

Sadeleştirilmiş bir şebeke şeması ; bir sabit AC güç kaynağını, bir anahtarı, anahtarın üstündeki empedansı temsil eden Z_{sc} 'yi ve bir yük empedansı Z_s 'i kapsar . (Şekil 10.1)

Gerçek bir sistemde, kaynak empedansı kısa-devre noktasından görülen, farklı gerilim seviyelerindeki (YG, AG) tüm ekipmanların empedanslarından müteşekkildir. Bunların içinde seri bağlı , farklı kesitlerde ve uzunluklarda iletkenler de bulunur.

Şekil 10.1'de, anahtar kapatıldığında ve arıza yok ise devreden I_s gibi bir akım akar. A ve B arasında bir kısa-devre arızası oluştuğunda , bu iki nokta arasında ihmal edilebilir bir empedans vardır, çok yüksek bir I_{sc} kısa-devre akımı devreden akar, bu akım yalnızca Z_{sc} empedansı ile sınırlanır.

I_{sc} , transient şartlarında , Z_{sc} 'yi oluşturan X reaktansı ve R direncine bağlı olarak gelişir.

$$Z_{sc} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Güç dağıtım şebekelerinde, reaktans $X = L \omega$ olup, genellikle R direncinden çok daha yüksektir ve R/X oranı 0.1 ile 0.3 arasındadır.

Düşük değerler için , oran gerçekte $\cos \varphi$, 'ye eşittir:

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

Ancak, transient koşullarında , kısa-devre akımının gelişimi arıza noktası ile generatör arasındaki mesafeye bağlı olarak gelişir. Bu mesafenin fiziksel olması zorunlu değildir. Bu, generatör empedanslarının , generatör ile arıza noktası arasındaki empedanstan daha küçük olduğu anlamına gelir.

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ HESAPLANMASI – GİRİŞ ,GÜÇ SİSTEMİ ARIZALARI-8

● GENERATÖRDEN UZAK ARIZA (1)

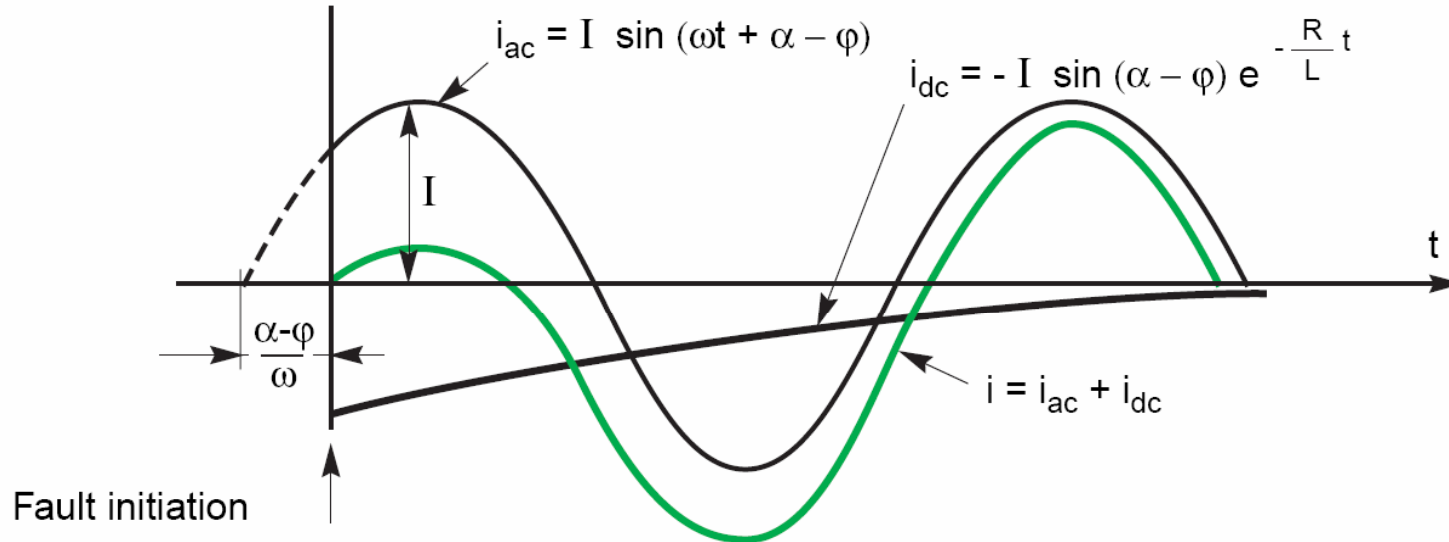


Fig. 7 : Graphical presentation and decomposition of a short-circuit current occurring far from the generator.

Şekil 10.2 – Generatörden uzak oluşan kısa-devre akımının

grafiksel gösterimi ve analizi

Şekil 10.2 “ i ” ‘nin i_{ac} ve i_{dc} bileşenlerinin cebirsel toplamının grafiksel derlemesini gösterir.

Fault initiation : Arıza başlangıcıdır.

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ HESAPLANMASI – GİRİŞ ,GÜÇ SİSTEMİ ARIZALARI-9

- GENERATÖRDEN UZAK ARIZA (2)
- Bu, en sık oluşan durumdur.
- Transient şartlarında reaktör-direnç devresine uygulanan voltaj :

$$e = E\sqrt{2} \sin (\omega t + \alpha)$$

- Devreden geçen i akımı iki bileşenin toplamıdır : $i = i_{ac} + i_{dc}$

- İlk (i_{ac}) bileşeni alternatif ve sinüzoidaldir :

$$i_{ac} = I\sqrt{2} \sin (\omega t + \alpha - \varphi) \quad \text{ve} \quad I = \frac{E}{Z_{sc}}, \quad \alpha = \text{arızanın başlangıcı}$$

ve sıfır gerilim arasındaki farkı karakterize eden açıdır.

- İkinci (i_{dc}) bileşeni periyodik olmayan bir bileşendir :

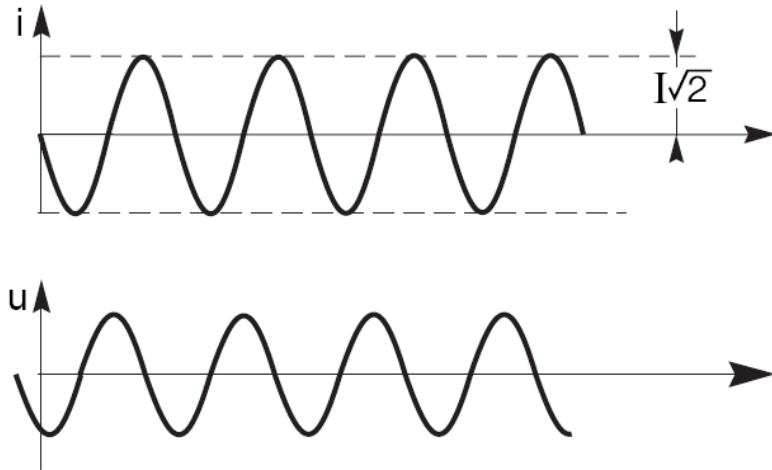
$$i_{dc} = -I\sqrt{2} \sin (\alpha - \varphi) e^{-\frac{R}{L} t}$$

Bu bileşenin başlangıç değeri, R / L 'ye ve bunun azalma oranına bağlıdır.

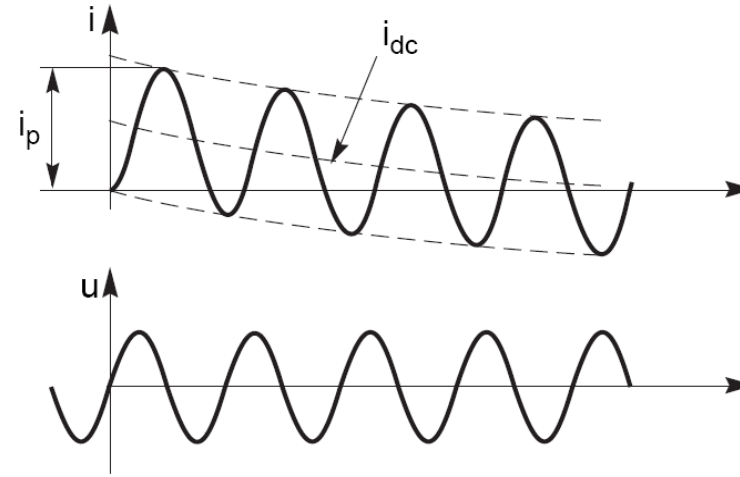
● Kısa-devrenin başlangıcında, $i = 0$ 'dır. Dolayısıyla: $i = i_{ac} + i_{dc} = 0$

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ HESAPLANMASI – GİRİŞ ,GÜÇ SİSTEMİ ARIZALARI-10

a) Symmetrical



b) Asymmetrical



Şekil 10.3 – Bir kısa-devre akımı için iki karşıt durumun grafiksel gösterimi: simetrik ve asimetrik

$$u = E\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \alpha) \rightarrow i = \frac{E\sqrt{2}}{Z} \left[\sin(\omega t + \alpha - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{R}{L}t} \right]$$

Arızanın oluştuğu an veya kapama anı , şebeke gerilimine göre , α açısı ile karakterize edilir. Dolayısı ile voltaj , $u = E\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \alpha)$ ile ifade edilebilir.

$$i = \frac{E\sqrt{2}}{Z} \left[\sin(\omega t + \alpha - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{R}{L}t} \right]$$

Bu durumda gelişen akım :

Akımın iki bileşeni mevcuttur : 1.si gerilime göre φ kadar kaymış ve alternatif özellikte , 2.si ise periyodik olmayan ve t zamanı sonsuza giderken "0" a doğru azalan ...

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ HESAPLANMASI – GİRİŞ ,GÜÇ SİSTEMİ ARIZALARI-11

● $\alpha = \varphi \approx \pi / 2 \rightarrow$ Simetrik(dengeli) $\rightarrow i = \frac{E\sqrt{2}}{Z} \sin \omega t$

Şekil 10.3 (a)

● $\alpha = 0 ; \rightarrow$ Asimetrik $\rightarrow i = \frac{E\sqrt{2}}{Z} \left[\sin (\omega t - \varphi) + \sin \varphi e^{-\frac{R}{L} t} \right]$

Şekil 10.3 (b)

i : Arıza akımı

SİMETRİK : Başlangıcından istikrarlı-hal durumuna kadar aynı şekle sahip ve E / Z gibi bir tepe noktasına sahiptir.

- Eğer, kısa-devre arızası gerilimin sinüzoidal dalga şeklinin $t=0$ anında tepe-noktasında oluşur ise simetriktir.

ASİMETRİK : Başlangıç tepe noktası i_p dir ve dolayısıyla φ 'ye bağlıdır.
 $R / X \approx \cos \varphi$ oranına bağlıdır.

- Eğer, kısa-devre arızası gerilimin sinüzoidal dalga şeklinin $t=0$ anında “0” geçişinde oluşur ise asimetriktir.

- Eğer, kısa-devre arızası gerilimin sinüzoidal dalga şeklinin 0 ile tepe-noktası arasında oluşur ise *kısmi-asimetrik* tir.

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ **HESAPLANMASI – GİRİŞ ,GÜÇ SİSTEMİ ARIZALARI-12**

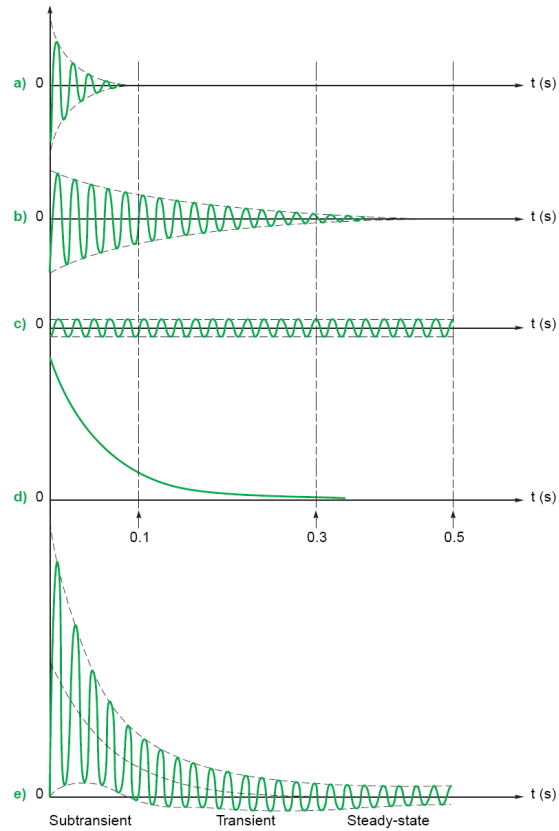


Fig. 10 : Total short-circuit current i_{sc} (e), and contribution of its components:

- a) subtransient reactance = X''_d
- b) transient reactance = X'_d
- c) synchronous reactance = X_d
- d) aperiodic component.

Note that the decrease in the generator reactance is faster than that of the aperiodic component. This is a rare situation that can cause saturation of the magnetic circuits and interruption problems because several periods occur before the current passes through zero.

Şekil 10.4 –Toplam kısa-devre akımı i_{sc} (e), ve bileşenlerinin iştirakleri

a) Subtransient reaktans = X''_d

b) Transient reaktans = X'_d

- c) Senkron reaktans = X_d
 - d) Periyodik olmayan bileşen
 - e) Toplam kısa-devre akımı i_{sc}
-

Arıza, devreyi besleyen generatörün yakın civarında olduğu zaman , generatörün empedanslarındaki değişiklikler, bu durumda baskın empedanstır , kısa-devre akımını söndürür. Bu durumda, transient(geçici) akım gelişimi şartları, kısa-devreden sonuçlanan elektromotif kuvvetteki değişim ile biçimlenir.

Kolaylık açısından, elektromotiv kuvvet sabit ve makinenin iç reaktansı değişken varsayılır. Reaktans , üç kademedede gelişir :

- Subtransient (arızanın ilk 10-20 ms'lik kısmı)

- Transient (500 ms'ye kadar olan kısım)
- İstikrarlı-hal (veya senkron-reaktans)

Bu belirtilen sırada, reaktans her bir kademede daha yüksek bir değer kazanır, yani subtransient-reaktans transient-reaktans'tan daha küçüktür, transient-reaktans senkron-reaktanstan daha küçüktür. Bu üç reaktansın ardışık etkisi, kısa-devre akımının aşamalı olarak azalmasına yönlendirir.

Kısa-devre akımı, şekil 10.4'de görüldüğü üzere dört bileşenin toplamıdır. Bunlar :

- Üç alternatif bileşen (subtransient, transient ve istikrarlı-hal)

- Akımın endüktif devredeki gelişiminden sonuçlanan periyodik olmayan bileşen

Bu, zamana bağlı $i(t)$ kısa-devre akımı, arızanın oluştuğu anda , gerilimin sıfır '0' geçişine karşılık gelen kapama açısında maksimumdur.

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ HESAPLANMASI – GİRİŞ ,GÜÇ SİSTEMİ ARIZALARI-13

● GENERATÖRE YAKIN ARIZA (2)

$$i(t) = E\sqrt{2} \left[\left(\frac{1}{X_d''} - \frac{1}{X_d'} \right) e^{-t/T_d''} + \left(\frac{1}{X_d'} - \frac{1}{X_d} \right) e^{-t/T_d'} + \frac{1}{X_d} \right] \cos \omega t - \frac{E\sqrt{2}}{X_d''} e^{-t/T_a}$$

E : Generatör terminalleri üstündeki Faz-nötr r.m.s gerilimi

X_d'' : Subtransient reaktans

X_d' : Transient reaktans

X_d : Senkron(istikrarlı-hal) reaktansı

T_d'' : Subtransient zaman sabiti

T_d' : Transient zaman sabiti

T_a : Periyodik olmayan zaman sabiti

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ HESAPLANMASI – GİRİŞ ,GÜÇ SİSTEMİ ARIZALARI-14



GENERATÖRE YAKIN ARIZA (3)

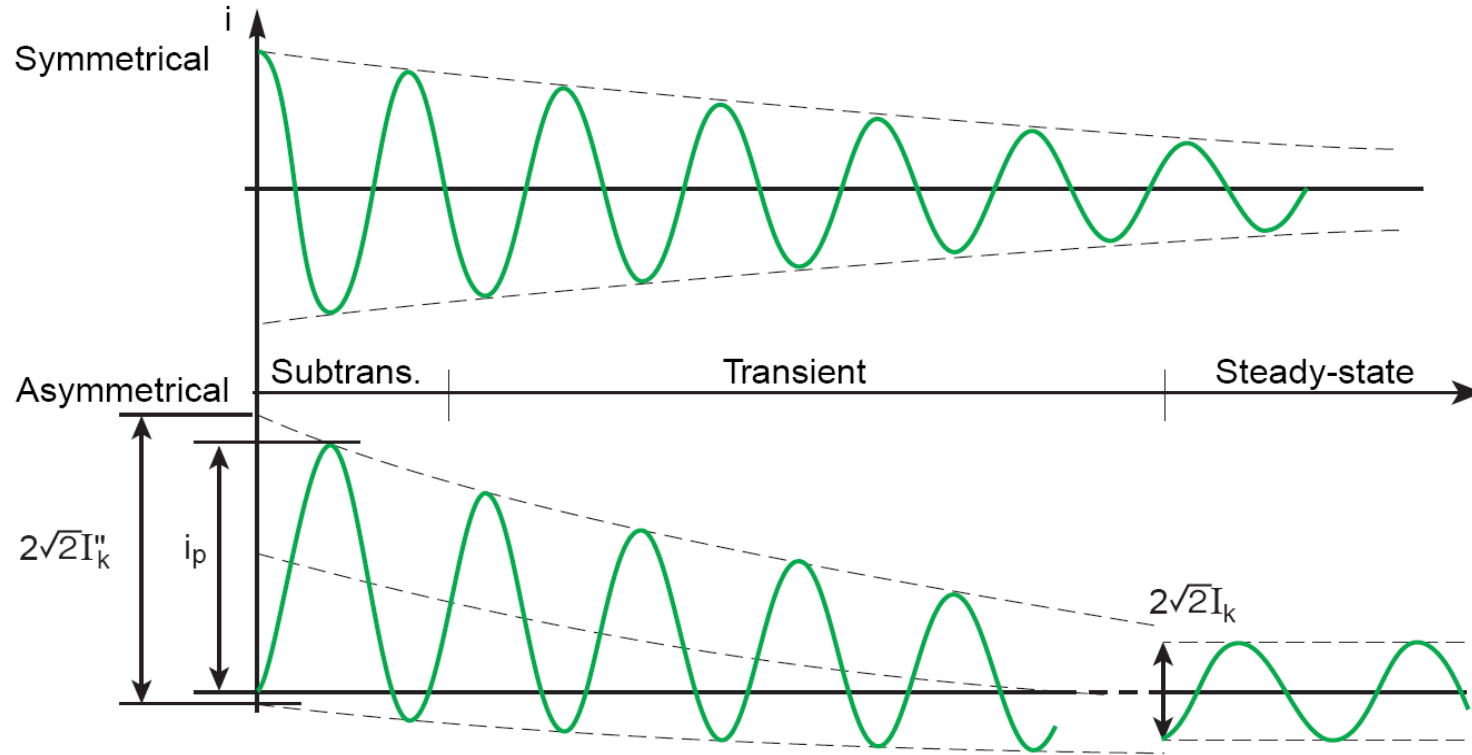


Fig. 11 : short-circuit currents near a generator (schematic diagram).

Şekil 10.5 – Generatöre yakın arıza kısa-devre akımları (şematik gösterim)

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ HESAPLANMASI – IEC 60909

- IEC 60909 : Üç fazlı a.c. Sistemlerde kısa-devre akımları
- IEC 60909'un Kapsamı :
 - AG üç fazlı a.c. ve YG üç fazlı a.c. , 50 Hz ve 60 Hz nominal frekansta çalışan sistemlerde kısa-devre akımlarının hesaplanması için uygulanabilir.
 - 550 kV ve üzeri yüksek gerilimli, uzun iletim hatlarına sahip sistemler hariçtir.
- IEC 60909'a göre, genelde büyüklüğü farklı olan iki kısa-devre akımı hesaplanmalıdır :
 - Maksimum kısa-devre akımı : Elektrik akımının gücünü ve sınıflandırılmasını belirler.
 - Minimum kısa-devre akımı : Örnek olarak, sigortaların seçilmesi, koruma cihazlarının ayarlanması için esas teşkil eder.

IEC 60909 standardına göre kısa-devre akımlarının hesaplama metodu, genelde kabul edilebilir hassasiyette bir genel, uygulanabilir ve kısa sonuçlara ulaşan çözümler sunar.

Bu hesaplama metodu için , kısa-devre noktasında eşdeğer bir gerilim kaynağı ortaya konulur. Bu metod, özel metodların kullanımını hariç tutmaz, örneğin süperpozisyon metodu , eğer bu özel metodlar en azından aynı hassasiyeti verir ise...

Bu metod, dengeli veya dengesiz kısa devrelerde , kısa-devre akımlarının hesaplanması için kullanılır.

Kısa-devre akımları ve kısa-devre empedansları , sistem testleri ile , şebeke analizörü ölçümleri ile veya dijital bir bilgisayar ile de belirlenebilir.Mevcut alçak gerilim sistemlerinde, olası kısa devre lokasyonundaki ölçümler esas alınarak kısa-devre empedanslarını belirlemek mümkündür.

Kısa-devre empedanslarının hesaplanması, genelde elektrik ekipmanının anma değerleri ve sistemin topolojik düzenlemesi baz alınarak yapılır.

Bu standart , kontrollü şartlarda maksatlı olarak oluşturulan kısa-devre akımlarını kapsamaz.(kısa-devre test istasyonları)

10- KISA DEVRE ARIZA AKIMLARININ HESAPLANMASI – TERİMLER VE TANIMLAMALAR (IEC 60909)-1

- KISA DEVRE
- FAZ-FAZ KISA DEVRE
- FAZ-TOPRAK KISA DEVRE
- KISA DEVRE AKIMI
- OLASI (emreamade) KISA-DEVRE AKIMI
- SİMETRİK KISA DEVRE AKIMI
- BAŞLANGIÇ SİMETRİK KISA DEVRE AKIMI, I_k''
- BAŞLANGIÇ SİMETRİK KISA DEVRE GÜCÜ, S_k''
- KISA DEVRE AKIMININ AZALAN (periyodik olmayan) $i_{d.c.}$ BİLEŞENİ
- KISA DEVRE AKIMININ TEPE NOKTASI, i_p
- SİMETRİK KISA DEVRE KESME AKIMI, I_b
- İSTİKRARLI-HAL KISA DEVRE AKIMI, I_k
- SİMETRİK KİLİTLİ-ROTOR AKIMI I_{LR}
- EŞDEĞER ELEKTRİK DEVRESİ
- NOMİNAL SİSTEM GERİLİMİ, U_n

IEC 60050(131)'deki tanımlamalar ve buradaki tanımlamalar....

● **KISA DEVRE :**

Bir elektrik devresinin genellikle farklı voltaj seviyelerine sahip iki veya daha fazla noktasının kazara veya kasıtlı olarak kıyasen düşük bir direnç veya empedans üzerinden bağlanmasıdır.

● **FAZ-FAZ KISA DEVRE**

İki veya daha fazla hat iletkeni arasında toprak bağlantılı veya olmayan , kazara veya kasıtlı iletken yol oluşması

● **FAZ-TOPRAK KISA DEVRE**

Nötrü direk veya bir empedans üzerinden topraklanmış bir sistemde, hat iletkeni ile lokal toprak arasında kazara veya kasıtlı yol oluşması.

● **KISA DEVRE AKIMI**

Bir elektrik devresindeki kısa-devrenin sonucu olarak oluşan aşırı akımdır.

Not : Kısa-devre noktasındaki kısa-devre akımı ile sistemin herhangi bir noktasındaki şebeke kollarındaki kısmi kısa-devre akımları arasında ayırım yapılması gerekmektedir.

● **OLASI (emreamade) KISA-DEVRE AKIMI**

Giriş kaynağında bir değişiklik olmadan, eğer kısa devre ihmal edilebilir bir empedansa sahip ideal bir bağlantı ile yer değiştirdiğine akacak akımdır.

● **SİMETRİK KISA DEVRE AKIMI**

Akımını periyodik olmayan ögesinin dikkate alınmadığı, olası(emreamade) bir kısa devre akımının simetrik a.c. ögesinin r.m.s değeridir.

● **BAŞLANGIÇ SİMETRİK KISA DEVRE AKIMI, I_k '**

Eğer, empedans sıfır-zamanındaki değerinde tutulursa, kısa devre anındaki olası(emreamade) bir kısa devre akımının a.c. simetrik ögesinin r.m.s değeridir.

● BAŞLANGIÇ SİMETRİK KISA DEVRE GÜCÜ, S_k''

Başlangıç simetrik kısa devre akımı I_k'' , nominal sistem gerrilimi U_n ve $\sqrt{3}$ faktörünün çarpımı ile hesaplanan bir niceliktir.

$$S_k'' = \sqrt{3} U_n I_k''$$

Not : Başlangıç simetrik kısa-devre gücü S_k'' , bu standartta hesaplama prosedürü için kullanılmamaktadır. Eğer, S_k'' buna rağmen kısa-devre hesaplarında kullanılırsa, örneğin Q bağlantı noktasındaki sistem fiderinin iç empedansının hesaplanmasında, verilen tanımlama

$$S_{kQ}'' = \sqrt{3} U_{nQ} I_{kQ}'' \text{ or } Z_Q = c U_{nQ}^2 / S_{kQ}'' \cdot \text{ formunda}$$

kullanılmalıdır.

● **KISA DEVRE AKIMININ AZALAN (periyodik olmayan) $i_{d.c.}$ BİLEŞENİ**

Başlangıç değerinden sıfıra azalan bir kısa devre akımının eğrisinin üst ve alt değerlerinin ortalaması

● **KISA DEVRE AKIMININ TEPE NOKTASI, i_p**

Olası bir kısa devre akımının muhtemel maksimum anlık değeri

Not : Kısa-devre akımının tepe noktasının büyüklüğü, kısa-devrenin olduğu ana bağlı olarak değişmektedir. Üç-faz peak kısa-devre akımı i_p 'nin hesaplanması : hat iletkenine ve mümkün olan en yüksek kısa-devrenin oluşmasına göre yapılır. Ardışık kısa-devreler dikkate alınmaz.

● **SİMETRİK KISA DEVRE KESME AKIMI, I_b**

Bir anahtarlama cihazını açmak için, ilk kutubun kontak ayrımı anında, olası(emreamade) kısa-devre akımının simetrik a.c. bileşeninin bir entegral periyodunun r.m.s. değeridir.

● İSTİKRARLI-HAL KISA DEVRE AKIMI, I_k

Tüm transient(geçici) doğal olayların zayıflamasından sonra kalan kısa-devre akımının r.m.s değeridir.

● SİMETRİK KİLİTLİ-ROTOR AKIMI I_{LR}

Anma frekansında, UrM anma gerilimi ile bir asenkron motorun ,kilitli rotor beslemesi ile , en yüksek simetrik r.m.s. akımıdır.

● EŞDEĞER ELEKTRİK DEVRESİ

İdeal elemanları bir şebekesi aracılığıyla, bir devrenin davranışını ifade eden modeldir.

● NOMİNAL SİSTEM GERİLİMİ, U_n

Bir sistemin tasarlandığı ve kesin çalışma karakteristiklerinin referans edildiği faz-faz gerilimidir.

Not: Değerler, IEC 60038’de verilmektedir.