

## Gerilim Düşümü Hesabında Oran Ne Olmalı?

### Bir Öneri, Bir Başka Bakış Açısı

Elk. Müh. Bülent Uzunkuyu  
bulent.uzunkuyu@eltaelektrik.com

Gerilim düşümü hesapları yapılırken genellikle İç Tesisat Yönetmeliğine bakılarak projelendirme yapılmaktadır. Bununla beraber 60364-5-2 standardına göre de işlemler yapılmaktadır. İç Tesisat Yönetmeliği oldukça eski tarihlidir ve bu günlerde bakanlık tarafından değiştirilmesi için görüşler toplanmış olup muhtemelen yıl içerisinde yenilenmesi beklenmektedir.

Yazımızda gerilim düşümü hesabı yapılırken farklı bir bakış açısından konu ele alınmaktadır.

Besleme hatlarında kesit hesabı yapılırken özellikle iki kriter göz önüne alınır:

İ) Seçilen kablonun almaç akımını taşıyacak kesitte olması,

İİ) Kablo üzerindeki gerilim düşümü sonrasında almaç terminalinde işletme geriliminin sağlanması.

Genelde işletme sisteminde trafo AG çıkışında gerilimi 3 fazlı sistemler

için 400 V'a, Bir fazlı Sistemler için 231 V'a ayarlanır. Standartlarda gösterilen gerilimlere göre seçilen gerilim seviyesinde almaçlar üzerinde gerilimin 3Ø için 380 V, 1Ø için 220 V olması yeterli olacaktır.

Gerilim düşümü hesaplarında TS AD 60364-5-52 standardında sınır değerleri belirlenmiştir.

TESİS TİPİ	AYDINLATMA	DİĞER KULLANIMLAR
A	%3	%5
B	%6	%8

Tablo.1 Tesis tipine göre TS AD 60364-5-52'de sınır değerler

Tablodaki A satırında gerilim düşme değerleri %3 ve %5 alınmasına karşılık, şebeke bağlantısından kay-

nağa (jeneratör veya trafo) kadar olan gerilim düşümü (sınır değerleri) göz ardı edilmiştir.

B satırında ise kaynaktan almaça kadar gerilim düşümünün %6 ve %8 alınabileceğini ifade etmektedir. Bu durum da almaçlar üzerindeki gerilim 376 V veya 368 V olacaktır.

Fakat bizim almaç üzerinde olmasını istediğimiz gerilim 380 V'tur ve bu değeri trafo çıkış gerilimi olan 400 V'a böldüğümüzde  $380 \div 400 = 0,95$  değerini buluruz. Bu değer bize trafodan veya jeneratörden itibaren almaç noktasına kadar toplam gerilim düşme oranının en fazla toplam %5 olması gerektiğini gösterir.

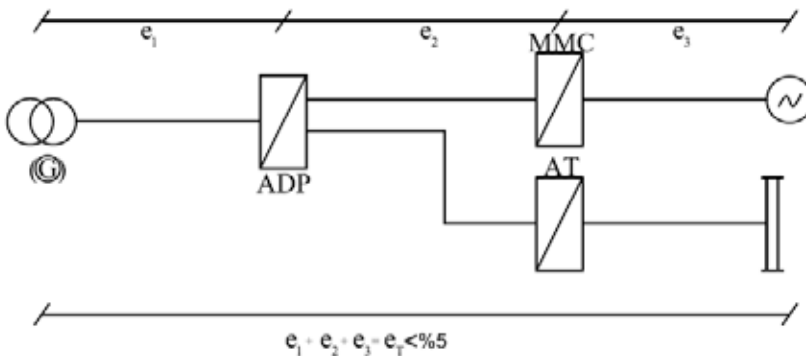
Genelde güç kaynağı (trafo, jeneratör) ile ana dağıtım panosu (ADP) arasında gerek kablo kesitlerinin büyük olması gerekse mesafenin kısa olması nedeniyle gerilim düşüm oranı %1'den küçüktür. Eğer e1 gerilim düşümünü %1 kabul edersek, ADP'den sonra toplam gerilim düşümü %4'ün altında olmalıdır. Yapılacak hesaplamalarda e2 ve e3 için değerler sırasıyla %2 ile %2 veya %3 ile %1 alınmalıdır.

Yukarıda adı geçen standartta gerilim düşümü ile ilgili denklem

$$e = b \left( \frac{L}{\rho \times S} \cos \theta + \Lambda L \sin \theta \right) \text{In}$$

olarak verilmekte ve b katsayısının monofaze için 2 trifaze için 1 olacağını yazmaktadır.

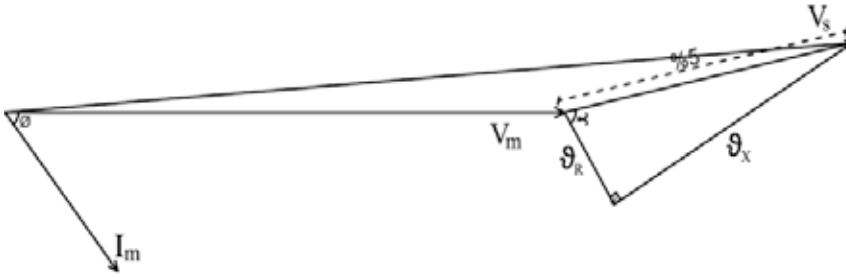
Ayrıca denklemdeki  $\cos \theta$ , sistemin güç faktörü olarak tanımlanmaktadır. Burada iki temel değişiklik yapılması gerekir:



Şekil-1 Gerilim düşümü tek hat



Şekil-2 Tek Hat Besleme



Şekil-3 Gerilim Düşümü Vektör Diyagramı

Birincisi, trifaze sistemde b katsayısı  $\sqrt{3}$  olacaktır. İkinci olarak formüldeki  $\cos\theta$ , sistemin güç faktörü değeri olamaz. Bu değer, kablonun toplam DC direnç değeri ile toplam endüktans direnci arasındaki faz farkı olmalıdır. Gerilim düşümü hesabını bu anlayış üzerine tasarlırsak;

- $I_m$  : yük akımı (motor akımı) (A)
- $P$  : yük aktif gücü (motor gücü) (W)
- $\theta$  : yük faz açısı (motor  $\theta$  değeri)
- $L$  : besleme hat uzunluğu (m)
- $\rho$  : malzeme iletkenlik katsayısı (m/ohm.mm<sup>2</sup>)
- $A$  : iletken kesit alanı (mm<sup>2</sup>)
- $V$  : gerilim düşümü (V)
- $V_s$  : işletme gerilimi (V)
- $e$  : gerilim düşümü oranı (%)
- $R_h$  : hattın ohmik direnci ( $\Omega$ )
- $X_h$  : hattın reaktans direnci ( $\Omega$ )
- $\Lambda$  : endüktans iletkenlik kat sayısı
- $V_m$  : yük tarafındaki gerilim
- $\alpha$  : besleme hattı yük açısı
- $Z_h$  : besleme hat empedansı ( $\Omega$ )

Trifaze besleme gerilim düşümü;

- (1)  $v = \sqrt{3} \cdot I_m \cdot Zh$   $Zh = Rh + jXh$
- (2)  $v = \sqrt{3} \cdot I_m \cdot (Rh + jXh)$
- (3)  $v = \sqrt{3} \cdot I_m \cdot (Rh \cdot \cos\alpha + Xh \cdot \sin\alpha)$

Burada kablonun  $\alpha$  açısının değerini bilmeye gerek yoktur. 3 nolu formülü

$$(4) v = \sqrt{3} \cdot I_m \cdot \sqrt{Rh^2 + Xh^2}$$

şeklinde yazabiliriz.

Başka bir ayrıntı olmaması durumunda

$Xh = L \cdot 0,08 \times 10^{-3}$  alınabilir (kabul edilebilir).

$$(5) v = \sqrt{3} \cdot I_m \cdot \sqrt{\left(\frac{L}{\rho A}\right)^2 + (L \times 0,08 \times 10^{-3})^2}$$

$$(6) v = \sqrt{3} \cdot I_m \cdot l \sqrt{\left(\frac{1}{\rho A}\right)^2 + (0,08 \times 10^{-3})^2}$$

$$(7) v = \frac{\sqrt{3} \cdot I_m \cdot V_s \cdot l}{V_s} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\rho A}\right)^2 + 6,4 \times 10^{-9}}$$

$$(8) v = \frac{N_s \cdot x \cdot l}{V_s} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\rho A}\right)^2 + 6,4 \times 10^{-9}}$$

$$(9) e = \frac{v}{V_s} = \frac{N_s \cdot x \cdot l}{V_s^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\rho A}\right)^2 + 6,4 \times 10^{-9}}$$

$$(10) \%e = \frac{100 \cdot N_s \cdot l}{V_s^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\rho A}\right)^2 + (6,4 \times 10^{-9})}$$

$$(11) P = N_s \times \cos\theta \rightarrow N_s = \frac{P}{\cos\theta}$$

$$(12) \%e = \frac{100 \cdot P \cdot l}{V_s^2 \cdot \cos\theta} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\rho A}\right)^2 + (6,4 \times 10^{-9})}$$

12 nolu denklem, her gerilim kademesinde uygulanacak formüldür.

$$\sqrt{\left(\frac{1}{\rho A}\right)^2 + (6,4 \times 10^{-9})}$$

değerini

değişik kesitlerdeki bakır kablolar için

Tablo-2'de irdelersek;

Kablo kesiti	$(1/\rho A)^2$	endüktans sabiti
10 mm <sup>2</sup>	$3188,77 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
16 mm <sup>2</sup>	$1245,6 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
25 mm <sup>2</sup>	$510,2 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
35 mm <sup>2</sup>	$260,3 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
50 mm <sup>2</sup>	$127,55 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
70 mm <sup>2</sup>	$65,07 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
→		
95 mm <sup>2</sup>	$35,33 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
120 mm <sup>2</sup>	$22,14 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
150 mm <sup>2</sup>	$14,17 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
185 mm <sup>2</sup>	$9,31 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$
240 mm <sup>2</sup>	$5,53 \times 10^{-9}$	$6,4 \times 10^{-9}$

Tablo - 2

Yukarıdaki tabloyu incelediğimizde, kabloların endüktans direnci 95 mm<sup>2</sup> kesite kadar ihmal edilebilir gözüküyor. 95 mm<sup>2</sup> ve üst kesitteki kablolarda endüktans direncinin mutlaka dikkate alınması gerekiyor. 95 mm<sup>2</sup> kesitteki kablolara kadar endüktans direncini ihmal ettiğimizde 12 nolu denklem,

$$13) \%e = \frac{100 \cdot P \cdot l}{V_s^2 \cdot \cos\theta} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{\rho A}\right)^2}$$

$$14) \%e = \frac{100 \cdot P \cdot l}{V_s^2 \cdot \cos\theta} \cdot \frac{1}{\rho A}$$

$$V_s = 400 \quad \cos\theta = 0,9$$

$\rho = 56$  (bakır için) alındığında

$$15) \%e = \frac{100 \cdot P \cdot l}{400^2 \cdot 0,9 \times 56 \cdot A} = 0,0000124 \frac{P \cdot l}{A}$$

P gücünü KW olarak aldığımızda

$$\%e = 0,0124 \cdot \frac{P(kw) \cdot l}{A}$$

elde ederiz.

Ancak, 95 mm<sup>2</sup> ve üst kesitteki kablolarda mutlaka 13 nolu denklemi kullanmak gerekir.

Sonuç olarak;

1- Kablo kesit hesaplarında toplam gerilim düşümü değeri %5'i aşmamalı .

2- Gerilim düşüm hesabı, güç kaynağından (trafo veya jeneratör) başlamalı.

3- 95 mm<sup>2</sup> ve üst kesitteki kablolarda, kablonun endüktans direnci mutlaka hesaba katılmalıdır.