

Trafoalarda Paralel ve Seri Rezonans

Elk. Müh. Bülent Uzunkuyu

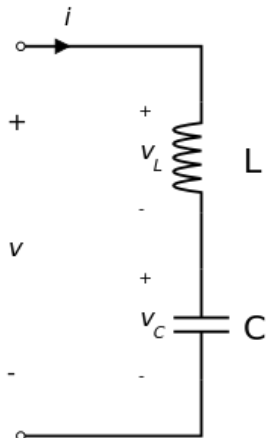
bulent.uzunkuyu@eltaelektrik.com



Günümüzde bir çok elektrik cihazları harmonik üretmekte olup harmonikler, kablolarda ısınma, enerji kaybı, trafo ve motorlarda verim kaybına neden olmaları nedeni ile önemli bir sorun teşkil etmekte, tesislerde harmoniklerin giderilmesine yönelik önlemler alınması gerekmektedir.

Harmoniklerin önemli etkilerinden birisi de sistemde seri ve paralel olmak üzere rezonansa sebep olmalarıdır. Devrelerinde L ve C bulunan her türlü sistemin bir şekilde rezonansa girme olasılığı bulunmaktadır. Bu yazıda, trafolu sistemlerde, trafo ve kompanzasyon panosu arasında seri rezonans; motorlar ve kompanzasyon panosu arasında paralel rezonans oluşma durumları incelenecektir.

Seri Rezonans



Z_t trafo empedansı,
 X_L indüktif reaktans,
 X_C kapasitif reaktans olmak üzere,

$$Z_t = X_L + X_C$$

$$X_L = j\omega L$$

$$X_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$Z_t = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = \frac{(j^2\omega^2 LC + 1)}{j\omega C}$$

$$j = \sqrt{-1}$$

$$j^2 = -1$$

$$Z_t = \frac{1 - \omega^2 LC}{j\omega C}$$

Formülün pay kısmında 2. dereceden bir denklem yer aldığı için bu eşitliğin 0 olma şartları incelenmelidir.

$$1 - \omega^2 LC = 0$$

$$\omega^2 LC = 1$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega = 2\pi f_R$$

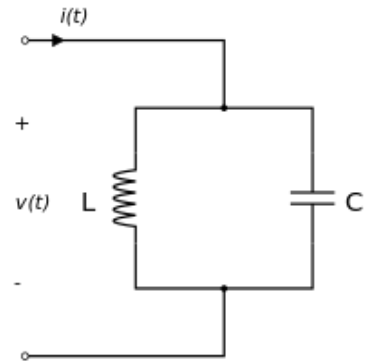
$$2\pi f_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Seri rezonansda empedans 0 değerine yakındır. Bu nedenle rezonans frekansındaki harmonik akımları yoğun olarak bu devreden akar. Bu anda sistem kısa devre demek değildir. Kompanzasyon panosunda koruma

elemanları NH sigorta ise sigorta bu sigortaların çalışması kısa devre akımına göre olduğundan kompanzasyon panosundaki baralar ve kablolar aşırı ısınır, erimeye başlar hatta yangın çıkmasına sebep olabilir.

Paralel Rezonans



Z_t trafo empedansı,
 X_L indüktif reaktans,
 X_C kapasitif reaktans olmak üzere,

$$\frac{1}{Z_t} = \frac{1}{X_L} + \frac{1}{X_C}$$

$$X_L = j\omega L$$

$$X_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\frac{1}{Z_t} = \frac{1}{j\omega L} + j\omega C = \frac{(1 + j^2\omega^2 LC)}{j\omega L}$$

$$Z_t = \frac{j\omega L}{1 - \omega^2 LC}$$

Bu kez payda kısmının 0 olma şartları incelenmelidir.

$$1 - \omega^2 LC = 0$$

$$\omega^2 LC = 1$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega = 2\pi f_R$$

$$2\pi f_R = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Paralel rezonans, empedans çok yüksek değerlere (sonsuz) çıkar. Bu anda akım sabittir. Gerilim bir anda aşırı bir şekilde yükselir. Aşırı gerilim, devrede bulunan elektronik kartların, kontrol cihazlarının, ölçü cihazlarının arızalanmasına sebep olur. Arızalanmasına neden olur.

Trafo Kompanzasyon Sistemlerinde Rezonans Frekansının Hesaplanmasına Yönelik Örnekler:

Örnek 1:

Trafo gücü 1000 kVA ve bu trafo için hesaplanan kompanzasyon kompanzasyon kondansatör miktarı 750 kVAr olsun. Böyle bir sistemin kritik rezonans frekansı aşağıdaki gibi yapılır.

Öncelikle trafonun empedans Z_t değeri hesaplanmalıdır (kısa devre gerilimi $u_k=0,06$).

$$Z_t = u_k \times \frac{V^2}{S_n} = 0,06 \times \frac{400^2}{1000 \cdot 1000} = 9,6 \text{ m}\Omega$$

Bu hesaplamalarda m Ω , mH ve mF mertebelerinde değerler kullanılır.

diğindan asla yuvarlama yapılmamalı, ondalık bölümler 4, 5 basamak ile belirtilmelidir.

P_k (boşta trafo kaybı) = 1600 W (katalog değerlerinden bakılacak)

$$R_t = P_k \left(\frac{V}{S_n} \right)^2 = 0,256 \text{ m}\Omega$$

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_L^2} = \sqrt{0,256^2 + X_L^2}$$

$$X_L = \sqrt{9,6^2 - 0,256^2} = 9,596 \text{ m}\Omega$$

$$X_L = 2\pi f_L = \omega L = 9,596 \text{ m}\Omega$$

$$X_L = \frac{9,596}{314} = 0,03056 \text{ mH}$$

$$Q_C = \sqrt{3}VI = \frac{V^2}{X_C}$$

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{400^2}{750 \times 1000} = 0,2133 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = 0,2133 \Omega$$

$$C = \frac{1}{314 \times 0,2133} = 14,93 \text{ mF}$$

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

İşlemler H, F mertebesinde yapılabacağından birimlerde gerekli dönüşümler yapılmalıdır.

$$f_R = \frac{1000}{6,28\sqrt{0,4563}} = 235,74 \text{ Hz}$$

ii) kritik rezonans frekansının hesaplanmasında ikinci bir yöntem daha kullanılabilir;

$$n_{f_R} = \sqrt{\frac{S_n}{u_k Q_C}} = \sqrt{\frac{1000}{0,06 \times 750}} = 4,714$$

$$f_R = 50 \cdot n_{f_R} = 50 \times 4,714 = 235,70 \text{ Hz}$$

Örnek 2:

Trafo gücü 2500 kVA ve tesis edilecek kompanzasyon kondansatör gücü 1560 kVAr olsun, kritik rezonans fre-

kansı hesabı aşağıdaki gibi yapılabilir.

$$u_k = 0,06 \text{ (kısa devre gerilimi)}$$

$$P_k = 3800 \text{ W (trafo boşta kaybı)}$$

$$Z_t = u_k \times \frac{V^2}{S_n} = 3,84 \text{ m}\Omega$$

$$R_t = P_k \left(\frac{V}{S_n} \right)^2 = 0,09728 \text{ m}\Omega$$

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_L^2}$$

$$Z_t^2 = R_t^2 + X_L^2$$

$$3,84^2 = 0,0973^2 + X_L^2$$

$$X_L^2 = 14,7456 - 0,0094673$$

$$X_L = 3,838767 \text{ m}\Omega$$

$$X_L = 2\pi f_L = \omega L = 3,838767 \text{ m}\Omega$$

$$L = \frac{3,838767}{314} = 0,0122253 \text{ mH}$$

$$Q_C = \sqrt{3}VI = \frac{V^2}{X_C} = 1560 \text{ kVAr}$$

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{400^2}{1560 \times 1000} = 0,1025641 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = 0,1025641 \Omega$$

$$C = \frac{1}{314 \times 0,1025641} = 31,0509 \text{ mF}$$

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 258,4481 \text{ Hz}$$

İşlemler H, F mertebesinde yapılabacağından birimlerde gerekli dönüşümler yapılmalıdır.

ii) kritik rezonans frekansının hesaplanmasında ikinci bir yöntem daha kullanılabilir;

$$n_{f_R} = \sqrt{\frac{S_n}{u_k Q_C}} = \sqrt{\frac{2500}{0,06 \times 1560}} = 5,168$$

$$f_R = 50 \cdot n_{f_R} = 50 \times 5,168 = 258,40 \text{ Hz}$$

Yapılan hesaplamalar rezonans için kritik harmonik değerlerin 5. ve 7. harmonikler olduğunu göstermektedir.