

3. HAFTA: ŞEBEKE HAT SABİTELERİ

ŞEBEKE HAT SABİTELERİ

Enerji iletim ve dağıtım hatlarında

- akım,
- gerilim,
- güç ve güç katsayıları
gibi büyüklüklerin durumlarına göre değişen hattın
- direnç,
- indüktans ve kapasitans
gibi değerlerine «**hat sabiteleri**» denir.

Enerji İletim Hatlarında Direnç

Direnç, elektrik enerjisi iletim ve dağıtım hatlarında gerilim düşüşüne ve güç kaybına neden olan bir hat sabitesidir. Bu nedenle direncin önemi fazladır. Bir iletkenin doğru akım direnci;

$$R = \frac{L}{KS}$$

L-> iletkenin boyu, (m)

K-> iletkenlik (iletkenin yapıldığı malzemenin cinsine bağlı olup her iletken için farklı bir değere sahiptir), ($m/(\Omega \cdot mm^2)$)

S-> iletkenin kesit alanı, (mm^2)

Bakır için iletkenlik $\Rightarrow K_{Cu} = 56 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

Alüminyum için iletkenlik $\Rightarrow K_{Al} = 35 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

İletkenlik K ile öz direnç ρ arasında, $K = \frac{1}{\rho}$

gibi bir ilişki vardır. Bu durumda,

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

- Her maddenin direnci sıcaklıkla değişir.
- **Örneğin** metallerde sıcaklık arttıkça dirençleri de artar. Metal bir telin direnci 100 dereceye kadar olan bir sıcaklık aralığında,

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

R_0 , referans olarak alınan T_0 sıcaklığındaki dirençtir.

T_0 , genellikle 0 veya 20 derece olarak alınır.

R , T sıcaklığındaki direnci temsil eder.

α , direncin sıcaklıkla değişim katsayısı ($1/^\circ\text{C}$)

Tablo 2.1: Bazı İletkenlerin α katsayılarının sıcaklıkla değişimi

İletken Malzemenin Cinsi	α_0	α_{20}	α_{25}	α_{50}	α_{75}	α_{80}	α_{100}
%100 Geçirgenliğe Sahip Bakır	0,00427	0,00393	0,00385	0,00352	0,00325	0,00318	0,00299
%97,5 Geçirgenliğe Sahip Bakır	0,00415	0,00383	0,00376	0,00344	0,00316	0,00312	0,002930
%61 Geçirgenliğe Sahip Alüminyum	0,00438	0,00403	0,00395	0,00360	0,00330	0,00325	0,00305

İletkenlerin doğru akımdaki dirençleri ile alternatif akımdaki etkin dirençleri farklıdır.

Alternatif akımdaki etkin direnç, doğru akım direncinden daha büyüktür. Bu sebeple hat iletkenlerinin etkin direncinin hesap edilebilmesi için doğru akımdaki direncinin bilinmesi gerekir.

Enerji hatlarının alternatif akımdaki etkin direnci R ile gösterilirse bu değer,

$$R = \frac{P}{I^2}$$

P , iletkendeki güç kaybı

I , iletkenden geçen akımı

Enerji İletim Hatlarında İndüktans

- ❖ İçinden akım geçen bir iletkenin çevresinde bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan değişken bir manyetik alan ise devrede bir elektromotor kuvveti meydana getirir. Meydana gelen bu elektromotor kuvveti iletken üzerinden geçen akımı azaltmaya çalışır. Bu nedenden dolayı iletkenin alternatif akıma karşı olan direnci artar. Bu etkiye «indüktif reaktans» veya kısaca «reaktans» denir. İndüktif (veya endüktif) reaktans iletken üzerinde bir gerilim düşümüne neden olur.
- ❖ İndüktif reaktansın hatlardaki aktif güç kaybına bir etkisi yoktur.

$$X_L = \omega L = 2 \pi f L$$

X_L , indüktif reaktans

L , indüktans (H)

f , frekans

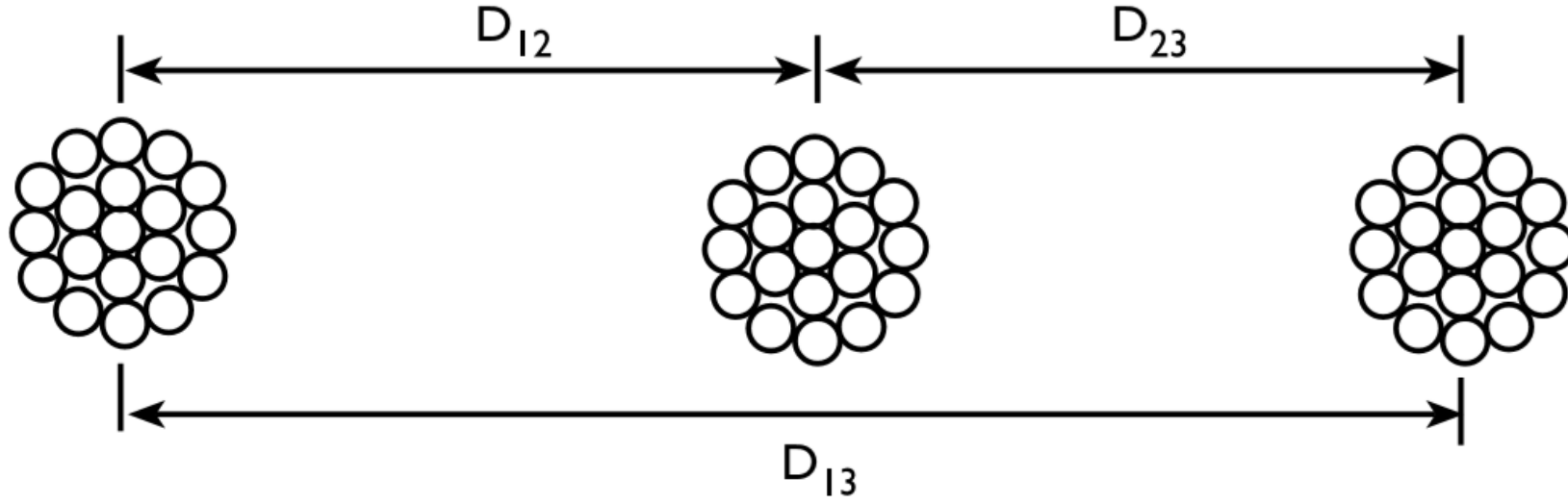
Enerji nakil hatlarının indüktanslarının hesaplanması tahmin edileceği üzere bir bobinin indüktansının bulunması kadar basit değildir ve kullanılan formülasyon birçok değişkeni içerir. Bir enerji nakil hattının indüktansı, kullanılan iletkenin cinsine, çapına, örgü şekline, faz sayısına, fazlara ait iletkenlerin direk üzerindeki pozisyonlarına, faz iletkenleri arasındaki uzaklığa bağlı olarak farklılık gösterir.

Enerji nakil hattında üç fazlı çelik özlü alüminyum iletken kullanılması durumunda kilometre başına indüktans (H /km),

$$L = \left[4,6 \cdot \log \frac{GMD}{GMR} \right] 10^{-4}$$

GMR iletkenin geometrik ortalama yarıçapıdır ve üretici firmalar tarafından hazırlanan tablolardan bulunur.

GMD ise geometrik olarak iletkenler arası uzaklığı ifade eder.



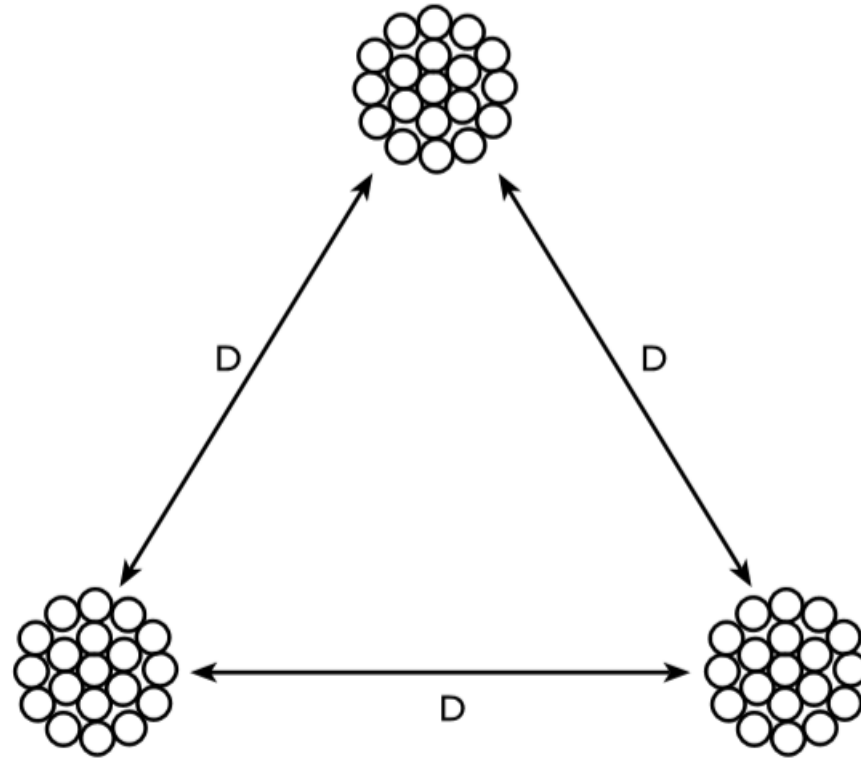
Şekil 2.5: Üç fazlı sistemde faz iletkenleri arasındaki uzaklığın eşit olmaması durumu.

GMD değeri,

$$GMD = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{13}} \quad (2.7)$$

eşitliğinden yararlanılarak bulunur. Bu ifadedeki D_{12} , D_{23} ve D_{13} değerleri Şekil 2.5'te gösterildiği gibi üç fazlı sistemde her bir faz iletkeni arasındaki uzaklığı ifade etmektedir.

Öte yandan her bir faz iletkeni, Şekil 2.6'daki gibi simetrik olarak eşkenar üçgen oluşturacak biçimde de yerleştirilebilir. Bu durumda, faz iletkenleri arasındaki uzaklık birbirine eşit olacağından ($D_{12} = D_{23} = D_{13} = D$) Eşitlik (2.7) gereğince $GMD = D$ bulunur.



Şekil 2.6: Üç fazlı sistemde faz iletkenleri arasındaki uzaklığın eşit olması durumu.

Enerji İletim Hatlarında Kapasitans

- ❖ Birbirinden hava, boşluk veya bir yalıtkanla ayrılmış iki iletken bir kondansatör(kapasitör) oluşturur. İletim hatlarındaki iletkenler kendi aralarında veya toprak zeminle kondansatör davranışı gösterir.
- ❖ Havai hatlarda oluşan kapasitans, havanın dielektrik sabitine, iletkenler arası mesafeye ve iletkenle toprak arasındaki uzunluğa bağlıdır.

f frekanslı alternatif akım uygulanan bir kondansatörün kapasitif reaktansı,

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f C}$$

ifadesinden yararlanılarak hesaplanır.

Enerji nakil hattının 1 km 'sinin faz başına mikrofarad (μF) cinsinden kapasitans değeri ise,

$$C = \frac{0.0242}{\log \frac{GMD}{r}} \quad (2.8)$$

formülü kullanılarak hesaplanır. Burada, GMD metre (m) cinsinden geometrik olarak iletkenler arası uzaklık, r ise yine metre(m) cinsinden iletkenin yarıçapıdır.

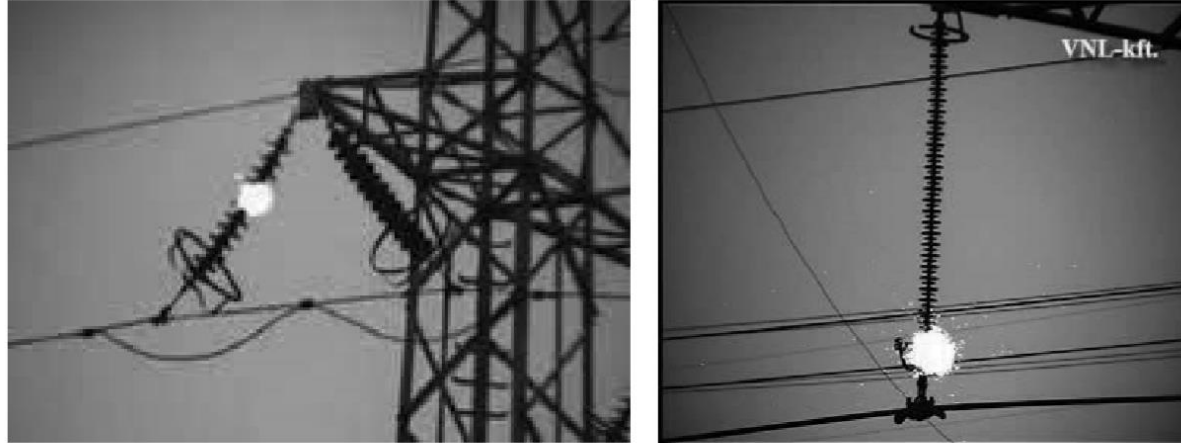
Hat sonlarından çekilen yükler, çoğunlukla indüktif karakterlidir. Bu nedenle akım gerilime göre geri fazdadır. Bu durum hat başı gerilim ile hat sonu gerilimi arasında fark meydana getirir. Bu gerilim farkını azaltmak için çoğunlukla hat sonlarına paralel kondansatörler(kapasitörler) konulur.

Hatların kendi indüktansı büyük ise indüktif reaktans üzerinde meydana gelen gerilim düşümünü önlemek için ise seri kondansatörler kullanılır. Seri kondansatörlerin amacı hattın toplam empedansını azaltmaktır. Bu işleme «seri kompanzasyon» adı verilir.

Devreye seri olarak eklenen kondansatör grupları, negatif bir reaktans sağlayarak enerji iletim hatlarının uzunluk ve kesiti ile belirlenen hat empedansını düşürür. Bu sayede de daha fazla güç iletimi transfer edilir. Bu işleme de «maksimum güç transferi» adı verilir.

Korona Olayı ve Kayıpları

Nemli ve sisli havalarda enerji nakil hatlarındaki gerilim yavaş yavaş arttırılırsa gerilimin belirli bir değerinde havanın iletim hattının yüzeyinde iyonize olduğu görülür. Gerilim arttırılmaya devam edilirse bu kez iletkenin çevresinde mor renkli ışıklı bir halka belirir. Bu olaya «korona olayı» denir.



Resim 2.3: Krona olayında oluşan akım.

- ❑ Korona akımı sinüzoidal olup gerilim düşümlerine yol açar. Korona olayı sonuçta bir enerji kaybıdır.
- ❑ Enerji nakil hatlarında korona olayının yol açtığı kayıpları azaltmak için iletkenlerin yüzeyleri düzgün ve parlak bir sırla kaplanır.

KAYNAKLAR

[1] Doç. Dr. Süleyman Demir (ed.), *Elektrik Enerjisi İletimi ve Dağıtımı* (Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, 2013)