akımlarının tanımlamaları(IEC-60909-0)

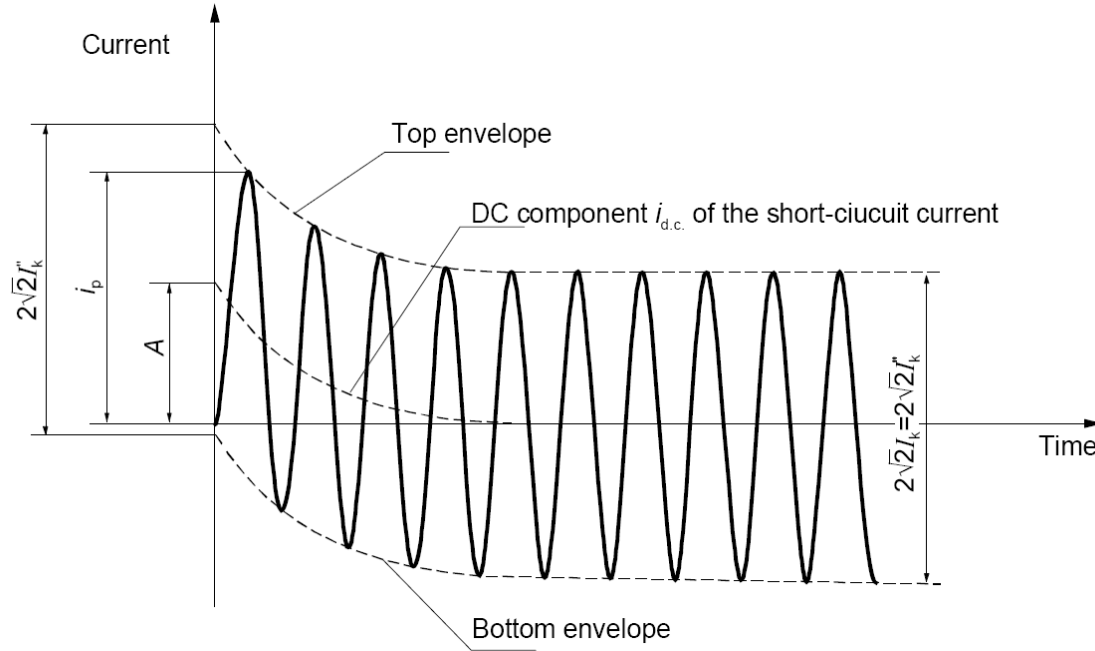
- a) Üç faz kısa devre
- b) Faz-faz kısa devre

- c) Toprak bağlantılı Faz-faz kısa devre (İki faz-toprak kısa-devre)
- d) Faz-toprak kısa devre

→ : Kısa devre akımı
→ : İletkenlerdeki ve toprak dönüşündeki kısmi kısa-devre akımları

Akımların yönleri rasgele seçilmiştir. Şekil-10.6’da gösterilen dengeli ve dengesiz kısa-devreler için simetrik-bileşenlerin uygulanması ile kısa-devre akımlarının hesaplanması faydalı olur.

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909’A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI -2



I_k'' : Başlangıç simetrik kısa devre akımı

I_p : Tepe kısa-devre akımı

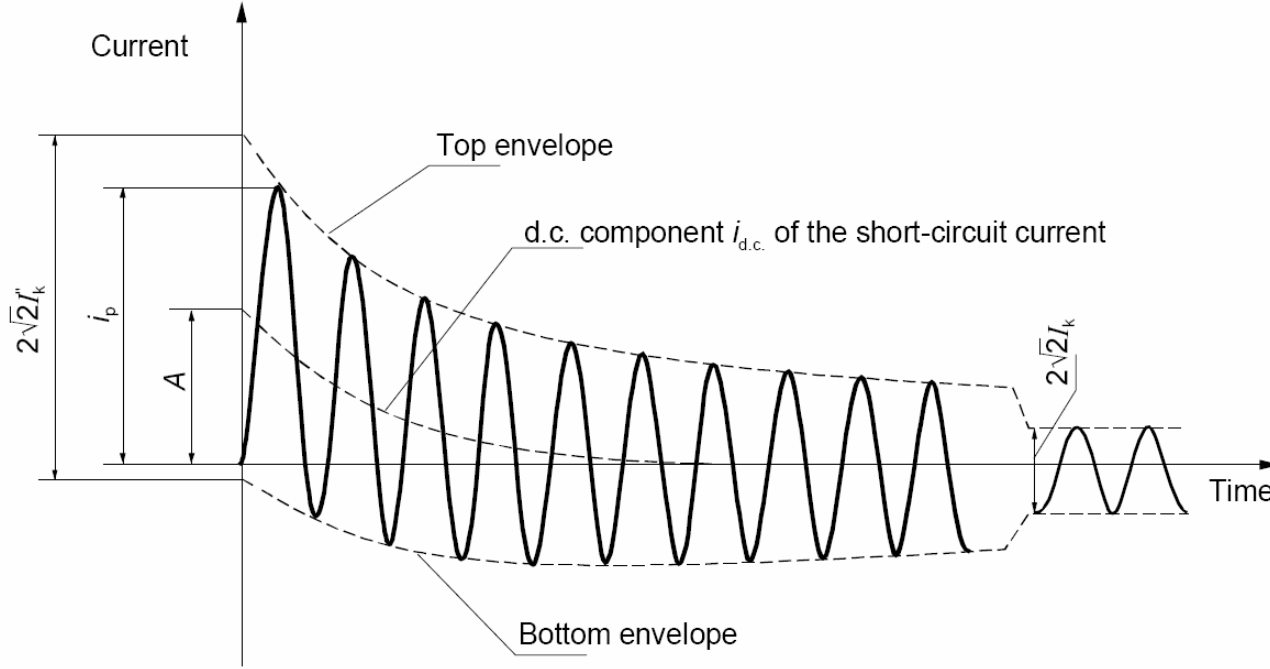
I_k : İstikrarlı hal kısa devre akımı

$i_{d.c.}$: Kısa devre akımının d.c. bileşeni

A : d.c. bileşen $i_{d.c.}$ 'nin başlangıç değeri

Şekil – 10.7- Sabit a.c. bileşenli bir generatörden uzak kısa-devrenin kısa-devre akımı (şematik gösterim)-IEC60909-0

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909'A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI -3



I_k'' : Başlangıç simetrik kısa devre akımı

I_p : Tepe kısa-devre akımı

I_k : İstikrarlı hal kısa devre akımı

$i_{d.c.}$: Kısa devre akımının d.c. bileşeni

A : d.c. bileşen $i_{d.c.}$ 'nin başlangıç değeri

Şekil – 10.8-Azalan a.c. Bileşenli generatöre yakın kısa-devrenin kısa-devre akımı (Şematik gösterim)-IEC 60909-0

IEC-60909 metodu kullanılırken , iki farklı olasılık mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır :

1) Generatörden Uzak Kısa devre : Kısa devre akımları , azalan bir alternatif bileşene sahip olmadığı durumlardır. Bu , genelde alçak gerilim sistemlerinde olur.

2) Generatöre Yakın Kısa Devre : Kısa devre akımları , azalan bir alternatif bileşene sahip olduğu durumlardır. Bu genelde yüksek gerilim sistemlerinde olur.

Bu iki durum arasındaki temel farklılıklar :

- Generatörden uzak kısa devreler için :

Başlangıç (I_k'') , istikrarlı hal (I_k) ve kesme (I_b) kısa devre akımları eşittir ($I_k'' = I_k = I_b$)

Doğru bileşen ($\underline{Z}_{(1)}$) ve ters bileşen ($\underline{Z}_{(2)}$) empedansları eşittir. ($\underline{Z}_{(1)} = \underline{Z}_{(2)}$)

Ancak, asenkronmotorlar ilk 30 ms için kısa devre akımına %30'a kadar iştirak edebilirler. Bu durumda I_k'' , I_k ve I_b birbirine eşit olmazlar

IEC 60909-0 : Kısa devre akımlarının bir bütün olarak hesaplanması

akımları , kısa-devre noktasında kısa-devrenin başlangıcından sonuna kadar,

kısa-devrenin başlangıcında gerilimin anlık değerine karşılık gelen , zamanın bir fonksiyonu olarak verecektir. (Şekil – 10.7 ve 10.8) Çoğu pratik durumlarda, bu şekilde bir belirleme gerekli değildir. Sonuçların uygulamasına bağlı olarak, bir kısa-devre oluşumunu takip eden kısa-devre akımının simetrik a.c. bileşeninin r.m.s. değerini ve i_p tepe-noktası değerininin bilinmesine ilgi duyulur.

i_p 'nin en yüksek değeri azalan periyodik olmayan bileşenin zaman sabitine (Z_k kısa-devre empedansının R/X veya X/R oranındadır) ve f frekansına bağlıdır, ve eğer kısa-devre "0" gerilmde oluşur ise ulaşılır, i_p aynı zamanda kısa-devre akımının simetrik a.c. bileşeninin azalmasına da bağlıdır.

Gözlü şebekelerde bir kaç doğru-akım zaman sabitleri vardır. Bu yüzden ki, i_p ve $i_{d.c.}$ 'nin hesaplanması için kolay bir metod vermek mümkün değildir.

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – **IEC 60909'A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI -4**

● IEC 60909-0 'a GÖRE HESAPLAMA VARSAYIMLARI :

Max. ve Min. Kısa-devre akımlarının hesaplanması aşağıdaki basitleştirmelere dayandırılır :

- a) Kısa-devre süreci için, ilgili kısa-devrenin tipinde herhangi bir değişikliğin olmayacağı kabul edilir.(Üç-faz kısa devre üç-faz, faz-toprak kısa-devre faz-toprak olarak kalacağı öngörülür)
- b) Kısa-devre süreci için, ilgili şebekede herhangi bir değişikliğin olmayacağı kabul edilir.
- c) Transformatörlerin empedansı, kademe-değiştirici ana pozisyonda iken referans alınır. Bu kabul edilebilir, çünkü şebeke transformatörleri için K_T empedans düzeltme faktörü ortaya konulur.
- d) Ark dirençleri hesaba katılmaz
- e) Tüm hat kapasitansları ve şönt admitanslar ve dönmeyen(statik) yükler (sıfır-bileşen sistemdekiler hariç) ihmal edilir.

Gözönünde tutulan güç sistemleri için , bu varsayımların tam anlamıyla doğru olmamasına rağmen; hesaplamaların sonucu , genellikle kabul edilebilir hassasiyete sahip sonuçları verme amacını yerine getirir.

Farklı gerilim seviyelerindeki sistemlerde, kısa-devre akımlarını hesaplarken empedans değerlerini bir gerilim seviyesinden diğerine , genellikle kısa-devre akımının hesaplanacağı gerilim seviyesine, dönüştürmek gerekir. Per-unit veya benzer sistemler için bu dönüştürme gerekmez, yeter ki bu sistemler uyumlu olsun.

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909 'A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI - 5

● Hesaplama Prosedürü :

- 1) Arıza noktasındaki eşdeğer gerilimi hesaplayın. $\dot{c} U_n / \sqrt{3}$
- 2) Arıza noktasının üzerindeki, kaynağa doğru eşdeğer doğru bileşen, ters bileşen ve sıfır bileşen empedansları belirleyin ve toplayın.
- 3) Simetrik bileşenleri kullanarak başlangıç kısa devre akımını hesaplayın .
- 4) Başlangıç kısa devre akımının (I_k'') r.m.s. Değeri bilindikten sonra; I_p , I_b , $i_{d.c.}$ ve I_k hesaplanabilir.

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909'A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI - 6

● KISA-DEVRE NOKTASINDA EŞDEĞER GERİLİM KAYNAĞI

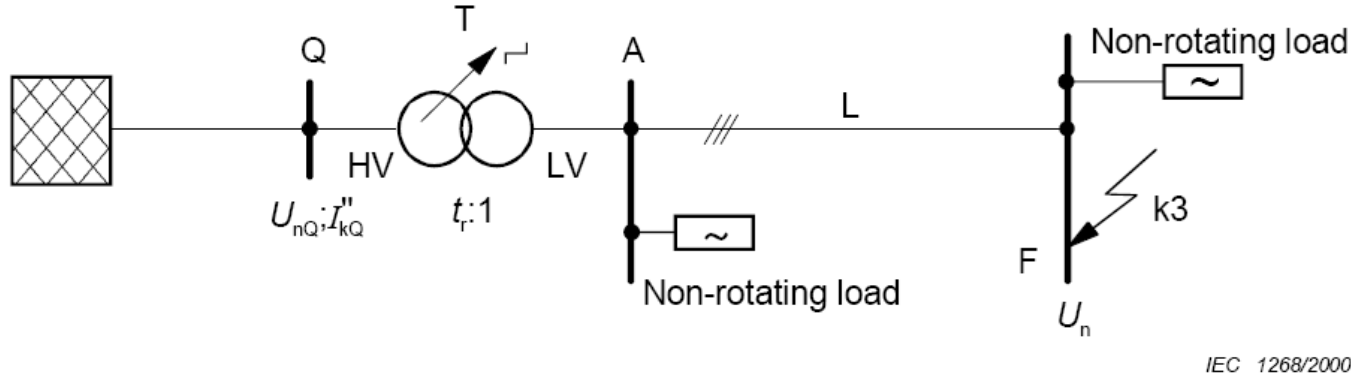
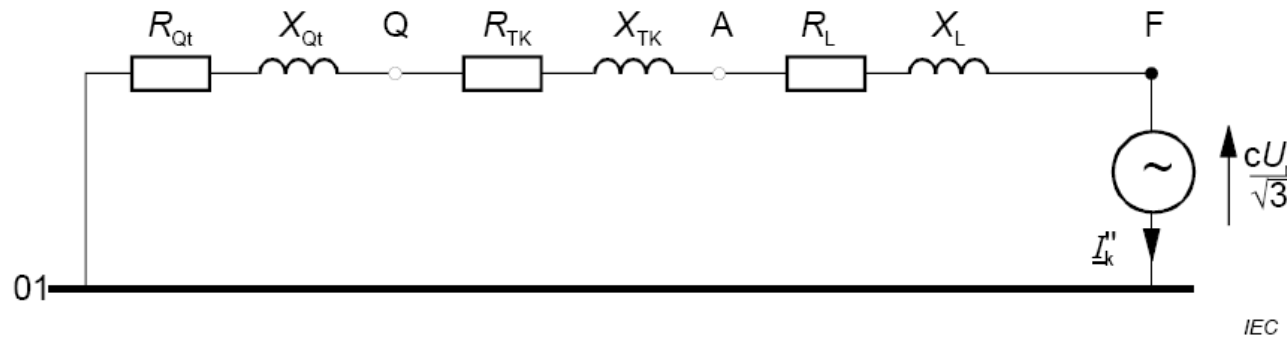


Figure 4a – System diagram



Şekil – 10.9- Eşdeğer gerilim kaynağı için prosedür ile uyumlu I_k'' başlangıç simetrik kısa-devre akımının hesaplanması için gösterim

Hesaplama için kullanılan metod, kısa-devre noktasına bir eşdeğer gerilim kaynağı konulması temeline dayanmaktadır. Eşdeğer gerilim kaynağı, sistemin tek aktif voltajıdır. Tüm sistem fiderleri, senkron ve asenkron makineler iç empedansları ile değiştirilir.

Şekil-10.9 'da F kısa-devre noktasında eşdeğer gerilim kaynağının bir örneği verilmiştir. Bu gerilim kaynağı, yük altında kademe değiştiricili veya değil bir transformatör tarafından beslenen sistemin tek aktif voltajıdır. Diğer tüm aktif gerilimler "0" farzedilmiştir. Sistem fideri Z_{Qt} iç empedansı ile belirtilmiş ve transformatörün AG kısmına transfer edilmiştir. Transformatör de iç empedansı ile AG kısama transfer edilmiştir. Şönt admitanslar, (örneğin hat kapasitansları ve pasif yükler) hesaba katılmamıştır.

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909’A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI -7

Table 1 – Voltage factor c

Nominal voltage U_n	Voltage factor c for the calculation of	
	maximum short-circuit currents $c_{\max}^{1)}$	minimum short-circuit currents c_{\min}
Low voltage 100 V to 1 000 V (IEC 60038, table I)	1,05 ³⁾ 1,10 ⁴⁾	0,95
Medium voltage >1 kV to 35 kV (IEC 60038, table III)	1,10	1,00
High voltage ²⁾ >35 kV (IEC 60038, table IV)		
¹⁾ $c_{\max}U_n$ should not exceed the highest voltage U_m for equipment of power systems. ²⁾ If no nominal voltage is defined $c_{\max}U_n = U_m$ or $c_{\min}U_n = 0,90 \times U_m$ should be applied. ³⁾ For low-voltage systems with a tolerance of +6 %, for example systems renamed from 380 V to 400 V. ⁴⁾ For low-voltage systems with a tolerance of +10 %.		

Tablo – 10.1- Gerilim Faktörü, “ c ” (IEC 60909-0)

Eğer hiçbir ulusal standart yok ise, tablo-10.1’e göre bir “ c ” gerilim faktörü seçmek uygundur.

c_{\max} : Maksimum kısa devre akımlarının hesaplanmasında kullanılan gerilim faktörüdür.

c_{\min} : Minimum kısa devre akımlarının hesaplanmasında kullanılan gerilim faktörüdür.

- Alçak Gerilimde

(100 – 1000 V arası) c_{\max} : 1,05

(IEC 60038 Tablo-I) c_{\max} : 1,10

c_{\min} : 0,95

- Orta Gerilimde (>1 kV – 35 kV arası)(IEC 60038, Tablo III)

c_{\max} : 1,10 , c_{\min} : 1,00

- Yüksek gerilimde (>35 kV) (IEC 60038, Tablo IV)

$$c_{\max} : 1.1 , c_{\min} : 1.0$$

Notlar :

- 1) $c_{\max} \cdot U_n$ değeri, güç sistemlerinin ekipmanı için en yüksek gerilim U_m 'yi aşmamalıdır.
- 2) Eğer, nominal voltaj tanımlanmamış ise $c_{\max} \cdot U_n = U_m$ veya $c_{\min} \cdot U_n = 0,90 \times U_m$ uygulanmalıdır.
- 3) Bir + %6 'lık toleranslı alçak-gerilim sistemleri içindir, örneğin 380 V 'dan 400 V'a kadar isimlendirilen sistemler
- 4) Bir + %10 'luk toleranslı alçak-gerilim sistemleri içindir,

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909’A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI -8

● SİMETRİK BİLEŞENLERİN UYGULANMASI (1) :

- Doğru-bileşen akımı $\underline{I}_{(1)}$;
- Ters-bileşen akımı $\underline{I}_{(2)}$;
- Sıfır-bileşen akımı $\underline{I}_{(0)}$;

Eğer L_1 hat iletkeni referans olarak alınır, hat akımları :

$$\underline{I}_{L1} = \underline{I}_{(1)} + \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)}$$

$$\underline{I}_{L2} = \underline{a}^2 \underline{I}_{(1)} + \underline{a} \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)}$$

$$\underline{I}_{L3} = \underline{a} \underline{I}_{(1)} + \underline{a}^2 \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)}$$

$$\underline{a} = -\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}\sqrt{3}; \quad \underline{a}^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{1}{2}\sqrt{3}$$

$$a = 1 \angle 120^\circ$$

Üç fazlı a.c. sistemlerde , dengeli ve dengesiz kısa-devrelerden sonuçlanan akım değerlerinin hesaplanması, simetrik bileşenlerin kullanılması ile kolaylaştırılır.

Bu metodu kullanarak, her bir hat iletkenindeki akımlar üç simetrik bileşenler sisteminin akımları üst üste koyularak bulunur. Bunlar :

- Doğru-bileşen akımı $\underline{I}_{(1)}$;
- Ters-bileşen akımı $\underline{I}_{(2)}$;
- Sıfır-bileşen akımı $\underline{I}_{(0)}$;

Eğer L_1 hat iletkeni referans olarak alınır, hat akımları :

$$\underline{I}_{L1} = \underline{I}_{(1)} + \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)}$$

$$\underline{I}_{L2} = \underline{a}^2 \underline{I}_{(1)} + \underline{a} \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)}$$

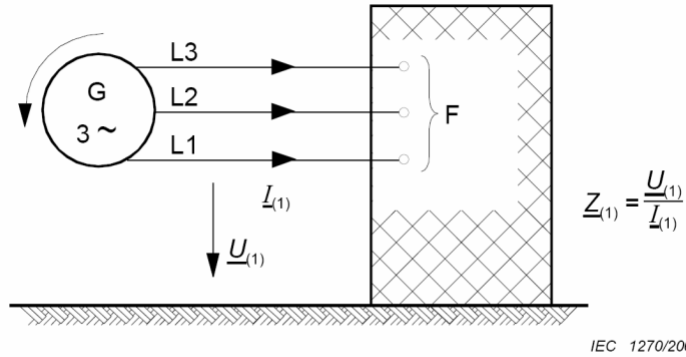
$$\underline{I}_{L3} = \underline{a} \underline{I}_{(1)} + \underline{a}^2 \underline{I}_{(2)} + \underline{I}_{(0)}$$

$$\underline{a} = -\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}\sqrt{3}; \quad \underline{a}^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{1}{2}\sqrt{3}$$

$$a = 1 \angle 120^\circ$$

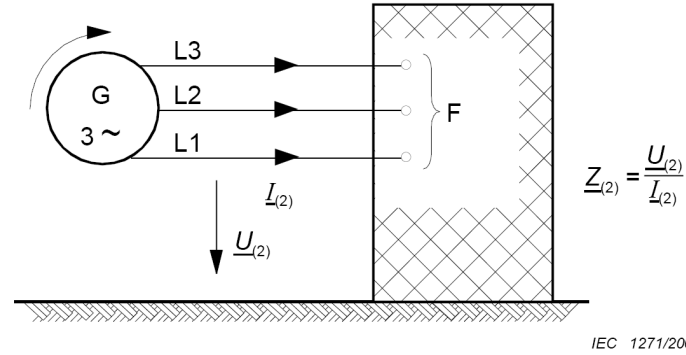
10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909'A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI -9

● SİMETRİK BİLEŞENLERİN UYGULANMASI (2) :



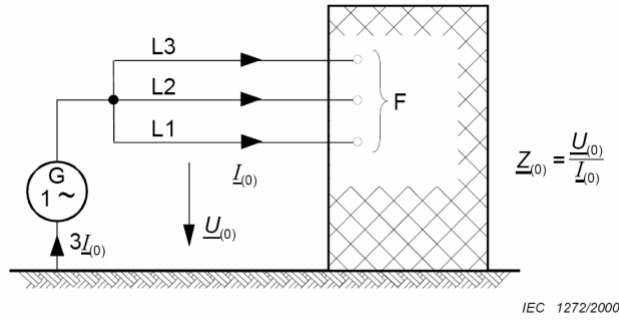
a

Figure 5a – Positive-sequence short-circuit impedance $Z_{(1)}$



b

Figure 5b – Negative-sequence short-circuit impedance $Z_{(2)}$



c) **Figure 5c – Zero-sequence short-circuit impedance $Z_{(0)}$** **Şekil- 10.10- Bir üç fazlı a.c. Sistemin Kısa-devre F noktasındaki kısa-devre empedansları (IEC 60909-0)**

- a) **$Z_{(1)}$ doğru-bileşen kısa-devre empedansı**
- b) **$Z_{(2)}$ ters-bileşen kısa-devre empedansı**
- c) **$Z_{(0)}$ sıfır-bileşen kısa-devre empedansı (IEC 60909-0)**

Üç simetrik bileşenin her biri kendi empedansına sahiptir :

$$\underline{Z}_{(1)} = \frac{\underline{U}_{(1)}}{\underline{I}_{(1)}}$$

doğru-bileşen empedansı ,

$$\underline{Z}_{(2)} = \frac{\underline{U}_{(2)}}{\underline{I}_{(2)}}$$

ters-bileşen

empedansı ve $\underline{Z}_{(0)} = \frac{\underline{U}_{(0)}}{\underline{I}_{(0)}}$ sıfır-bileşen empedansı

Kısa-devre F noktasındaki doğru-bileşen kısa-devre empedansı $\underline{Z}_{(1)}$, şekil-10.10-a'ya göre doğru-bileşen faz sırası gerilimlerinin bir simetrik sistemi , kısa-devre F noktasına uygulandığı zaman ve tüm senkron ve asenkron makineler dahili empedansları ile yer değiştirildiğinde elde edilir.

Kısa-devre F noktasındaki ters-bileşen kısa-devre empedansı $\underline{Z}_{(2)}$, şekil-10.10-b'ye göre ters-bileşen faz sırası gerilimlerinin bir simetrik sistemi, kısa-devre F noktasına uygulandığı zaman elde edilir.

Doğru ve ters-bileşen empedanslarının değerleri, ancak dönen-makineler durumunda birbirinden farklıdır. Generatörden uzak kısa-devrelerin hesaplanmasında genelde $\underline{Z}_{(2)} = \underline{Z}_{(1)}$ alınır.

Kısa-devre F noktasındaki sıfır-bileşen kısa-devre empedansı $\underline{Z}_{(0)}$, şekil-10.10-c'ye göre eğer bir a.c. gerilim kaynağı üç kısa-devre yapılmış hat iletkeni ile geri-dönüş birleşme yeri arasında uygulandığında elde edilir.

Orta ve yüksek gerilim sistemlerinde dengesiz kısa-devre akımları hesaplandığı zaman ve kısa-devre noktasına bir eşdeğer gerilim kaynağı uygulanırken, 1,4 ‘den yüksek bir toprak arıza faktörlü (Bknz.IEC 60071-1)nötrü izole sistemler, rezonans topraklı sistemler ve nötrü topraklı sistemler için hatların sıfır-bileşen kapasitansları ve sıfır-bileşen şönt admitansları gözönünde bulundurulmalıdır.

Alçak-gerilim şebekelerinin hatlarının (havai hatlar ve kablolar) kapasitansları , doğru-ters ve sıfır bileşen sisteminde ihmal edilebilir.

Nötrü topraklı sistemlerde, hatların sıfır-bileşen kapasitanslarını ihmal etmek , kısa-devre akımlarının gerçek değerlerinden çok az

yüksek sonuçlar elde edilmesine yol açar. Sapma, şebekenin konfigürasyonuna bağlıdır.

Özel durumların dışında, kısa-devre noktasındaki sıfır-bileşen empedansları , doğru-bileşen ve ters-bileşen kısa-devre empedanslarından farklıdır.

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909 'A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI - 10

● MAKSİMUM KISA-DEVRE AKIMLARI

- Bir ulusal standart yok ise, tablo 10.1'e göre c_{max} gerilim faktörü uygulanmalıdır.
- Kısa-devre noktasındaki kısa-devre akımını maksimum değerine ulaştıran, güç santrallerinin ve sistem fiderlerinin maksimum katılımı

ve sistem konfigürasyonu seçilir veya kısa-devre akımını kontrol etmek için şebekenin kabul edilir bölümlendirilmesi seçilir.

- Z_Q , harici sistemlerin eşdeğer empedanslarını belirtmek için kullanıldığı zaman, sistem fiderlerinden maksimum kısa-devre akımı iştirakine karşılık gelen minimum kısa-devre empedansı kullanılmalıdır.
- Motorlar dahil edilmelidir.
- Hatların (havai hatlar ve kablolar) R_L direnci, 20 °C ‘deki bir sıcaklık için hesaplanmalıdır.

10- KISA DEVRE AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909 ’A GÖRE HESAPLAMA ESASLARI - 11

● MINİMUM KISA DEVRE AKIMLARI :

- Tablo 10.1’e göre c_{min} gerilim faktörü uygulanmalıdır.
- Kısa-devre noktasındaki kısa-devre akımını minimum değerine ulaştıran, güç santrallerinin ve sistem fiderlerinin minimum katılımı ve sistem konfigürasyonu seçilir.

- Motorlar ihmal edilecektir.
- Hatların (havai hatlar ve kablolar, hat iletkenleri, ve nötr iletkenleri)

R_L dirençleri daha yukarı bir sıcaklık için hesaplanacaktır :

$$R_L = [1 + \alpha(\theta_e - 20^\circ\text{C})] \cdot R_{L20}$$

R_{L20} : 20°C 'deki direnç

θ_e : Kısa-devre süresinin sonundaki iletken sıcaklığı (C derece)

α : Bakır,alüminyum ve alüminyum alaşımı için bir çok pratik amaçlarda kullanılan yeterli hassasiyette $0,004/\text{K}$ 'ye eşit bir faktördür

Not : θ_e için, örneğin IEC 60865-1, IEC 60949 ve IEC 60986'ya bakınız.