

## Jeneratörlerde Kısa Devre Hesabı

Elk. Müh. Bülent Uzunkuyu  
bulent.uzunkuyu@emo.org.tr

Jeneratörlerde kısa devre akımı, periyodik olmayan bir akımın ve sönümlendirilmiş bir sinusoidal akımların toplamıdır. Kısa devre süreci içinde, jeneratörün iç empedansı zamana bağlı olarak değiştiği için, jeneratörün kısa devre hesabı üç ayrı evre için hesaplanır.

- Ara geçiş süreci (sub-transient phase)
- Geçiş süreci (transient phase)
- Kararlılık süreci (steady-state phase)

### Ara geçiş süreci (sub-transient phase)

Jeneratör terminallerinde kısa devre olduğunda akım, ilk period için (0-20 ms arası) nominal akımın ( $I_n$ ) 6-12 katı kadar yükselir. Jeneratörün kısa devre akım büyüklüğü aşağıda yazılı üç parametre kullanılarak hesaplanır.

- Jeneratörün ara geçiş (sub-transient) reaktansı
- Hata öncesi gerilimi ( $U_n$ )
- Arıza noktasına kadar toplam empedansı

Jeneratörün kısa devre empedansı, ara geçiş (sub-transient) reaktans  $x''_d$  olarak ifade edilir ve üreticiler bu de-

ğeri yüzde (%) olarak verirler. Bu değer genellikle %10 ile %15 aralığındadır. Ara geçiş süreci için hesaplanan kısa devre akımı, devre kesicilerin açma kapasitelerinin ve termodinamik dayanımlarının belirlenmesini sağlar.

Bir jeneratörün ara geçiş (sub-transient) empedansını hesaplamak için;

$$x''_d = \% \text{ değer } X''_d \text{ (ohms)} = \frac{U_n^2 \cdot x''_d}{100 \cdot S}$$
$$I''_k = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot X''_d}$$

### Geçiş süreci (transient phase)

Hata akımının oluşmasından sonra 100 ms ile 500 ms aralığındaki evre geçiş süreci (transient phase) olarak adlandırılır. Bu aralıkta hata akım değeri, nominal akım değeri  $I_n$ ' in 1,5-2 katı değerine düşer.

Bu aralıkta kısa devre empedansı, geçiş empedansı (transient impedance) olarak adlandırılır ve  $x'_d$  olarak ifade edilir.

Bu değer de jeneratör üreticileri tarafından verilir ve %20 ve %30 aralığındadır.

Bu süreçte kısa devre akım büyüklüğü,

$$I'_k = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot X'_d} \quad (X'_d \text{ ohm biriminde})$$

veya

$$S = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \quad (S=\text{jeneratör gücü})$$

$$I'_k = \frac{I_n}{x'_d} \cdot 100 \quad (x'_d \% \text{ değeri})$$

Formülleri ile hesaplanır.

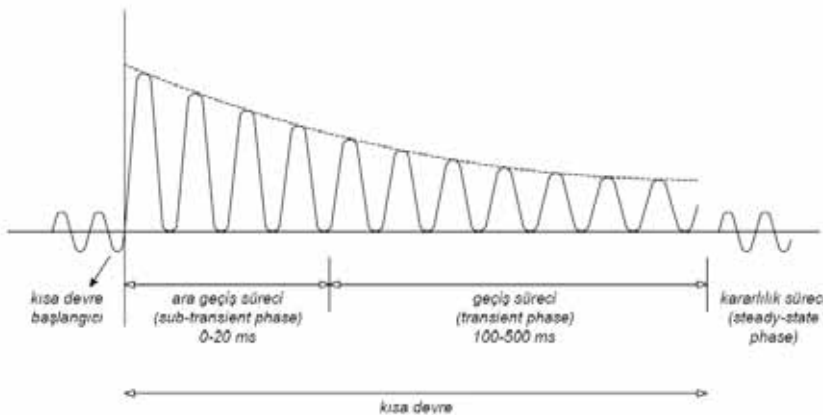
Bu süreç için hesaplanan kısa devre akımına göre termal dayanım ayarları set edilir.

### Kararlılık süreci (steady state phase)

Kararlılık (steady-state) süreci, arızadan yaklaşık 500 ms sonra oluşur. Arıza (kısa devre) devam ettiği sürede, jeneratör çıkış gerilimi düşer (çöker) ve uyarıcı düzenek (exciter regulation) çıkış gerilimini yükseltmek için çabalar. Bu durumda, sabit ve sürekli bir kısa devre akımı meydana gelir.

Eğer, jeneratör uyarıcı (excitation) akımı kısa devre süresince artmaz, ancak arıza (kısa devre) öncesindeki değerde akmaya devam ederse, arıza (kısa devre) akımı, jeneratör senkron reaktansı  $x_d$  'ye göre hesaplanır ve bu değerde sabit kalır.  $x_d$ 'nin değeri genelde %200' den büyüktür. Bu nedenle, son akım değeri, jeneratörün tam yük akımından (full-load current) daha küçük olacaktır. Yaklaşık  $0,5 I_n$ .

Eğer jeneratör, maksimum alan uyarıcı (field overriding) donanımına sahipse, uyarıcıdaki gerilim yükselmesi (excitation surge voltage) arıza (kısa devre) akımının yaklaşık 10 saniye süresince yükselmesine neden olur. Bu değer, yaklaşık nominal akım değerinin 2-3 katıdır.



kVA	75	200	400	800	1600	2500
$x''_d$	10,5	10,4	12,9	10,5	18,8	19,1
$x'_d$	21	15,6	19,4	18	33,8	30,2
$x_d$	280	291	358	280	404	292

Tablo-1

Değerler (%) olarak verilmiştir.

### KISA DEVRE HESABI

Yazımızın başında söylediğimiz gibi üreticiler, jeneratörlerin empedans değerlerini ve zaman sabitlerini verirler. Böylece jeneratör arıza akımlarının ara geçiş, geçiş ve kararlılık hallerinde analizleri yapılabilir.

Aşağıdaki tabloda değişik jeneratör güçlerinin  $x''_d$ ,  $x'_d$  ve  $x_d$  değerleri verilmiştir. Jeneratörlerin resistans değerleri, reaktans değerleri ile kıyaslandığında ihmal edilebilir küçüklüktür. (Tablo-1)

Örnek:

1600 kVA, 0,4 kV bir jeneratörün çıkış terminallerinde, üç evrede de kısa devre akım değerlerini irdeleyelim.

**Birinci yol:**

#### Ara geçiş süreci (sub-transient)

$$X''_d = \frac{U_n^2 \cdot x''_d}{100 \cdot S} \quad U_n = \sqrt{3} \cdot I''_k \cdot X''_d$$

$$X''_d = \frac{400^2 \cdot 18,8}{100 \cdot 1600 \cdot 1000} \quad I''_k = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot X''_d}$$

$$X''_d = 0,0188 \Omega \quad I''_k = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,0188}$$

$$I''_k = 12284 A$$

$$I''_k = 12,28 kA$$

#### Geçiş süreci (transient phase)

$$X'_d = \frac{U_n \cdot x'_d}{100 \cdot S} \quad I'_k = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot X'_d}$$

$$X'_d = \frac{400 \cdot 33,8}{100 \cdot 1600 \cdot 1000} \quad I'_k = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,0338}$$

$$X'_d = 0,0338 \Omega \quad I'_k = 6832,5 A$$

$$I'_k = 6,83 kA$$

#### Kararlılık süreci (steady-state phase)

$$X_d = \frac{U_n^2 \cdot x_d}{100 \cdot S} \quad I_k = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot X_d}$$

$$X_d = \frac{400^2 \cdot 404}{100 \cdot 1600 \cdot 1000} \quad I_k = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,404}$$

$$X_d = 0,404 \Omega \quad I_k = 571,63 A$$

**İkinci yol:**

#### Ara geçiş süreci (sub-transient)

$$S = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \quad I''_k = \frac{I_n \cdot 100}{x''_d}$$

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad I''_k = \frac{2309,4 \cdot 100}{18,8}$$

$$I_n = \frac{1600 \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot 400} \quad I''_k = 12284 A$$

$$I_n = 2309,4 A \quad I''_k = 12,28 kA$$

#### Geçiş süreci (transient phase)

$$I'_k = \frac{I_n \cdot 100}{x'_d}$$

$$I'_k = \frac{2309,4 \cdot 100}{33,8}$$

$$I'_k = 6832,5 A$$

$$I'_k = 6,83 kA$$

#### Kararlılık süreci (steady-state phase)

$$I_k = \frac{I_n \cdot 100}{x_d}$$

$$I_k = \frac{2309,4 \cdot 100}{404}$$

$$I_k = 571,63 A$$

Yukarıda hesapladığımız değerler, jeneratörün çıkış terminallerindeki arıza akım değerleridir. Beslediği barada kısa devre akımını hesaplarken, jeneratör ile pano arasındaki kablunun empedansını ve varsa barayı besleyen diğer üreteçlerin kısa devre güçlerini hesaplamamız gerekir.



## 9. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Antalya Şubesinde, öncelikli temaları güneş, hidrolik, rüzgâr ve biyo yakıtlar olmakla birlikte; diğer Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının ve Uygulama Teknolojilerinin de değerlendirileceği, bilimsel bilgilerin yeni teknolojik uygulamalarla ve araştırmalarla karşılık bulacağı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 3-5 Kasım 2017 tarihleri arasında Antalya'da düzenlenecektir.

Katılım ve bilgi için : [www.yeksem.org](http://www.yeksem.org)