

## TRANSFORMATÖR TESTLERİ

### UYGULANAN GERİLİM TESTİ

Bu testin amacı transformatör sargılarının birbirine göre ve nüve ile ana tank dahil diğer tüm metal kısımlarına karşı izolasyonunun dayanımının kontrolüdür.

Testte kullanılacak cihazlar ;

0 – 800 V. gerilim ayarlı senkron generator veya varyak

0-380 kV gerilim alabileceğimiz monofaze bir test transformatörü.

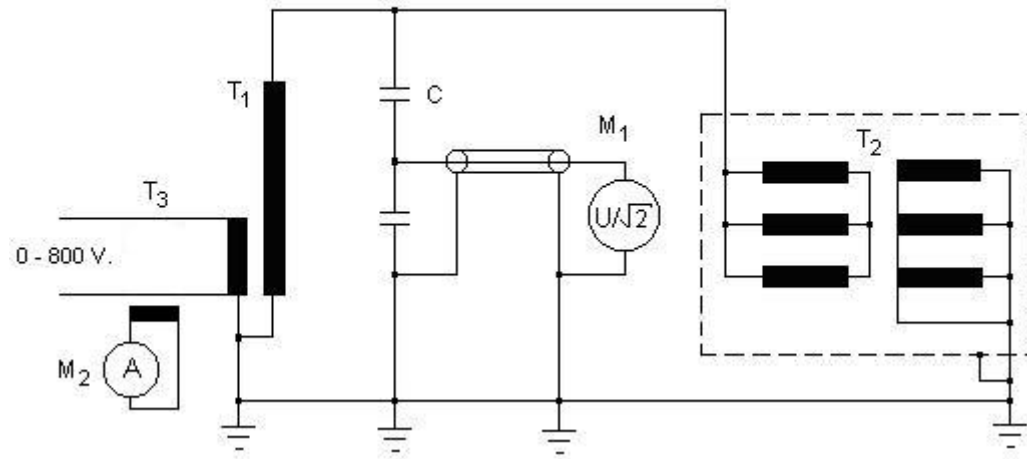
0-380 kV. Ölçebileceğimiz bir kapasitif gerilim bölücü.

0-380 kV. Ölçebileceğimiz bir kV-metre ( tepe değer, efektif değer, ortalama değer ölçebilen)

Testte uygulanacak gerilimler standartlarda verilmekte olup transformatörlerin anma gerilim seviyelerine göre değişmektedir. Ayrıca deney süresi tüm standartlarda 1 dakika olarak verilmektedir. ( IEC 60076-3 )

Test gerilimi sinüs formundadır ve transformatörün anma frekansı ile aynı frekansa sahiptir.

Testin prensip bağlantı şeması aşağıda verilmiştir.



Şekildeki sembollerin anlamları :

T<sub>1</sub> : Maksimum 380 kV bir fazlı test trafosu

T<sub>2</sub> : Test edilen transformatör

T<sub>3</sub> : Akım ölçü transformatörü

M<sub>1</sub>: Maksimum 380 kV ölçebilen kV-metre

M<sub>2</sub>: Ampermetre

C : Maksimum 380 kV ölçebilen kapasitif gerilim bölücü

Bu test çift yönlü tekrarlanan bir testtir, önce yüksek gerilim sargısına standartlarda belirtilen test gerilimi 1 dakika süreyle uygulanır. Bu süre içerisinde herhangi bir elektriksel atlama olmamalıdır. Daha sonra yüksek gerilim sargısı metal kısımlarla birlikte topraklanır ve deney alçak gerilim sargısı için bu sargının standartlardaki test gerilim değerine uygun bir aşırı gerilimin yine 1 dakika süreyle alçak gerilim sargısına uygulanması şeklinde tekrarlanır. Her iki testte de herhangi bir elektriksel atlama olmamalıdır.

# ÖZGÜR

## Motor & Generatör

### BOŞTA ÇALIŞMA TESTİ

Bu testin amacı, transformatörün anma geriliminde boşta (yüksüz) çalışması sırasında oluşan demir kayıplarının ölçülmesidir.

Demir kayıplarını oluşturan başlıca bileşenler, mıknatıslama akımı, hizterezi ve fuko kayıplarıdır.

Bunların mertebesi de manyetik çekirdek saç paketinde kullanılan silisyum alaşımli saçların kalitesine ve dizim tekniğine bağlıdır.

Genellikle laboratuarlarda besleme kolaylığı açısından YG sargısı boşta iken AG tarafından anma geriliminde besleme yapılır.

Transformatör beslendikten sonra bir süre (5-10 dakika kadar) beklenip sonra besleme tarafındaki ölçü aletlerinden her fazdan çekilen güçler, akımlar ve faz arası besleme gerilimi okunarak kaydedilir.

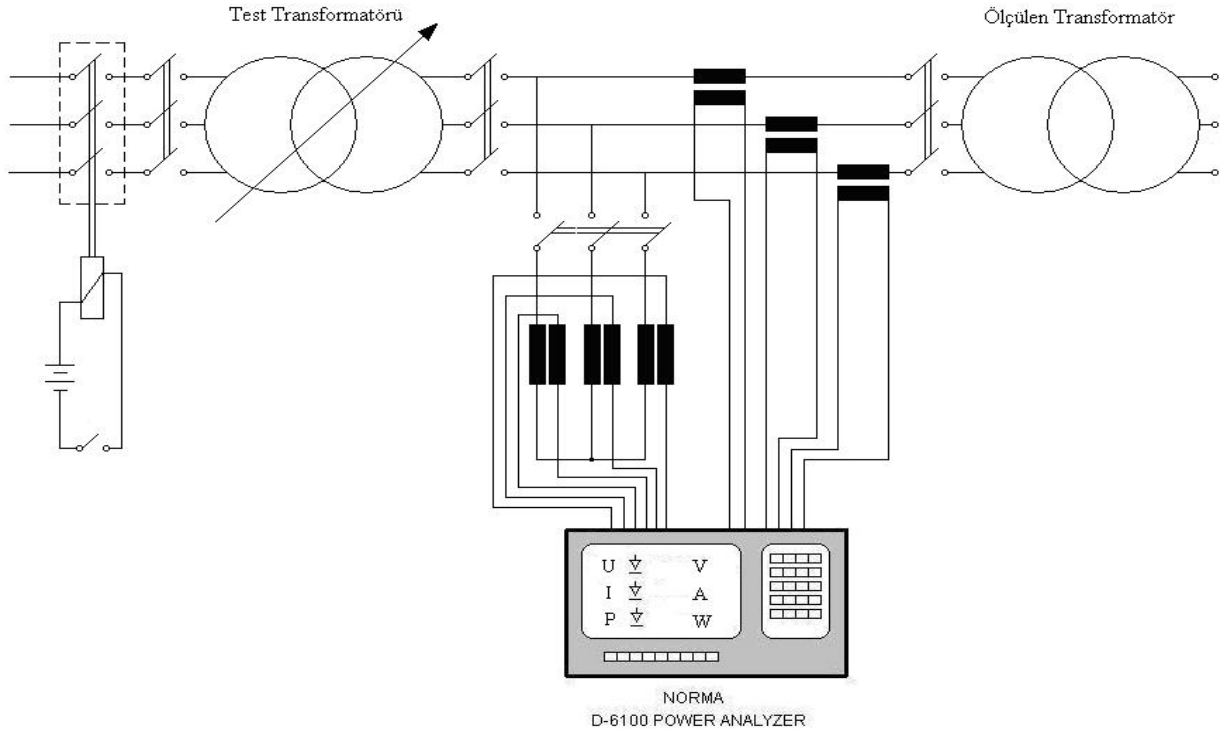
Bütün fazlardan çekilen güçlerin toplamı transformatörün boşta kaybını (demir kaybı) verir. Ölçülen akımların aritmetik ortalaması ise boşta çalışma akımıdır.

Besleme gerilimi anma frekansında ve sinüs formunda olmalıdır.

İstenildiği takdirde besleme gerilimi 90% ile 110% arasında kademeli olarak değiştirilerek transformatörün boşta çalışma eğrisi de çıkartılabilir.

Boşta kayıpların ölçümüne ilişkin prensip test bağlantı şeması takibeden sayfada verilmiştir.

Şemanın çok karışık olmaması için bazı küçük detaylar gösterilmemiştir.



BOŞTA KAYIP VE BOŞTA AKIM ÖLÇÜMÜ PRENSİP BAĞLANTI ŞEMASI

# ÖZGÜR

## Motor & Generatör

### ENDÜKLENEN GERİLİM TESTİ

Bu testin amacı sargıları oluşturan sarımların kendi aralarındaki spir izolasyonlarına aşırı gerilim uygulanmak suretiyle elektriksel olarak zorlanmasıdır.

Testin uygulama şekilleri üniform yalıtılmış sargılarla kademeli yalıtılmış sargılarda farklı farklıdır.

#### Üniform yalıtılmış sargılarda ;

Transformatöre alçak gerilim tarafından alçak gerilim sargısı anma geriliminin iki katı değerinde üç fazlı bir gerilim uygulanarak yapılır. Bu sırada yüksek gerilim faz uçları boştaadır.

Uygulanan gerilim sinüs formunda olmakla birlikte frekansı anma frekansından farklıdır ve anma frekansından büyük ve anma frekansının katları şeklindedir. ( 150 Hz.)

Burada kullanılan test frekansına bağlı olarak deney süresi değişmekte ve bu sürenin hesaplanacağı formül standartlarda ( Bakınız IEC 60076-3) şu şekilde verilmektedir:

$$\text{Deney süresi (sn.)} = (\text{trafonun anma frekansı} / \text{deney frekansı}) * 120$$

Bu formüle göre örneğin 50 Hz anma frekansına sahip bir trafo için ve 150 Hz. Test frekansı için deney süresini hesaplırsak :

$$\text{Deney süresi (sn.)} = (50 / 150) * 120 = 40 \text{ saniye elde edilir.}$$

Burada alçak gerilim sargısına uygulanan nominal gerilimin iki katı değerindeki gerilim, yüksek gerilim sargısında da bu sargının nominal geriliminin iki katı şeklinde endüklenecektir ve bu yüksek gerilimin uygulanan gerilim deneyindeki aşırı gerilim seviyesini aşmaması gerektiği unutulmamalı ve transformatörün yüksek gerilim sargısı gerilim kademesi ona göre seçilmelidir.

Deneye ilişkin prensip bağlantı şeması aşağıda verilmiştir.



### ÜNİFORM YALITILMIŞ SARGILI TRAFOLARDA ENDÜKLENEN GERİLİM DENEYİ PRENSİP BAĞLANTI ŞEMASI

Şekilden görüleceği üzere besleme gerilimi için üç fazlı 150 Hz. Frekanslı bir generatör kullanılmaktadır.

Deney gerilimi alçak gerilim tarafında gerilim ölçü trafoları yardımı ile hassasiyeti yüksek voltmetrelerden ya da yüksek gerilim tarafından kapasitif gerilim bölücüler yardımı ile kVmetrelerden ölçülür.

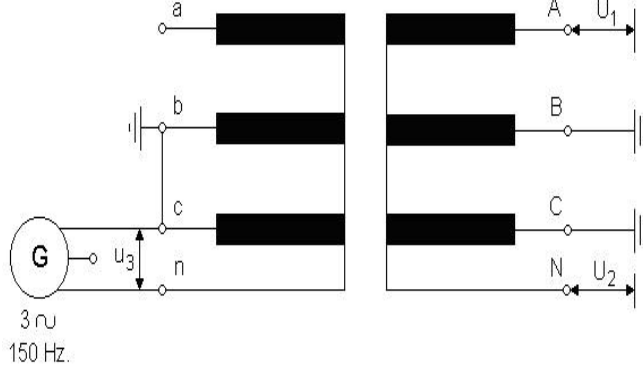
#### Kademeli yalıtılmış sargılarda ;

Kademeli yalıtılmış sargılarda endüklenen gerilim testinin uygulanma yöntemi farklıdır. Test gerilimi diğerinden farklı olarak üç faza birden değil, fazlara sırasıyla teker teker uygulanmaktadır. Test gerilimi ise diğerindeki gibi nominal gerilimin iki katı değerinde olmayıp transformatörlerin YG gerilim seviyesine göre standartlar-daki tablolarda verilmektedir. Örneğin 154 kV anma gerilimine sahip trafolar için test gerilimi standartlarda 275 kV. Olarak verilmektedir. Deney süresi yine yukarıda 4.a. maddesinde verilen formülle hesaplanır ve test sisteminde 40 saniyedir.

# ÖZGÜR

## Motor & Generatör

Deneyin prensip bağlantı şeması YNyn-0 vektör grubunda ve yıldız noktası 1/3 test gerilimine göre yalıtılmış bir güç trafosu için aşağıda verilmiştir.



### SARGILARI KADEMELİ YALITILMIŞ YNyn-0 GRUBU GÜÇ TRAFOSUNDA ENDÜKLENEN GERİLİM DENEYİ PRENSİP BAĞLANTI ŞEMASI

Şekilde verilen transformatörün YG sargısı anma geriliminin 154 kV olduğunu varsayarsak,

$U_1$  test gerilimi 275 kV. Olacaktır. YG-Nötr ucunda oluşan gerilim ise ;

$$U_2 = U_1 / 3 = 275 \text{ kV} / 3 = 91,66 \text{ kV Olacaktır.}$$

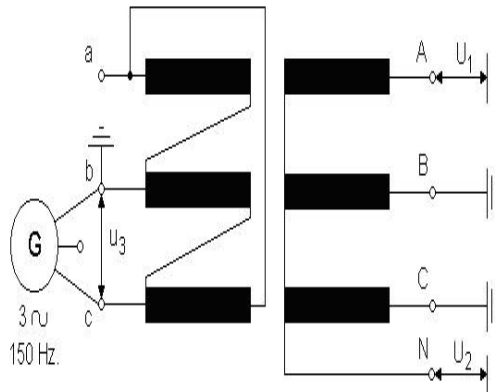
AG tarafına uygulanan  $u_3$  test gerilimi ise alçak gerilimi yıldız bağlı trafoda aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$u_3 = (u_n / U_N) * (275 / 3)$$

AG tarafı üçgen bağlı trafolarda ise formülün sağ tarafı karekök üç ile çarpılmalıdır.

$$u_3 = (u_n / U_N) * (275 / 3) * \sqrt{3}$$

Aşağıda AG tarafı üçgen bağlı, kademeli yalıtılmış trafoda endüklenen gerilim deneyi prensip bağlantı şeması verilmektedir.



### SARGILARI KADEMELİ YALITILMIŞ YNd-1 GRUBU GÜÇ TRAFOSUNDA ENDÜKLENEN GERİLİM DENEYİ PRENSİP BAĞLANTI ŞEMASI

# ÖZGÜR

## Motor & Generatör

### KISA DEVRE TESTİ

Testin amacı transformatörün anma gücüne eşdeğer bir yükü beslemesi sırasında, Sargıların empedanslarından kaynaklanan ve ısı enerjisine dönüşen kayıp gücün ölçülmesidir.

Bu testin gerçekleştirilebilmesi için transformatörün yüklenmesi gerekir ve ideal durum trafonun anma gücüne eşdeğer ve sabit bir harici yükü beslemesidir. Ancak bu pratikte mümkün olmamaktadır. Nedeni de trafoların biri birinden çok farklı ve büyük güçlerde üretilmesidir. Bu nedenle suni yükleme yöntemi denen yöntemler geliştirilmiştir ve laboratuvarlarda bu yöntemler kullanılmaktadır.

Suni yükleme yönteminde trafonun AG uçları, kesiti AG tarafı anma akımını karşılayacak boyutta bir bakır lama ile kısa devre edilir. Transformatöre YG tarafından, bu tarafın anma akımı ya da standartlara göre en azından anma akımının 50 % sine tekabül edecek kadar bir akım geçmesini sağlayacak gerilim uygulanır. İstenen değere ulaşılır ulaşılmaz mümkün olan en kısa sürede besleme tarafından gerilim, akım ve güç ölçümleri yapılır. Eğer bu ölçümler yapılırken çok beklenirse sargılar ısınmaya başlayacağından sağlıklı sonuç alınamayabilir. Bunu denetleyebilmek için testin başında ve sonunda trafonun üst yağ sıcaklığını ölçüp kaydetmekte yarar vardır.

Bu ölçümler sonucu okunan gerilim trafonun kısa devre gerilimini, okunan güçlerin toplamı ise yük kaybını hesaplamamıza yarayacak ham değerlerdir. Daha sonra elde edilen bu test değerleri önce nominal akıma ardından da 75 °C referans sıcaklığa göre irca edilir. Bu ölçümler çok kademeli trafolarla sırasıyla en düşük, ana ve en yüksek kademeler için ayrı ayrı yapılmalıdır.

Şimdi ham test değerlerinin anma akımına ve 75 °C sıcaklığa nasıl irca edildiğini görelim.

Ut : Deneyde ölçülen faz arası gerilim  
It : Deneyde YG tarafından ölçülen akım  
Pt : Deneyde ölçülen toplam güç  
IN : Trafonun YG tarafı anma akımı

Olmak üzere,

#### a) Anma akımına dönüştürme,

$U_K = (I_N / I_t) * U_t$  : Anma akımındaki kısa devre gerilimi  
 $P_K = (I_N / I_t)^2 * P_t$  : Anma akımındaki yükleme kaybı

#### b) 75 °C referans sıcaklığa dönüştürme,

Sargı DC-dirençlerinde meydana gelen DC kayıplar ( $P_{DC}$ ) :  
 $P_{DC} = 1,5 * (I_N^2 * R + i_n^2 * r)$  : ölçme sıcaklığındaki toplam DC kayıplar

Bu formülde **R** direnci YG tarafında fazlar arasından ölçülen eşdeğer dirençlerin aritmetik ortalaması ve **r** direnci de AG tarafında fazlar arasından ölçülen eşdeğer dirençlerin aritmetik ortalamasıdır. **IN** ve **in** sırasıyla YG ve AG tarafın anma akımlarıdır.

Sargılardaki AC kayıplar ( $P_{AC}$ ) :

$P_{AC} = P_K - P_{DC}$  : ölçme sıcaklığındaki toplam AC kayıplar

75 °C sıcaklıktaki toplam yük kaybı :

$P_{K75} = [ P_{DC} * (235 + 75) / (235 + t) ] + [ P_{AC} * (235 + t) / (235 + 75) ]$

Formülünden hesaplanır.

**NOT : Formüldeki 235 sayısı, standartlarda bakır iletkenler için verilen sabittir.**

**Kısa devre empedans gerilimi :**

$$U_{KM} (\%) = 100 * U_K / U_N$$

$$U_{RM} (\%) = 100 * P_K / S_N \text{ ( Ohmik bileşen )}$$

$$U_{XM} (\%) = \sqrt{U_{KM}^2 - U_{RM}^2} \text{ ( Endüktif bileşen )}$$

$$U_R (\%) = 100 * P_{K75} / S_N \text{ (75 °C sıcaklıktaki ohmik bileşen)}$$

$$U_k (\%) = \sqrt{U_R^2 - U_{XM}^2} \text{ (75 °C sıcaklıktaki kısa devre empedans gerilimi)}$$

Bu testin prensip bağlantı şeması verilmemiştir. Test devresi bir önceki test olan boşta çalışma şeması gibidir. Tek fark test edilen transformatörün AG uçlarının kısa devre edilmesi ve beslemenin YG tarafından yapılmasıdır.

## **A) TİP DENEYLERİ**

### **1. SICAKLIK ARTIŞI TESTİ**

Bu testin amacı transformatörün yağ ve sargı sıcaklıklarının standart ve teknik projelerde belirtilen değerlere uyup uymadığının kontrol edilmesidir.

Transformatör yük kayıplarında anlatılan suni yükleme yöntemiyle yüklenir. Yalnız bu testte YG sargılarından geçirilecek sürekli yükleme akımı ( $I_d$ ) :

$$I_d = \sqrt{(P_0 + P_K) / P_K}$$

Formülünden hesaplanarak uygulanır. Burada  $P_0$  trafonun boştaki kaybı,  $P_K$  ise 75 °C sıcaklıktaki yük kaybıdır. Testin yapılacağı ortam kapalı bir ortam olmalı ve trafonun sıcaklığını etkileyecek hava akımı, güneş, rüzgar gibi etkenlerden yalıtılmış olmalıdır. Teste başlanmadan önce YG ve AG tarafından sargı DC dirençleri ve trafonun üst yağ sıcaklığı ölçülüp kaydedilir. Daha sonra trafo  $I_d$  akımı ile yüklenir.

Bu akımda yüklendikten sonra her bir saatlik periyotlarda sırasıyla üst yağ sıcaklığı, radyatör üst bağlantıdan, radyatör alt bağlantıdan ölçülen sıcaklıklar ile trafo çevresinde ( trafoya olan yatay uzaklıklar en az 2m. olmalıdır.) üç farklı noktaya yerleştirilen termometre sensörlerinden ölçülen ortam sıcaklıkları okunup kaydedilir. Test bu şekilde üst yağ sıcaklığı ile ortam sıcaklıkları aritmetik ortalaması arasındaki fark bir saatlik dilimde 1 °C veya daha az bir değere ulaşana kadar devam eder. Daha sonra besleme akımı anma akımına düşürülerek iki-üç saat daha sıcaklığın artış göstermediğinden emin olununcaya kadar yine her saat diliminde sıcaklıklar ölçülüp kaydedilerek devam edilir. Sıcaklığın artmadığından emin olununca trafo devreden çıkartılıp süratle AG ve YG sargılarından en az 3 er dakikalık sürelerle dirençlerin zamanla değişimi 20 saniye aralıklarla ölçülüp kaydedilir.

Daha sonra bu değerler yardımı ile AG ve YG sargıları için ayrı ayrı direnç-zaman grafikleri çizilip grafik extrapolasyon yöntemi ile devreyi açma anındaki sargı dirençleri bulunarak aşağıdaki formülleri kullanmak suretiyle dirençlerden açma anındaki sargı sıcaklıkları hesaplanır.

$$t_2 (\text{°C}) = (R_2 / R_1) * (235 + t_1) - 235$$

Bu formülde  $t_2$  deney sonundaki maksimum sargı sıcaklığını,  $t_1$  ise deney başında ölçülen üst yağ sıcaklığını ifade eder.

Sonuç olarak sargı sıcaklık artışları :

$$\Delta\Theta (^{\circ}\text{K}) = t_2 - t_f$$

Formülünden AG ve YG sargıları için ayrı ayrı hesaplanır. Bu formüldeki  $t_f$  deney sonunda ölçülen ortam sıcaklıklarının aritmetik ortalamasıdır.

Yağ sıcaklığındaki artış ta aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\Delta\Theta_{\text{yağ}} (^{\circ}\text{K}) = t_y - t_f$$

Formüldeki  $t_y$  trafo devamlı yüklemeye akımında beslenirken en son ölçülen maksimum üst yağ sıcaklığıdır.

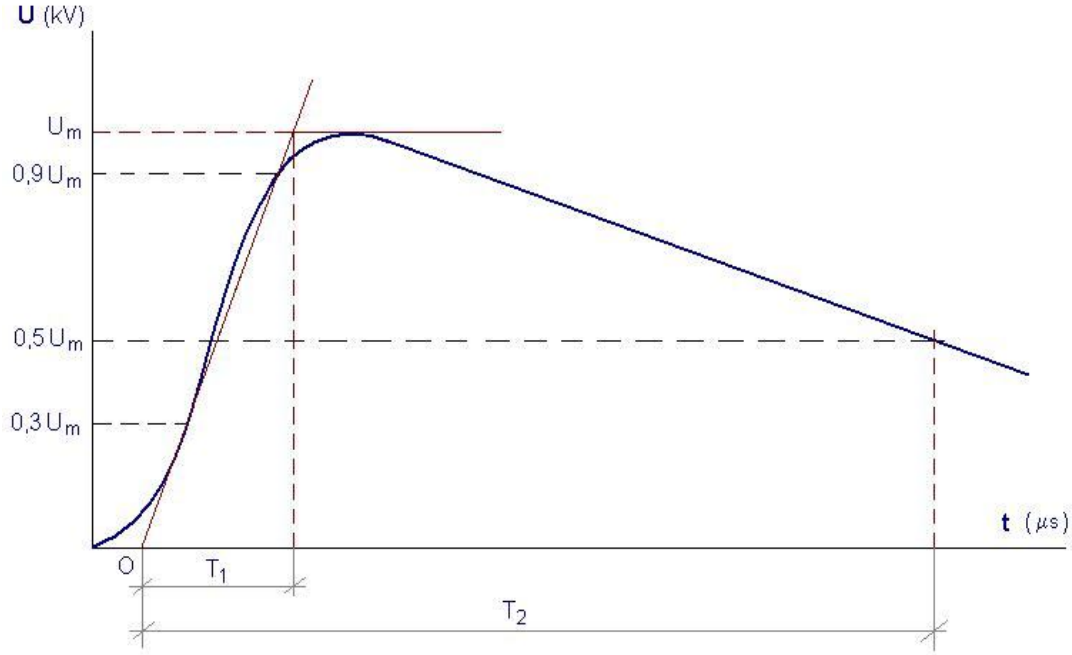
## **2.DARBE GERİLİMİ DENEYİ**

İşletmede yüksek gerilim sistemine bağlı trafolar zaman zaman atmosferik boşalmaların etkisinde kalabilmektedir. Bilindiği üzere havai hatlı enerji iletim sistemine yıldırım düştüğünde hat üzerinde çok yüksek genlikli yürüyen dalgalar meydana gelmektedir. Bu dalgaların genliği darbe akımına ve darbenin olduğu yerdeki darbe empedansına bağlıdır. Mertebe olarak ta trafonun anma geriliminin birkaç katı değerinde olabilmektedir. Transformatörlerin izolasyon yönünden bu darbe gerilimlerine dayanıklı olarak imal edilmesi gerekmektedir. İşte bu deneyin amacı transformatörlerin zaman zaman yıldırım darbe gerilimine maruz kalmaları halinde bu aşırı gerilimlere karşı dayanıklılıklarının test edilmesidir.

Trafo test laboratuvarlarında bu deneyin gerçekleştirilmesi için Darbe Jeneratörleri kullanılır. Bu jeneratörler prensip olarak Şarj ünitesi, YG kapasitör grupları, cephe ve sırt dirençleri, deşarj küreleri ile bazı yardımcı direnç ve topraklama sisteminden oluşurlar. Literatürde bu devre elemanlarının oluşturduğu devreye Marx' ın Çok Katlı Bağlamı denir. Jeneratörün darbe gerilimi üretmesi için önce kapasitör grupları paralel bağlantıda şarj edilir. Daha sonra atlama küreleri tetiklenerek kapasitörlerin seri olarak cephe ve sırt dirençleri üzerinden boşalmaları sağlanır.

Bu Jeneratörlerin ürettiği darbe gerilimleri (+) ya da (-) polaritede olabilir. Genellikle transformatör testlerinde (-) polarite kullanılmakla beraber nadiren bazı teknik şartnamelerde bu deneyin (+) polaritede yapılması da istenebilmektedir.

Yıldırım darbe gerilimi grafiksel olarak aşağıdaki şekilde gösterilmiş ve tanımlanmıştır.



### YILDIRIM DARBE GERİLİMİ

Yıldırım darbe gerilimi eğrisi şekilde görüldüğü gibidir. Burada  $U_m$  darbe geriliminin genliğini ifade eder. Bu aynı zamanda deneyde trafo fazlarına uygulanacak gerilim değeridir. Yukarıdaki egride  $T_1$  ve  $T_2$  sürelerinin bulunması için şekilden de görüleceği gibi önce  $U_m$  geriliminin 0,3 ve 0,9 katı hesaplanıp bu noktalardan yatay eksene paraleller çizilerek eğri cephesini kesen noktalar bulunur. Bu noktaları birleştiren doğru çizilerek, yatay ekseni ve dalganın tepe noktasından yatay eksene çizilen paraleli kestirilir. Yatay eksen üzerinde bulunan nokta darbe geriliminin **Anma başlangıç noktası** olarak isimlendirilir. Tepe noktasından çizilen paralelle bu doğrunun kesim noktasından aşağıya bir dikme indirilir. Bu dikmenin yatay ekseni kestiği nokta  $T_1$  noktasıdır. Sonra  $U_m$  geriliminin 0,5 katı hesaplanıp buradan yatay eksene eğrinin sırtına kadar uzanan bir paralel çizilir ve eğri sırtıyla kesişme noktası bulunur. Bu noktadan yatay eksene inilen dikmenin ekseni kestiği nokta  $T_2$  noktasıdır. Buna göre bir yıldırım darbe geriliminin aşağıdaki üç büyüklükle tanımlandığını ifade edebiliriz. Bunlar :

$U_m$ : Darbe gerilimi genliğidir ve değeri standart ve şartnamelerde verilir. ( Tolerans  $\pm 3\%$  )

$T_1$  : Anma cephe süresidir ve değeri  $1,2 \mu s \pm 30\%$

$T_2$  : Anma sırt yarıdeğer süresidir ve değeri  $50 \mu s \pm 20\%$

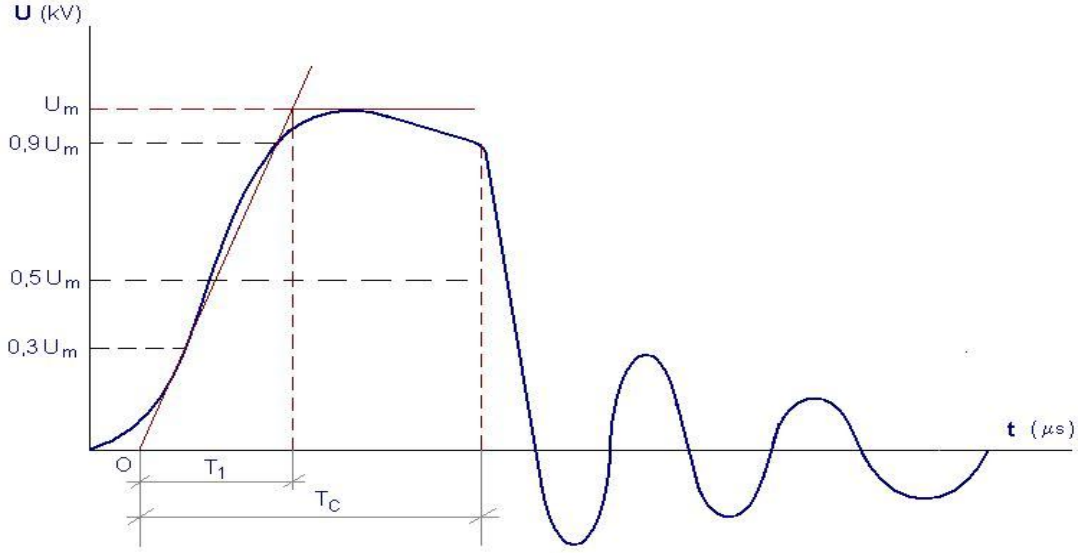
Test yapılırken önce jeneratör ayarlanır. test geriliminin 50% si kadar düşük bir gerilim test edilen trafo sargısının fazlarından birine uygulanır. Bu esnada sargının diğer fazları mutlaka topraklanmış olmalıdır. Osiloskop ve PC yardımı ile dalga şekli değerlendirilip uygun değerde olup olmadığı kontrol edilir. Uygunsa teste başlanır. Değilse jeneratör ayarları değiştirilerek yeniden kalibre edilir.

Standartlardaki prosedür takip edilerek deney tamamlanır. Bazı hallerde bu deneyde Kesik dalga yıldırım darbesi uygulanması da istenebilir. Böyle bir talep olması halinde de darbe jeneratörüne ilaveten kesik dalga cihazı da kullanılır.

Kesik dalga darbe gerilimi grafiksel olarak aşağıdaki şekilde gösterilmiş ve tanımlanmıştır.



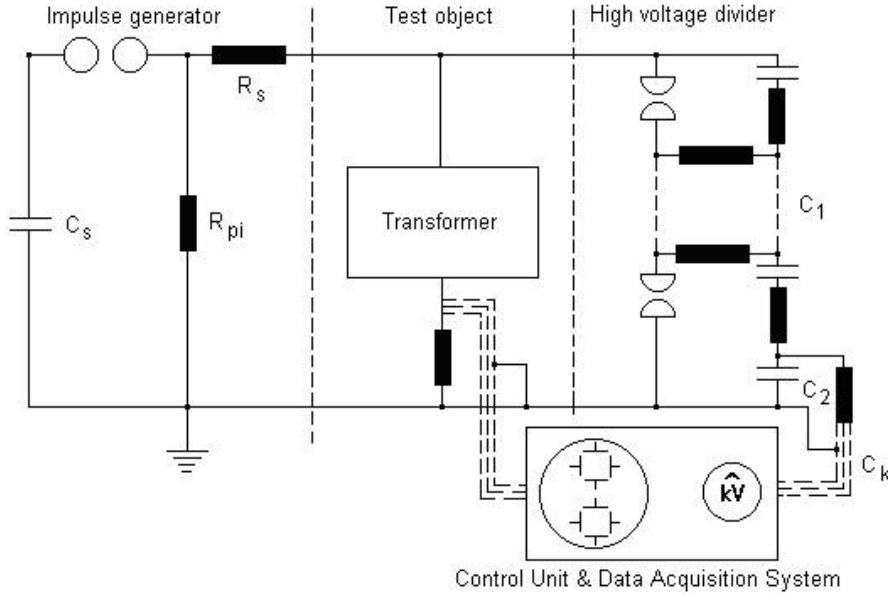
# ÖZGÜR Motor & Generatör



## KESİK DALGA DARBE GERİLİMİ

Şekilden de görüleceği gibi burada tam dalgadan farklı olarak anma sırt yarıdeğer süresi yoktur. Bunun yerine Anma kesme süresi denen  $T_c$  vardır. Bunun değeri de  $2 \mu s$  ile  $6 \mu s$  aralığında olabilir.

Yıldırım darbe gerilimi prensip deney bağlantı şeması aşağıda verilmiştir.



### 3. DUYULABİLİR GÜRÜLTÜ SEVİYESİNİN ÖLÇÜLMESİ

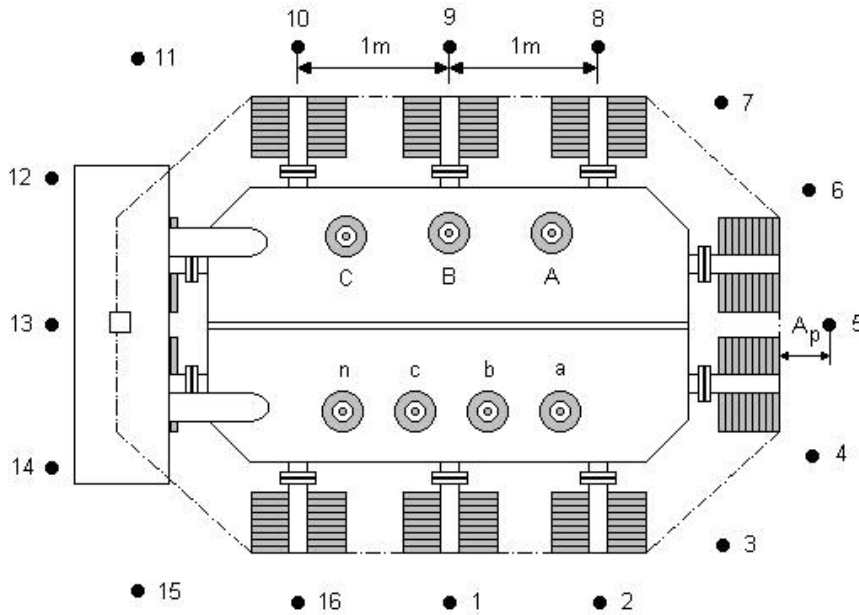
Testin amacı transformatörün projesinde dikkate alınan ve hesaplanan duyulabilir gürültü seviyesinin uygun olup olmadığının saptanmasıdır. Deneyin yapılabilmesi için uygun bir gürültü ölçer cihaza gereksinim vardır.

Bu dtestte önce transformatörün çevresinde, gövdeden  $A_p= 0,3m$  ( ONAN çalışma şekli için ) ve  $A_p= 2m$  ( ONAF çalışma şekli için) uzaklıktaki noktaların geometrik yerleri çizilir. Sonra da bu yeni çevre çizgileri üzerinde birbirinden eşit uzaklıkta en az 16 nokta ( Dağıtım trafolarında 8 nokta ) işaretlenir. İşaretlenen noktalar arasındaki uzaklık 1 metreden fazla olmamalıdır.

İşaretleme yapıldıktan sonra transformatör boşta çalışma deneyindeki gibi AG tarafından nominal geriliminde beslenir. Gürültü seviye ölçüm cihazı üç ayaklı bir sehpaye monte edilerek trafo çevresinde işaretlenen noktalarda ölçüm yapılır ve kaydedilir.

NOT : Ölçü cihazının mikrofونunun yerden yüksekliği trafonun üst kapak seviyesi yüksekliğine bağlıdır. Kapak seviyesi 2,5 metreye kadar olan trafolarla mikrofون yüksekliği bu kapak seviyesi yüksekliğinin yarısı kadar olmalıdır. Daha yüksek trafolarla ise kapak seviyesinin 1/3 ve 2/3 yüksekliklerinde ayrı ayrı ölçüm yapılır. Eğer trafo ONAF cebri soğutma sistemine sahipse ölçmeler ana gövdeden 2m uzaklıktaki çevre çizgisi üzerinde de yapılır.

Gürültü seviyesi ölçümüne ilişkin noktaları gösteren şekil aşağıda verilmiştir.



GÜRÜLTÜ SEVİYESİ DENEYİNDE ÖLÇÜM NOKTALARI

#### **4. KISA DEVRELERE KARŞI MEKANİK DAYANIM TESTİ**

Bu test onlarca kiloamperler mertebesinde kısa devre akımları ile yapıldığından çok özel ve pahalı yatırım gerektiren laboratuarlarda yapılmaktadır. Ayrıca test sırasında enerji iletim ve dağıtım sistemleri aşırı zorlanmalara maruz kalabilmektedir. Bu sakıncalarından ötürü dünya üzerinde kısa devrelere karşı mekanik dayanım deneyinin yapılabileceği laboratuvar sayısı pek fazla değildir. Türkiye’de de böyle bir laboratuvar mevcut değildir. Ancak müşteri tarafından talep edildiği takdirde ücreti alınmak koşuluyla yurtdışındaki laboratuarlarda yaptırılabilir.

Bu laboratuarlardan başlıcaları CESI ( İtalya), KEMA (Hollanda) ve IPH (Almanya) laboratuvarlarıdır.

Bu testte transformatör anma geriliminde çalıştırılırken kısa devreye maruz bırakılır yani kısa devre süresince teste tabi sargı anma geriliminde sabit tutulur. Deneyden sonra transformatöre izolasyon testleri yapılır. Bu testlerden de başarılı olarak geçerse trafo aktif kısmı kazandan çıkartılarak genel göz kontrolü yapılır. Sargılarda kısa devre neticesinde herhangi bir deformasyon olmamalıdır.

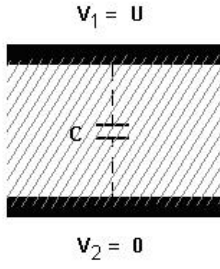
### **B) ÖZEL DENEYLER**

#### **1. KAPASİTE VE İZOLASYON KAYIP FAKTÖRÜ ÖLÇÜMÜ (DOBLE TESTİ)**

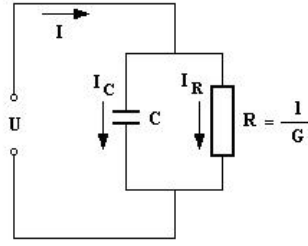
Pratikte transformatör imalatında kullanılan yalıtım malzemelerinin hiç biri mutlak yalıtım sağlamamakta, trafolar anma geriliminde işletmede çalışırken yalıtım malzemelerinden çok küçük mertebelerde de olsa kaçak akımlar geçmekte ve bu akımlar çok küçük mertebelerde yalıtım kayıpları yaratmaktadırlar. Bu kayıplar aslında trafonun boşa ve yükte kayıplarının yanında hiçbir anlam ifade etmezler ancak bunların ölçülmesi ve P.F.% denen izolasyon kayıp faktörünün hesaplanarak bulunması bize trafonun yalıtım durumu hakkında yorum yapma fırsatı verecektir. Ayrıca bu deneyin 6 aylık ya da 1 yıllık periyotlarla tekrarlanıp kaydedilmesi ile trafo yalıtım durumu sürekli kontrol altında tutulmuş olur.

# ÖZGÜR

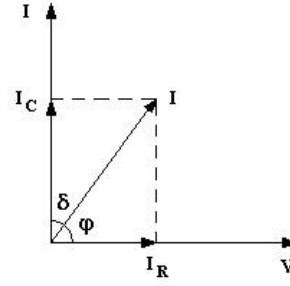
## Motor & Generatör



**Yalıtkanlık**



**Eşdeğer Devre**



**Vektör**

### Diagramı

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi toplam akım **I** ile kapasitif akım **IC** arasındaki açı "  $\delta$  " direkt olarak yalıtkanlıkla ilgili bir değerdir.

Kayıp açısı yalıtım malzemesinin kalınlığına, yüzeyine ve malzeme içerisindeki iyonizasyona, yabancı madde ve partiküllere, hava boşlukları v.b. etkenlere bağlıdır. Bu nedenle kayıp açısı ölçümleri yalıtım malzemelerinin yalıtkanlığını değerlendirebileceğimiz sonuçlar verir.

Şekildeki devrede aktif kayıp :

$$P = U.I.\cos\phi = U^2.C.\omega.tg\delta$$

Olur.

**tg $\delta$**  ve **Cos $\phi$**  büyüklüklerinin ölçülmesi için sırasıyla **Schering Köprüsü** ve **Doble M2H** ölçü cihazları geliştirilmiştir.

Ölçümler sargılar arasında ve sargılarla tank arasındaki eşdeğer kapasiteler üzerinde yapılır. Bu esnada transformatörün üst yağ sıcaklığı ölçülüp kaydedilir ve daha sonra ölçülen değerler referans sıcaklığa irca edilir.

# ÖZGÜR

## Motor & Generatör

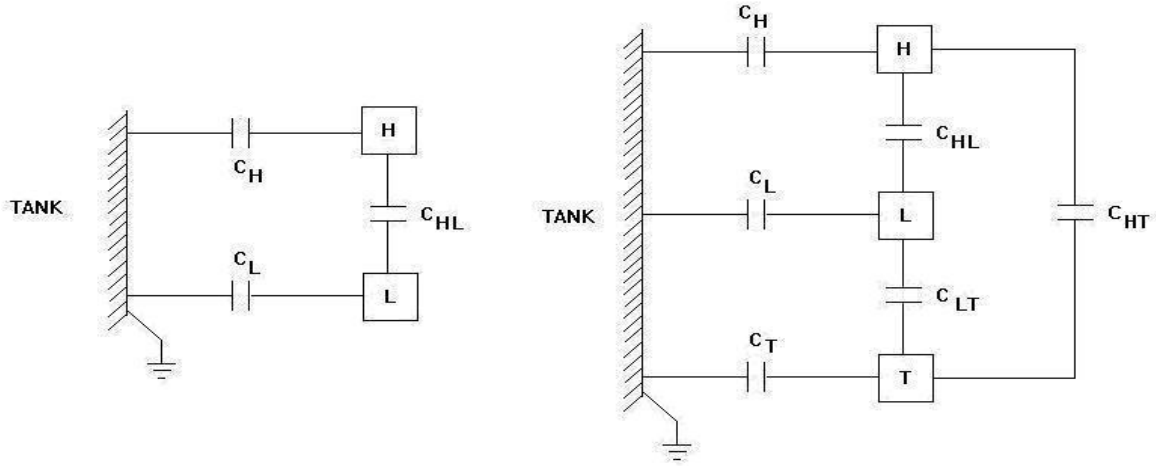
Doble cihazı ile ölçülen P.F.% değeri **Cosφ** ye tekabül etmektedir. Diğer bir deyişle :

**Cosφ = P / U.I** formülünde eşitliğin her iki tarafını 100 ile çarparsak;

$$100 * \text{Cos}\phi = 100 * P / U.I = \text{P.F.}\%$$

olarak isimlendirilir.

Aşağıdaki şekilde iki ve üç sargılı transformatörlerin eşdeğer kapasiteleri gösterilmiştir.



İKİ SARGILI TRANSFORMATÖR

ÜÇ SARGILI TRANSFORMATÖR

## 2. YALITIM DİRENCİ ÖLÇÜMÜ (MEGGER TESTİ)

Bu deney transformatörün yalıtım durumu hakkında yorum yapmamızı sağlayan ve pratikte en yaygın olarak kullanılan deneydir. Yaygın olarak kullanılabilmesinin nedeni deneyde kullanılan ölçü aletlerinin diğer ölçü aletlerine kıyasla daha ucuz ve kullanımının çok kolay olmasıdır. Yalıtım direnci ölçen cihazlara MEGAOHMMETRE ya da kısaca MEGGER adı verilir. Dinamolu, bataryalı ve motorlu olmak üzere başlıca üç farklı türü vardır. Megger ölçü aletleri 500-1000-2500-5000-10000-15000 V. Gerilim kademeleri olan ve DC gerilim üreten cihazlardır. Uygulamada dinamolu ve bataryalı meggerlerle 1 dakika süreli ölçüm yapılır. Bu 1 dakikalık süre zarfında her 15 saniyede bir değer okunup kaydedilir. Ayrıca test anında trafo üst yağ sıcaklığı ve havadaki nem oranı ( ölçülebiliyorsa ) ölçülüp kaydedilir. Deney tamamlandıktan sonra ölçülen büyüklükler 20 °C referans sıcaklığa irca edilir.Daha sonra ölçülen son değer (60. saniyedeki değer), 30.saniyede okunan değere bölünerek Polarizasyon Endeksi denen değer bulunur ve bu değere göre transformatörün yalıtım durumu hakkında yorum yapılır. Motorlu meggerlerle ise genellikle 10 dakikalık ölçüm yapılır ve her dakika ölçülen değerler kaydedilir. Polarizasyon Endeksi burada 10. dakikada ölçülen değer 1. dakikada ölçülen değere oranlanmasıyla bulunur.

Deney yapılırken **transformatörün yalıtım seviyesi üst gerilimi bilinmeli ve deney gerilimi ona göre seçilmelidir. Aksi taktirde trafo yalıtımına zarar verebiliriz.** Ayrıca deneyde trafo buşingleri kuru ve temiz durumda olmalıdır. Aksi taktirde deney sağlıklı yapılamaz ve çıkan sonuçlar yanıltıcı olur.

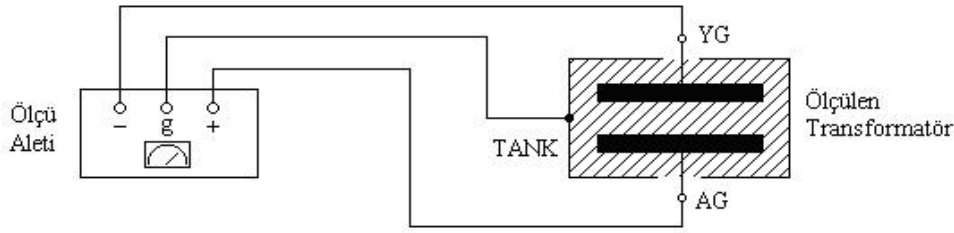
# ÖZGÜR

## Motor & Generatör

Deneyde YG ve AG sargıları varsa nötr uçları da dahil olmak üzere bir bakır iletkenle kendi aralarında ayrı ayrı biri birine köprülenir. Ölçümler YG-AG, YG-TANK, AG-TANK, ve çekirdek topraklama ucu dışarıya çıkartılmışsa ÇEKİRDEK-TANK arasında yapılır. Bunun için megger cihazının (-) ve (+) polariteli uçları ayrı ayrı ölçüm yapacağımız uç çiftine bağlanır. Guard (ekran) ucu da boşta kalan uca bağlanır. Daha sonra ölçümler yukarıda belirtildiği gibi yapılır.

Üç sargılı trafolarda ise yukarıdaki ölçümlere ilaveten üçüncü sargının tanka ve diğer sargılara karşı yalıtımının da ölçülmesi gerekmektedir.

Yalıtım direnci ölçümü prensip test bağlantı şeması aşağıda verilmiştir.



YALITIM DİRENCİ ÖLÇÜMÜ PRENSİP BAĞLANTI ŞEMASI

### 3. TRANSFORMATÖR YAĞINDA DİELEKTRİK DELİNME DAYANIMI VE P.F.%ÖLÇÜMÜ

#### 3.1. DİELEKTRİK DELİNME DAYANIMI ÖLÇÜMÜ

Bu deneyin amacı trafolarda kullanılan sıvı yalıtım malzemelerinin delinme dayanımlarının tespit edilmesidir.

Bunun için delinme dayanımı ölçü cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar prensip olarak gerilimi sürekli olarak ve belirli bir hızla arttırılabilen, camdan yapılmış bir numune kabı içerisine yerleştirilmiş mantar ya da silindirik şekilde iki elektrottan oluşturulmuştur. Önce transformatörün numune alma vanalarından bu taşınabilir cam kap içerisine itinalı bir şekilde yağ numunesi alınır. Numune alınırken önce bir miktar yağ ( 500 gr. Kadar ) bir kap içerisine akıtılır böylece boru tesisatının ve vananın tortu, yabancı partikül, toz v.s. maddelerden arındırılması sağlanır. Ardından numune kabı içerisine 200 – 300 gr. Kadar yağ alınıp kapağı kapatılarak iyice çalkalanır ve bu yağ tamamen dökülür. Bu işlem en az 3 kez tekrarlanmalıdır. Kabın iyice temizlendiğinden emin olununca vana az açılarak ( akan yağın köpüklü akmasını önlemek için ) numune kap doldurulur.

Ağız kapatılarak hemen test cihazına yerleştirilir. Cihazın koruyucu ön kapağı kapatıldıktan sonra 5-10 dakika numune yağ dinlendirilir. Bu sürenin sonunda yağ ölçüm standartlarından uygun olan seçilerek teste başlanır. ( Örneğin IEC-156 )

Günümüzdeki modern yağ test setleri artık otomatik çalışmakta ve hatta test standartları hafızalarına yerleştirilmektedir. Yalnızca ölçümde takip edilecek standart seçilip start butonuna basmak yeterli olmaktadır.

Ölçüm esnasında test cihazının elektrot açıklığı 2,5 mm. Olmalıdır. Deneye başlamadan önce bu açıklık 2,5 mm.lik çelik şablonlarla kontrol edilmelidir.

#### 3.2. P.F.% ÖLÇÜMÜ

Trafo yağında P.F.% ölçümü DOBLE M2H cihazı ile yapılır. Bunun için doble cihazının yağ numunesi ölçüm kabı kullanılır.

# ÖZGÜR

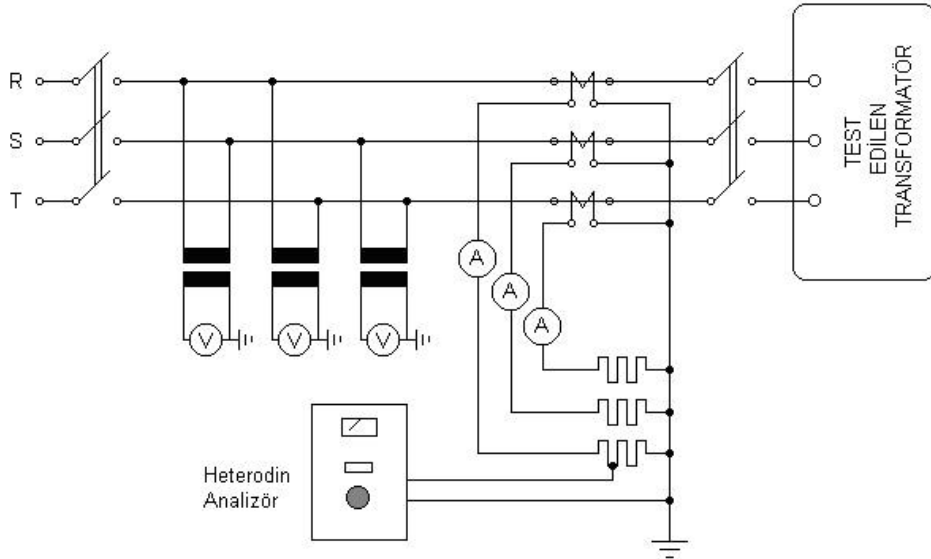
## Motor & Generatör

Numune kabı içerisine yukarıda dielektrik delinme dayanımı ölçümünde anlatıldığı şekilde yağ numunesi alınır. Doble cihazı yağ ölçüm talimatlarına göre kabın enerji kulpuna 10 kV. Gerilim tatbik edilerek akım, gerilim ve güç ölçülür. Daha sonra P.F.% ölçümü kısmında anlatıldığı şekilde P.F.% hesaplanarak yağın yalıtım durumu hakkında yorum yapılır. Yeni bir transformatörde ve kaliteli bir yağda bu değer 0,1% den büyük olmamalıdır.

### 4. BOŞTA AKIM HARMONİKLERİ ÖLÇÜMÜ

Bu deney boşta kayıpların ölçümü sırasında yapılır. Transformatörlerde tek sayılı harmonikler önem taşımaktadır. Çift sayılı harmoniklere trafonun konstrüktif özelliklerinden ötürü rastlanmamaktadır.

Deneyde boşta çalışma durumundaki enerjili transformatörün ölçü devresi üzerindeki akım trafoları sekonder uçlarından heterodyne analizör cihazına bağlantı yapılarak, bu cihazın ölçüm talimatları uyarınca 3-5-7 ve 9. harmonikler ölçülüp kaydedilir. Harmonikler için garanti değerleri verilmişse bu değerlere uyup olmadığı kontrol edilir. Harmonik ölçümüne ilişkin prensip test bağlantı şeması aşağıda



verilmiştir.

### HARMONİK ÖLÇÜMÜ PRENSİP BAĞLANTI ŞEMASI

### 5. KISMİ DEŞARJ DENEYİ

Transformatörlerde sargı iletkenleri ve bağlantı iletkenlerinin diğer metal kısımlardan ( kazan, kapak, çekirdek saç paket v.s. ) yalıtılması için farklı tür ve özellikte yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Bu malzemelerin yapısında bulunabilecek bazı yabancı partikül ve bozukluklar, transformatörler işletmeye alındığında gerilim altında kısmi boşalmalara neden olabilmektedir.

Belirli periyotlarla oluşan bu kısmi boşalmalar zamanla transformatörün yalıtımını bozmakta ve ileri safhalarda büyük arızalara neden olabilmektedir. Bu deneyin amacı imalat bitiminde transformatör içerisinde kısmi deşarj oluşturan bu tarz bozuklukların olup olmadığının araştırılmasıdır. Deney, prensip olarak elektriksel boşalmaların oluşması sırasında ortaya çıkan yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların yakalanması ve ölçülmesi yöntemine dayanır. Bunun için özel olarak geliştirilmiş yapısı bir radyo alıcısına benzeyen PD-meter (kısmi deşarj ölçüm cihazı) denen ölçü aletleri kullanılır. Bu aletler yapısında yüksek frekans tarama devreleri bulundurur. Bu devreler 0,6 MHz den 2,4 MHz' e kadar tarama yapılabilen devrelerdir.

Deney prosedürü şöyle uygulanır :

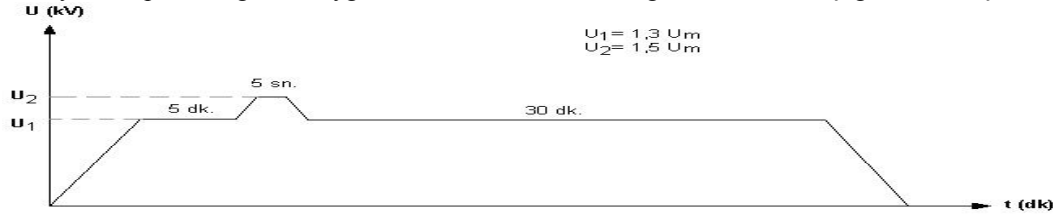
1. Transformatör buşingleri kondansatörlü ve **TAP** ucu olan buşinglerse, bu tap uçlarından PD-meter cihazına aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi ölçü uçları bağlantısı yapılır. Transformatör buşinglerinde **TAP** ucu yoksa yardımcı bir coupling kondansatör kullanılarak bu bağlantı yapılır.

# ÖZGÜR

## Motor & Generatör

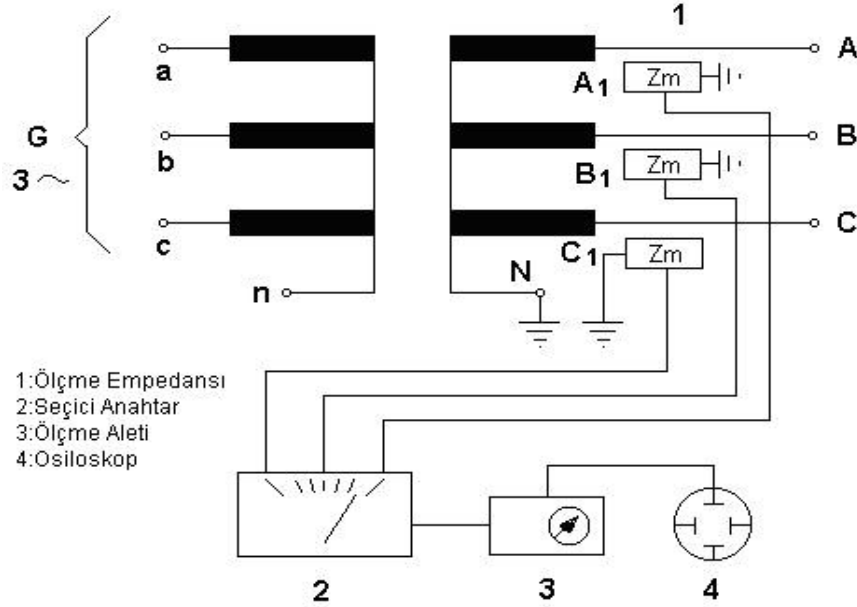
2. PD-meter cihazının kalibratörü ile trafo buşing tap bağlantı ucundan 500 pC değerinde bir kalibrasyon sinyali gönderilerek cihaz kalibre edilir.
3. Transformatöre 3 fazlı besleme endüklenen gerilim deneyi bağlantısı yapılır.
4. Transformatöre 150 Hz. Frekansta nominal gerilimin 1,3 katı uygulanıp her fazdan kısmi boşalmalar pC olarak ölçülüp kaydedilir. Daha sonra transformatör 5 dakika bu gerilimde boşa çalıştırılmaya devam edilir. 5 dakika sonra yeniden tüm fazlarda ölçüm yapılır kaydedilir.
5. Gerilim nominal gerilimin 1,5 katına yükseltilip ölçmeler tekrarlanır. 5 saniye beklenir ve yeniden kısmi deşarjlar ölçülür.
6. Gerilim yeniden nominal gerilimin 1,3 katına düşürülür ve ölçmeler yapılır. 30 dakika beklenir son ölçümler yapıldıktan sonra deney sona erer.

Denyde takip edilen gerilim uygulama ve bekleme süreleri grafiksel olarak aşağıda verilmiştir.



KISMİ DEŞARJ DENEYİ TEST PROSEDÜRÜ GRAFİĞİ

Kısmi deşarj deneyi prensip bağlantı şeması aşağıda verilmiştir.



KISMİ DEŞARJ DENEYİ PRENSİP BAĞLANTI ŞEMASI

### 6. SIFIR BİLEŞEN EMPEDANSI ÖLÇÜMÜ

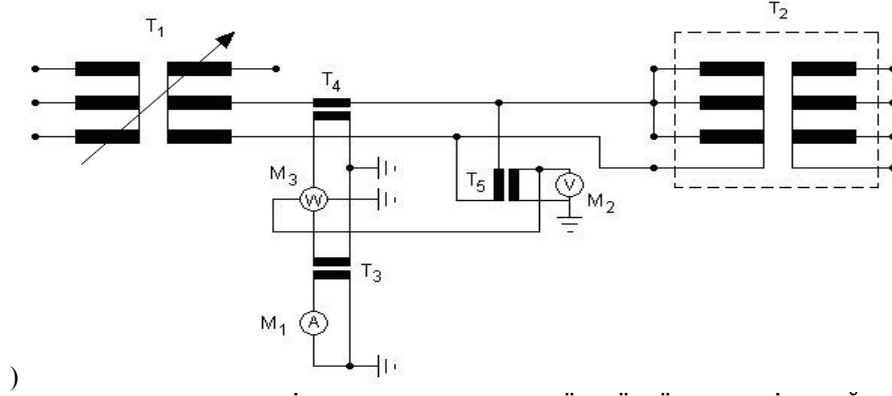
Bu deney yalnızca sargılarından biri ya da her ikisi de yıldız veya zigzag bağlı transformatörlerde yapılabilir. Deneyde ölçüm yapılacak tarafta nötr ucu hariç faz uçları birbirine köprülenerek kısa devre edilir. Daha sonra kısa devre edilen faz uçları ile nötr arasından değeri nominal akım değerinin 0,1 katı bir akım geçirecek şekilde gerilim tatbik edilip bu gerilim ve devreden geçen akım ölçülüp kaydedilir. (Bu deney istenirse diğer sargı uçları kısa devre iken de tekrarlanabilir.) Daha sonra aşağıdaki formülden sıfır bileşen empedansı hesaplanır.

$$Z_0 = 3 \cdot U_0 / I_0 \quad (\Omega / \text{faz})$$



# ÖZGÜR

## Motor & Generatör



SIFIR BİLEŞEN EMPEDANSI ÖLÇÜMÜ PRENSİP BAĞLANTI ŞEMASI

### 7. YÜKTE KADEME DEĞİŞTİRİCİ FONKSİYONEL TESTLERİ

Güç transformatörleri, hatlardaki gerilim düşümlerine karşı çıkış gerilimlerinin sabit tutulabilmesi amacıyla yük altında kademe değıştircili olarak ta imal edilebilirler. Bu şekilde imal edilmiş transformatörlerin YAKD sisteminin gerilim altında boşta ve yükte fonksiyonel olarak test edilmesi gerekir.

Test prosedürü şöyle uygulanır :

- Trafo enerjisiz durumdayken manuel olarak mekanik kolla üst ve alt kademeler arasındaki tüm kademelerde peş peşe kademe değıştirme işlemi yapılır. Bu esnada kademe değıştirci mekanizma ile bu mekanizmanın tahrik sistemi arasındaki uyum ve ayar kontrol edilir.
- Tahrik motoru besleme gerilimi faz sıraları kontrol edildikten sonra tahrik sistemine besleme gerilimi verilir. Burada faz sırası doğru olmazsa motora yol verilirken termik koruyucu devreyi açar ve motora giden enerjiyi keser. Besleme yapıldıktan sonra trafo henüz enerjisiz durumdayken kademe değıştirci, minimum kademedeki maksimum kademe doğru bir tur ( veya ters yönde ) daha sonra da maksimum kademedeki minimum kademe doğru bir tur çalıştırılıp normal çalışıp çalışmadığı gözlenir. Bu arada maksimum ve minimum kademelerdeki limit koruma anahtarlarının normal çalışıp çalışmadığı da kontrol edilir.
- Transformatör yüksüz durumda nominal geriliminde enerji altına alınıp YAKD, bir komple çevrim de bu durumdayken çalıştırılır.
- Daha sonra transformatör suni yükleme yöntemi ile yüklenip YAKD, son olarak bu durumda bir komple çevrim çalıştırılır.

## SARGI DC DİRENÇLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Sargı dirençleri, imalatçı tarafından müşteriye garanti edilen değerler değildir. Bununla birlikte yük kayıplarının hesaplanarak 75 derece sıcaklığa uyarlanabilmesi için bu direnç değerlerinin elimizde bulunması gerekir. Yük kayıplarının doğru akım bileşeni ancak ve ancak sargıdan geçen akımın karesinin, sargı direnci ile çarpılması sonucu hesaplanabilir.

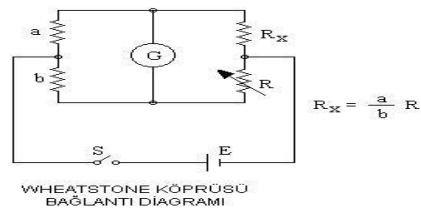
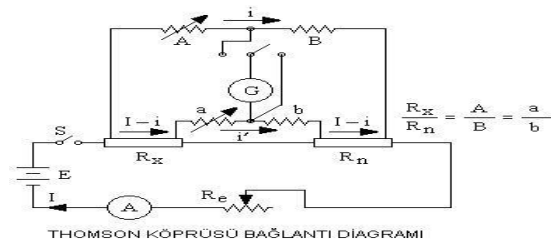
Diğer bir konu da örneğin sargılardaki iletken kopukluğu ya da sargı iletkenlerindeki kaynak ya da birleşme noktalarındaki hataların direnç ölçümü yöntemiyle tespit edilebilme olasılığıdır.

DC-direnç ölçümünde kullanılan başlıca iki yöntem vardır. Bunlar sırasıyla :

- a) Wheatstone veya Thomson (Kelvin) direnç ölçme köprüleri
- b) Akım-gerilim yöntemi

Her iki yöntemde de besleme gerilimi bir doğru gerilim kaynağından sağlanır. ( Akümülatör ya da batarya ) Burada dikkat edilmesi gereken nokta ölçü sırasında sargıdan geçecek akımın, doğruluğu yüksek bir ölçmeye olanak tanıyacak kadar büyük ancak bu esnada sargı sıcaklığını artırmayacak kadar da küçük olması gerektiğidir. Uygulamada bu akım değeri trafonun boşa çalışma akımının 1,2 katından daha büyük, trafonun nominal akımının 10% undan ise daha küçük seçilmektedir. Ölçü devresinin zaman sabiti L/R oranına bağlıdır. Devre beslendiğinde ölçmenin sağlıklı yapılabilmesi için tam doyma sağlanana kadar beklenilmesi gerekir.

Direnç ölçmede kullanılan wheatstone ve thomson köprüleri prensip şemaları aşağıda verilmiştir.

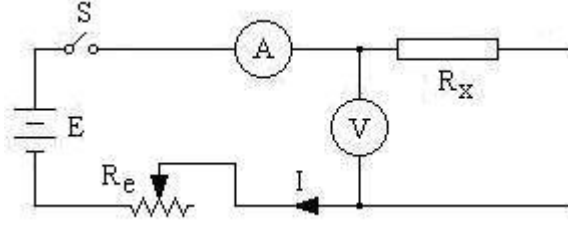


Her iki şemada da R<sub>x</sub> dirençleri ölçülen sargı dirençlerini simgelemektedir. Diğer A,B,a,b,R<sub>n</sub> dirençleri değerleri kademeli olarak değiştirilebilen ( seçilebilen ) ön dirençlerdir. R<sub>e</sub> simgesi ile gösterilen devre elemanı ise reosta olup geçen akımı sınırlamamıza yarar. Ölçüm yapılırken sargı direncinin mertebesinin az çok bilinmesinde yarar vardır. Buna göre ön direnç değerleri seçilirse daha çabuk sonuca ulaşmamız mümkün olur.

Akım gerilim yöntemiyle direnç ölçme prensip şeması da aşağıda verilmiştir.

# özgür

## Motor & Generatör



### AKIM-GERİLİM YÖNTEMİ İLE ÖLÇME

Burada S anahtarı kapandıktan sonra reosta yardımı ile devreden uygun bir akım geçirilir. Ampermetreden geçen akım sabit bir değere ulaştığında akım ve gerilim ölçümü yapılır. Buna göre Ölçülen gerilim  $U_x$  ve ölçülen akım  $I_x$  ise ölçülen direnç :

$$R_x = U_x / I_x$$

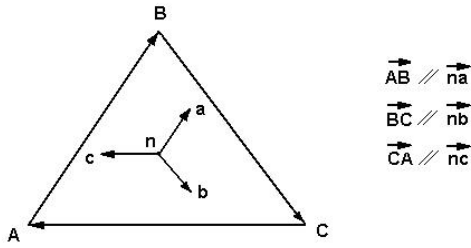
Formülünden hesaplanarak bulunur. Günümüzdeki modern digital sargı direnci ölçme düzenekleri genellikle bu yöntemi kullanmaktadır.

## Çevirme oranı ölçümü

Çevirme oranı ölçümü, özel cihaz yardımı ile kolaylıkla yapılabilen bir testtir. Transformator sargılarının sarım sayılarının projeye uygun olup olmadığını tespit edebildiğimiz bir testtir. Bu test ile trafo sargılarında herhangi bir iletken kopukluğu ya da kısa devre arızası olup olmadığı da kolayca tespit edilebilir.

Prensip olarak primer (YG) sargısı sarım sayısının, sekonder (AG) sargısı sarım sayısına oranı şeklinde düşünülerek test yöntemi geliştirilmiş ve ÇEVİRME ORANI KÖPRÜLERİ imal edilmiştir. Bu köprülerle test yapılabilmesi için öncelikle testten önce trafoların vektör gruplarının ( ya da bağlantı grubu) bilinmesi ve fazör diagramlarının incelenmesi gerekmektedir.

### Örnek olarak Dyn-5 grubu bir trafo vektör diyagramı aşağıdadır



Şekilde görüldüğü gibi paralel vektörlere dikkat etmek gerekir. Uygulanacak gerilimlerde gerilim vektörlerinin paralelliği şarttır.

Bu durumda **AB** arasına bir gerilim uygulanır ve bu gerilim ölçülerek **na** arasından ölçülen gerilime oranlanırsa çevirme oranı,

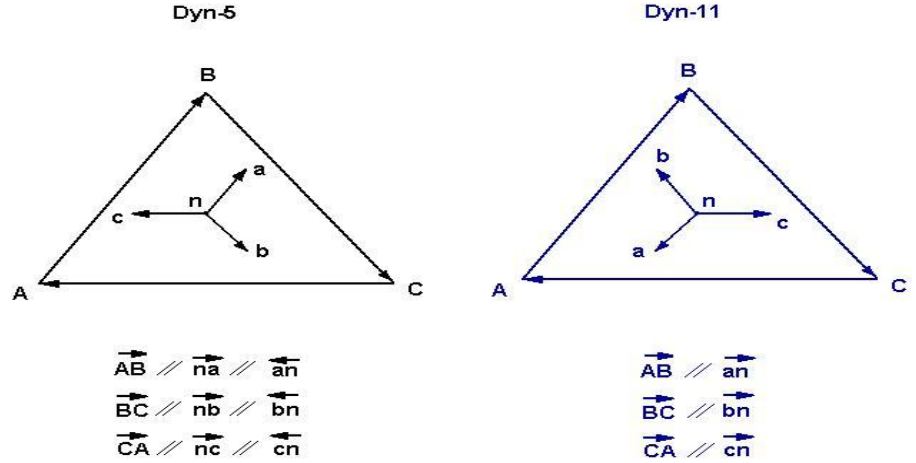
$$AB / na = n \text{ (Çevirme oranı)}$$

şeklinde bulunabilir. Daha sonra aynı şekilde sırasıyla **BC / nb** ve **CA / nc** oranları ölçülerek bulunur ve daha önceden hesaplanan teorik oranlarla mukayese edilir. Standartlarda teorik orana nazaran gerçek oran sapması için  $\pm 0,5 \%$  tolerans verilmiştir. Gerçek oran sapmasının bu toleranslar içinde kalıp kalmadığına bakılır.

## Vektör grubunun saptanması

Bazı çevirme oranı köprülerinde vektör grubu saptanması da kolaylıkla yapılabilir. Bu amaç için cihaz üzerine bir polarite anahtarı yerleştirilmiştir. Anahtar kapandığında polarite yani vektör grubu doğru ise galvanometre artı yönde sapmaktadır. Grup yanlış olduğu zaman da eksi yöne sapmakta böylelikle vektör grubunun doğruluğu kontrol edilmektedir.

Vektör grubu tayininde kullanılan bir yöntem daha vardır. Bu yöntemde çevirme oranı köprüsüne ihtiyaç duyulmamaktadır. Sadece maksimum 750 V. AC gerilim ölçebilen hassas bir voltmetre ile 3 fazlı 380 V. Uygun frekansta bir besleme gerilimi yeterli olacaktır. Şimdi bu yöntemin nasıl uygulanacağını Dyn-5 ve Dyn-11 vektör



grupları üzerinde incelersek

Her iki şekil dikkatlice incelendiğinde Dyn-5 grubunda alçak gerilim vektörlerinin sıfır grubuna göre 150° saat yönünde dönmüş olduğu, Dyn-11 grubunda ise bu açının 330° olduğu görülmektedir. Yüksek gerilim ve alçak gerilim vektörlerinin birbirlerine göre durumları incelenecek olursa Dyn-5 grubunda ;

$$\vec{AB} \parallel \vec{an}$$

yani alçak gerilim vektörünün yüksek gerilim vektörü ile paralel ancak 180° ters yönde olduğu görülmektedir. Dyn-11 grubunda ise bu sözkonusu vektörler yöndeş ve paraleldirler;

$$\vec{AB} \parallel \vec{an}$$

Şimdi bu özellikleri inceledikten sonra Dyn-5 ve Dyn-11 vektör gruplarının oluşturulabilmesi için sargıların sarım yönlerinin nasıl olması gerektiği hakkında yorum yapabiliriz. Buna göre Dyn-5 grubunda yüksek gerilim sargısı soldan sağa doğru sarılıyorsa, alçak gerilim sargısı ters yönde yani sağdan sola doğru sarılmalıdır. Dyn-11 grubunda ise hem yüksek gerilim hem de alçak gerilim sargıları aynı yönde sarılmalıdır. Kısaca bu iki grubu birbirinden ayıran tek özellik budur.

Şimdi bu grupları daha iyi tanıdık olduk. Artık vektör grubu saptanmasının nasıl yapıldığına geçebiliriz. Bunun için önce transformatörün alçak gerilim nötr ucu ile yüksek gerilim A-fazı ucu bir kablo ile birbirine kısa devre edilir. Daha sonra transformatörün yüksek gerilim A,B,C uçlarına üç fazlı 380 V. AC gerilim uygulanır, sonra aşağıda belirtilen uçlar arasındaki gerilimler ölçülerek kaydedilir.

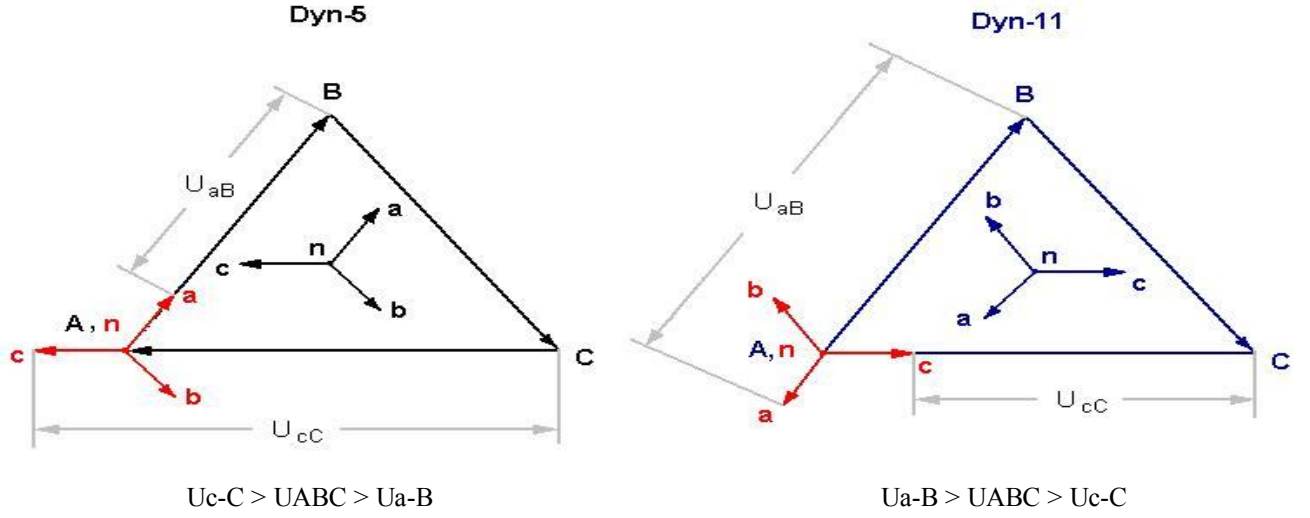
$$U(C - c)$$

$$U(A - B - C) \text{ (burada sadece faz arası bir gerilim ölçümü yeterlidir, yani } U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} \text{ gerilimlerinden sadece birini ölçmek yeterli olacaktır.)}$$

$$U(B - a)$$

# ÖZGÜR

## Motor & Generatör



Yukarıdaki şekillerden de görüleceği gibi Dyn-5 grubunda  $U_{c-C} > U_{ABC} > U_{a-B}$  olurken, Dyn-11 grubunda ise tam tersi  $U_{a-B} > U_{ABC} > U_{c-C}$  olmaktadır. O halde bu eşitsizliklere bakarak transformatörün vektör grubunu saptayabiliyoruz. Başka bir deyişle yukarıda belirtilen gerilim ölçümleri sonucunda elde edilen eşitsizlik  $U_{c-C} > U_{ABC} > U_{a-B}$  ise bu transformatörün vektör grubu kesinlikle Dyn-5 tir diyebiliriz. Eğer eşitsizlik  $U_{a-B} > U_{ABC} > U_{c-C}$  şeklinde ise de vektör grubunun kesinlikle Dyn-11 olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Benzer yaklaşımlarla diğer tüm vektör grupları da kolaylıkla saptanabilir.

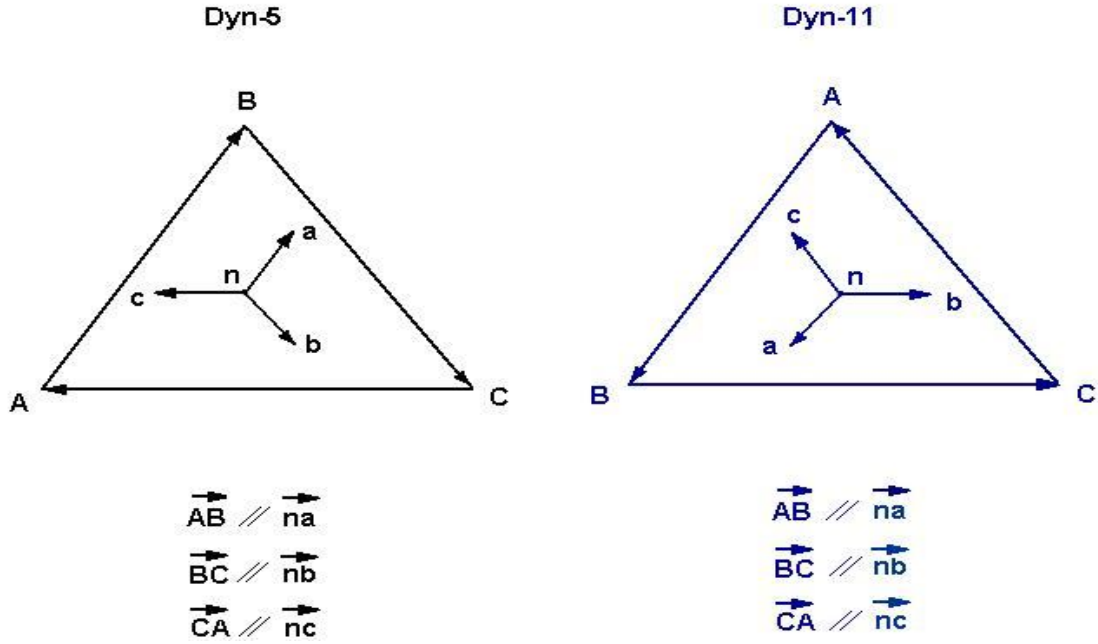
### 1.c. Farklı vektör grubundan transformatörlerin paralel çalıştırılması

Eğer paralel çalıştırılacak transformatörlerin vektör grupları iyi biliniyorsa ve transformatörler paralellik koşullarından vektör grubu hariç diğer koşulları ( nominal güçlerin uyumlu olması, nominal gerilimlerin ve kademe gerilimlerinin eşit olması, kısa devre empedans gerilimlerinin toleranslar dahilinde eşit olması ) tam olarak sağlıyorsa farklı iki gruptan transformatör bazı bağlantı varyasyonlarıyla paralel çalıştırılabilir.

Şimdi bu işlemin nasıl gerçekleştirildiğini görelim. Önce paralel çalıştırılacak transformatörlerden biri referans alınır. Diğer transformatörün paralel bağlantıda fazlarının yerleri değiştirilir.

Örneğin Dyn-5 grubu transformatörü referans alalım ve Dyn-11 grubu transformatörü sisteme bağlarken yüksek gerilim tarafında trafonun A ucunu sistemin B fazına, trafonun B ucunu sistemin A fazına ve trafonun C ucunu sistemin yine C fazına bağlayalım. Alçak gerilim tarafında da trafonun a ucunu sistemin a fazına, trafonun b ucunu sistemin c fazına, trafonun c ucunu sistemin b fazına ve de trafonun nötr ucunu yine sistemin nötr ucuna bağlayalım. Bu durumda Dyn-5 grubu trafo ile bağlantı değişikliği yapılmış Dyn-11 grubu trafoların vektör diyagramlarını yeniden çizelim.

# ÖZGÜR Motor & Generatör



Üstteki şekillerden görüleceği gibi paralellik şartları ve vektör grupları artık eşitlenmiş durumdadır.

Şimdi bu yöntemi daha da pekiştirmek için paralel çalışacak bu iki transformatörün AG ve YG şebekesine nasıl bağlandıklarını şekil üzerinde görelim.

