

Bir-fazlı Transformatörler

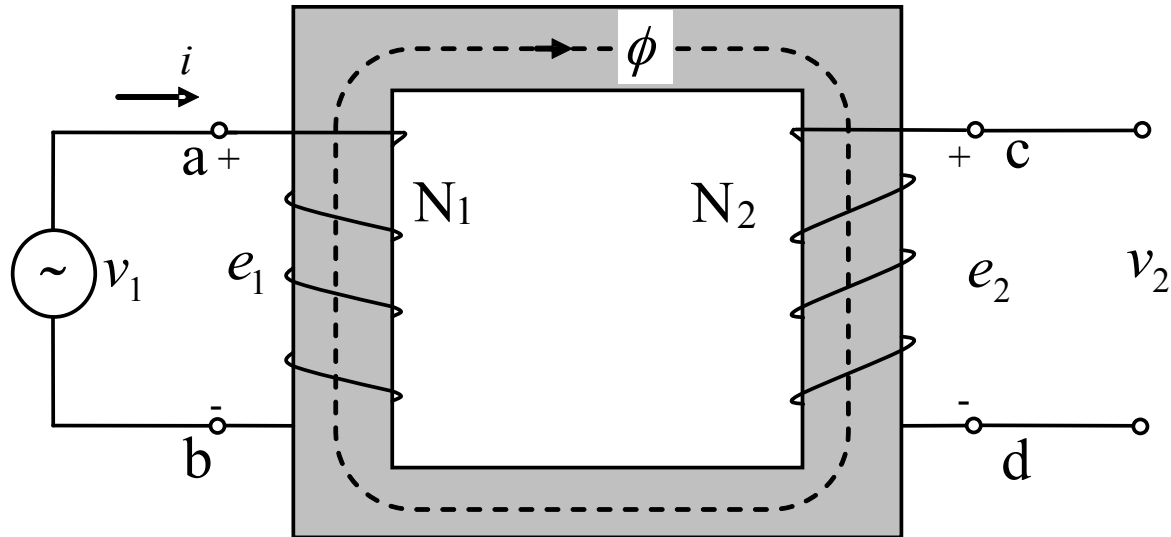
GİRİŞ

Transformatörlerin gerçek özellik ve davranışlarını daha kolay anlamak için ilk aşamada ideal transformatör üzerinde durulacaktır. Çünkü ideal transformatör durumunda modelleme ve analiz çalışmaları oldukça kolaydır. Daha sonra gerçek transformatörlerin modeli, yaklaşık eşdeğer devreleri, performans kriterleri olan gerilim regülasyonu ve verim, eşdeğer devre parametrelerinin tespiti, bir-fazlı transformatörlerin birbiriyle bağlantı şekilleri ve üç-sargılı transformatörler üzerinde durulacaktır. Burada temel olarak 50Hz kaynaktan beslenen güç transformatörlerine ağırlık verilecektir. Bu durumda kapasitif etkiler ihmal edilebilir. Ancak, yüksek-frekans uygulamalarında kapasitif etki dikkate alınmak zorundadır.

Transformatorların ideal sayılabilmesi için yapılan genel varsayımlar:

- Nüve kayıplarını oluşturan histerisis ve eddy akımı kayıpları ihmal edilmiştir.
- Kaçak akılar ihmal edilmiştir. Yani, bütün akı nüve içinde sınırlıdır ve her iki sargıyı da keser.
- Akıyı meydana getirmek için gerekli uyartım akımı ihmal edilmiştir. Yani nüvenin geçirgenliği çok yüksektir.
- Sargıların dirençleri ihmal edilmiştir.

İdeal Transformator



İdeal transformator

İdeal Transformator

Primer sargı zamanla değişen v_1 gerilim kaynağına bağlanır. Bunun sonucunda gerilimin genliğine, frekansına ve primer sargı sarım sayısına bağlı olarak devreden geçen primer akımı tarafından üretilen ve zamanla değişen bir manyetik akı nüvede dolaşır. Nüvedeki değişken akı primer sargısında bir gerilim endükler ve bu gerilim primere uygulanan gerilime zıttır.

İdeal transformatorda primer sargı gerilimi ile endüklenen gerilimin polariteleri dikkate alındığında,

$$v_1 = e_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt} = \frac{d\lambda_1}{dt}$$

Sargı dirençleri ihmal edildiği için zıt emk, uygulanan gerilime eşit olur.

Burada N_1 primer sargının sarım sayısını, λ_1 ise primer sargı akısını temsil eder.

İdeal Transformator-Yüksüz

Zamanla değişen nüve akısı tarafından kesilen
sekonder sargıda endüklenen emk;

$$v_2 = e_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt} = \frac{d\lambda_2}{dt}$$

Burada N_2 sekonder sargı sarım sayısı,
 λ_2 sekonder sargı akısıdır.

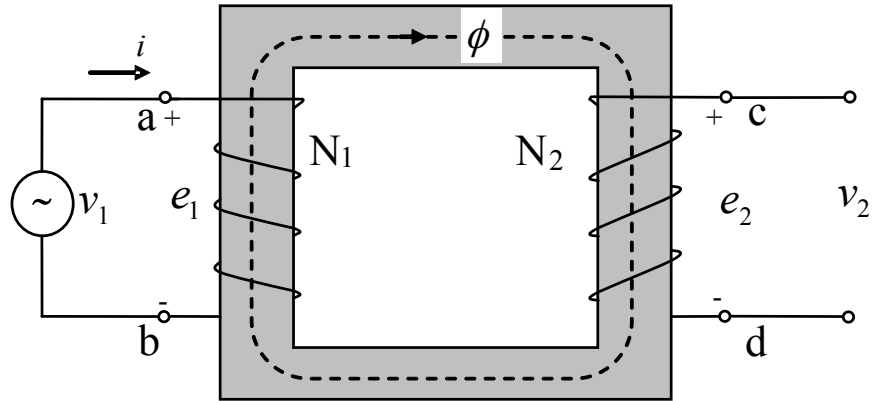
Primer ve sekonder gerilimleri oranlanırsa;

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Bu denklem, primerde ve sekonderde endüklenen gerilimlerin oranının primer ve sekonder sarım sayılarının oranına eşit olduğunu göstermektedir.

$$\frac{N_1}{N_2} = a$$

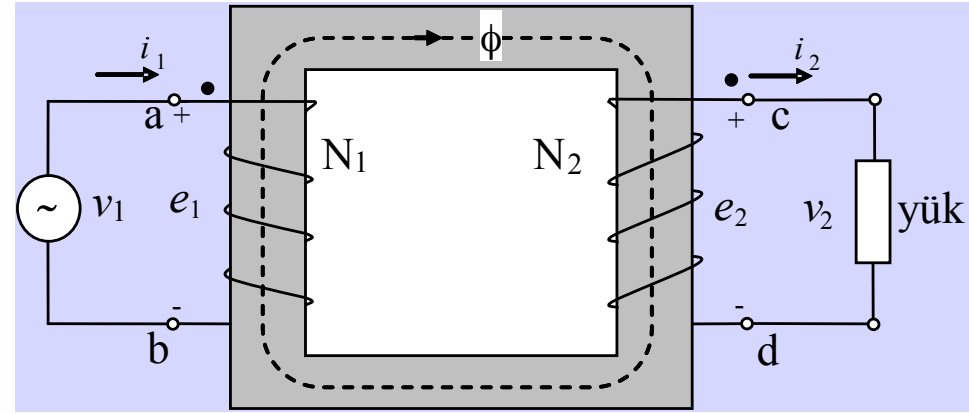
a sarım oranı veya dönüştürme oranı olarak bilinmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır.



İdeal transformator-Yüksüz

İdeal Transformator-Yüklü

Sekonder sargı uçlarına bir yük bağlanırsa, sekonderden yük akımı geçer. Akımın genliği yük empedansına bağlıdır. Ancak sekonder akımının ürettiği manyetik akının yönü nüve akısını zayıflatma ve primerde endüklenen gerilimi azaltma eğilimindedir.



Yük bağlı ideal transformator

İdeal bir transformatorunda e_1 her zaman v_1 gerilimine eşit olmak zorundadır. Diğer bir ifadeyle, nüve akısı daima yüksüz durumdaki gerçek değerine eşit olmalıdır. Bu durumu sağlamak için yük akımı arttıkça, v_1 gerilimi primer sargıdan daha fazla I_1 akımı geçirir. Primer akımındaki artış primer ve sekonder sargılarından geçen akımların ürettikleri mmk'ler eşit oluncaya kadar devam eder.

İdeal Transformator-Yüklü

Kayıplar ihmal edilirse,
transformatorun giriş gücü ile çıkış gücü eşit olur.

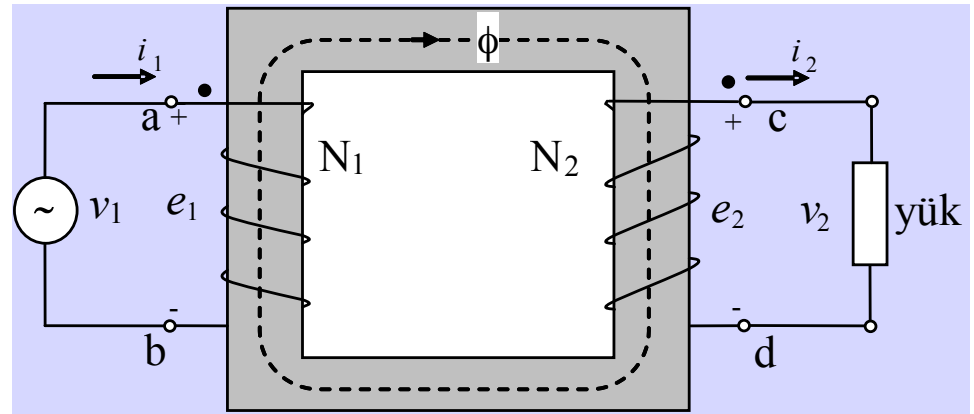
$$v_1 i_1 = v_2 i_2$$

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{N_1}{N_2} = a$$



İdeal transformator-Yüklü

İdeal bir transformatorunda akımların oranınının, gerilimlerin (veya sargıların) oranınının tersine eşit olduğu görülür. Bu sonuca göre, istenen her hangi bir gerilim değerinin, transformatorun sarım sayıları ayarlanarak elde edilebileceği görülmektedir.

İdeal Transformator-Yüklü

Transformatorlar geniş bir sınıflandırmada,

Yükseltici

veya

Düşürücü

tipler olarak adlandırılabilirler.

Yükseltici transformatorda:

$$N_1 / N_2 < 1$$

$$V_2 > V_1$$

Düşürücü transformatorda:

$$N_1 / N_2 > 1$$

$$V_2 < V_1$$

İdeal Transformator-Yüklü

Primere uygulanan gerilimin sinüsoidal değişiminin neticesinde nüvede oluşan manyetik alan da ideal durumda sinüsoidal olacaktır.

$$\phi_{(t)} = \phi_m \sin \omega t$$

$$e_{1(t)} = N_1 \phi_m \omega \cos \omega t$$

$$e_{1(t)} = 2\pi f N_1 \phi_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

$$e_{1(t)} = \omega N_1 \phi_m \cos \omega t$$

$$e_{1(t)} = \sqrt{2} E_1 \sin(\omega t + 90^\circ)$$

$$e_{1(t)} = \sqrt{2} E_1 \cos \omega t$$

Primer emk'nin etkin değeri

$$E_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} N_1 \phi_m f$$

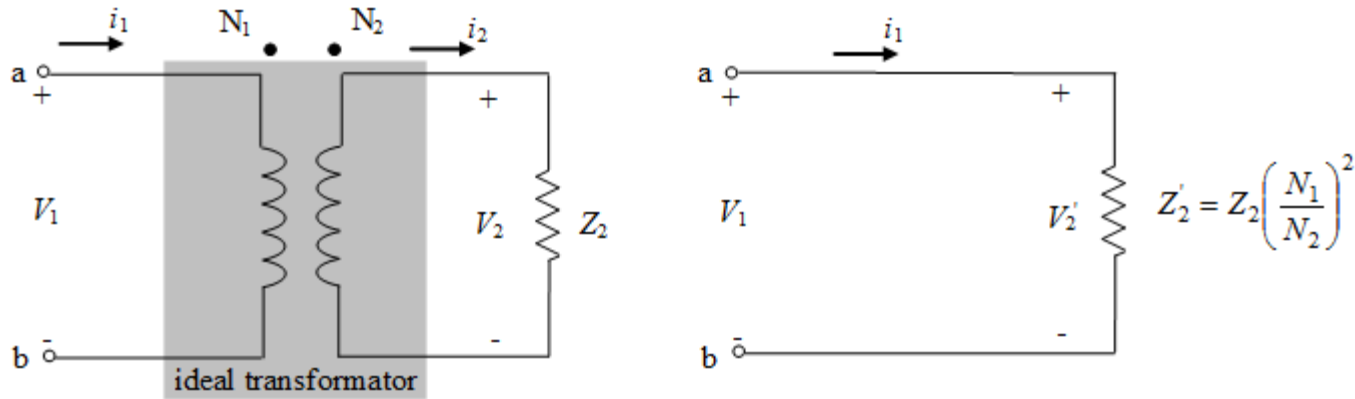
$$E_1 = 4.44 N_1 \phi_m f$$

Endüklenen gerilim:

- Sarım sayısına
- Akı genliğine
- Kaynak frekansına orantılıdır.

İdeal Transformator-Yüklü

Sargı dirençleri, kaçak endüktansları ve uyartım kayıpları ihmal edilmiş ideal bir transformatora bir yükün bağlandığını varsayınız.



Sekonderine yük bağlı ideal bir transformator ve eşdeğer devresi

$$\frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \frac{V_2}{I_2} = Z_1$$

$$\frac{V_2}{I_2} = Z_2$$

$$\frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2$$

$$Z_2' = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2$$

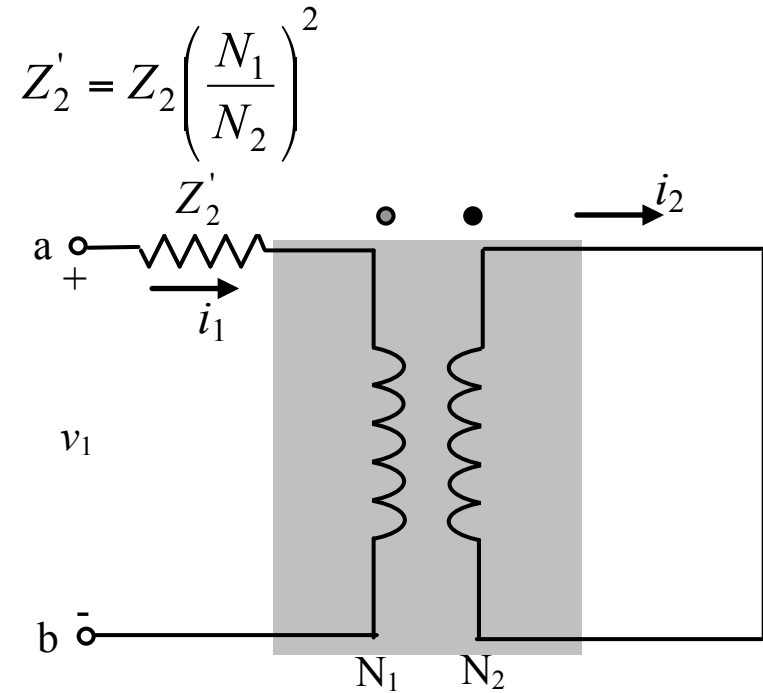
İdeal Transformator-Yüklü

$$\frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \frac{V_2}{I_2} = Z_1$$

$$\frac{V_2}{I_2} = Z_2$$

$$\frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2$$

$$Z_2' = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2$$



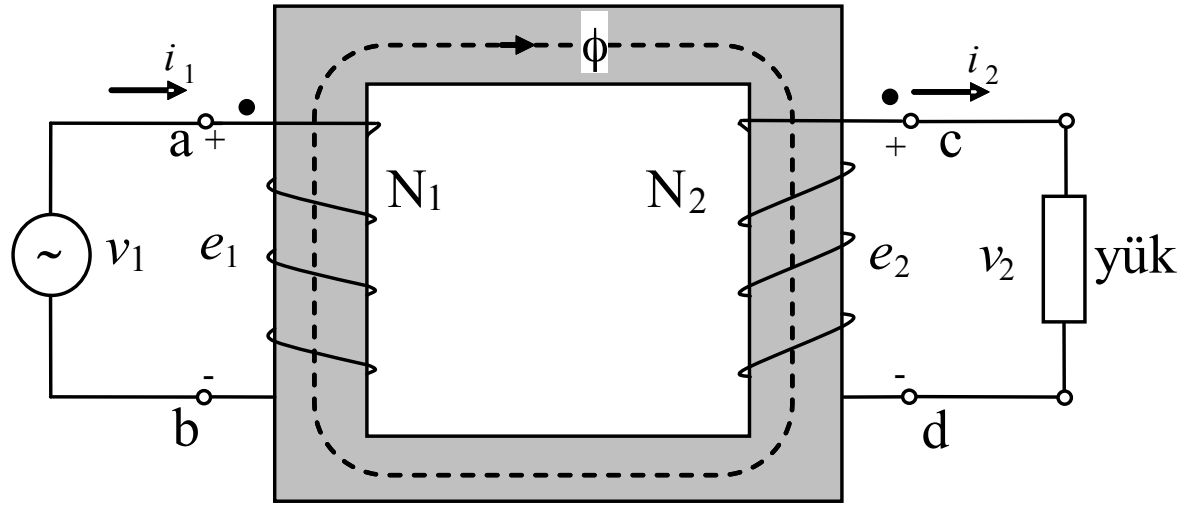
İdeal transformatorun yük empedansının primer tarafına aktarılması

Transformator-Polarite

Transformator polaritesi: Bir transformatorun ikiden fazla sargısı olabilir ve gerilim seviyesini yükseltmek için bu sargıların kendi aralarında seri bağlantılarına, akım seviyelerini yükseltmek için ise paralel bağlantılarına gerek olabilir. Gerekli bağlantı yapılmadan önce her bir sargının polaritesi bilinmelidir.

Bir sargıda endüklenen gerilimin polaritesi dot (•) veya pozitif (+) ve negatif (-) işaretleri ile gösterilir. Dotlu terminalin (ucun) potansiyeli dotsuz terminalden daha yüksektir. Polarite ile her bir sargıda endüklenen gerilimin diğer sargılara göre bağıl yönü de ifade edilmektedir.

Transformator-Polarite

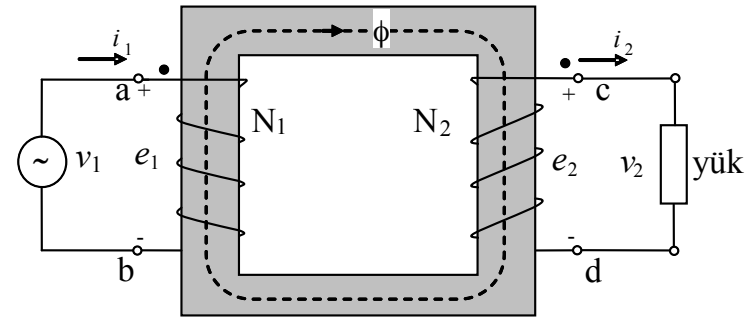


Şekildeki gibi transformatorun primer sargısına sinüsoidal v_1 gerilimi uygulanırsa, sargıdan geçen i_1 akımı bir zıt emk üretilmesine neden olur. İdeal bir transformatorunda zıt emk kendisini meydana getiren kaynak gerilimine eşit, ancak zıt yönlü olacaktır. Primerin **a** terminalinden akım girdiği için **a** terminali **b** terminaline göre daha yüksek potansiyele sahip olmaktadır ve bundan dolayı dot ile işaretlenmiştir.

Transformator-Polarite

Primer akımı nüvede saat yönünde ve değişken bir manyetik akı üretir. Sekonder sargıyı kesen bu akı sekonder sargıda e_2 gerilimini endükler ve sonuçta sekonder sargıdan bir i_2 akımı geçer.

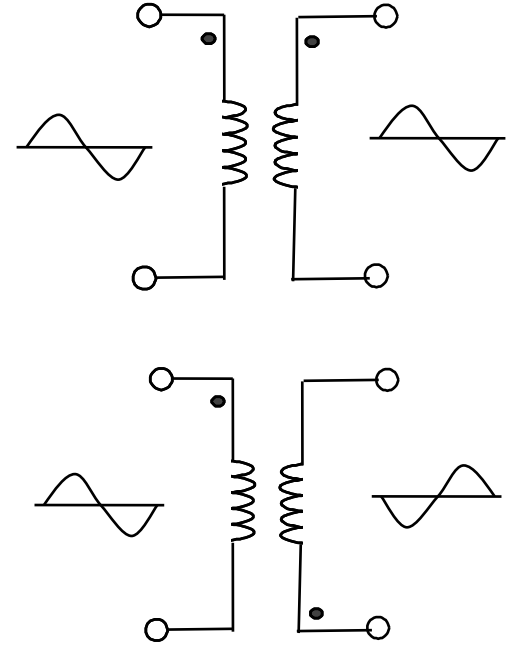
Sekonder sargı akımının yönü şöyle belirlenir.



Sekonder sargı akımının üreteceği manyetik akı, kendisini oluşturan orijinal nüve akısına zıt yönde olmalıdır. Bu şartı sağlayan akım yönü sekonder sargının akım yönünü verir. Şekildeki gösterime göre akımın yönü **c** terminaline doğrudur. Bu durumda, sekonder sargı yönüne göre **c** terminal ucu, **d** terminal ucuna göre pozitif polariteli olmalıdır. **a** terminal ucu ile **c** terminal ucu polariteleri pozitif olduğu için bu sargıların aynı polariteli ve aynı fazlı oldukları söylenebilir.

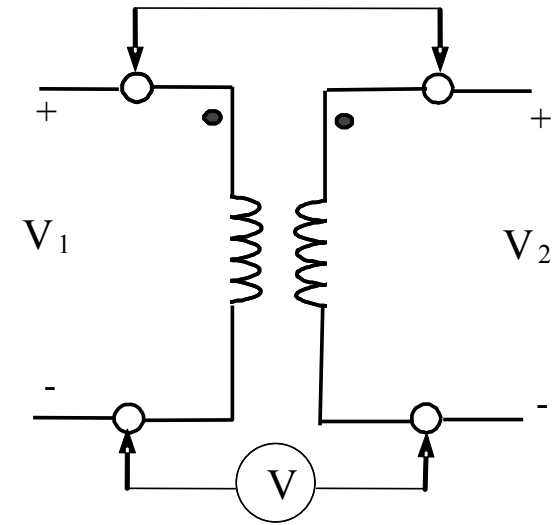
Transformator-Polarite

Polarite işaretlemesine uygun bir örnek üst şekilde gösterilmiştir. dot ile işaretlenmiş uçların gerilimleri aynı fazdadırlar. Alttaki şekilde ise polariteleri farklı olan sargıların dot işaretlemesi gösterilmiştir. Bu sargıların fazları aynı değildir. Sekonder gerilimi primer geriliminden 180° faz farklıdır. Bir transformatorun primer sargı akımının ürettiği manyetik akı ile sekonder sargı akımının ürettiği manyetik akı birbirine zıt yönlü ise transformatorun “çıkarmalı polariteli”, manyetik akılar aynı yönde ise “toplamalı polariteli” olduğu söylenir. Bu tanımlamaya göre üstteki Şekildeki transformator çıkarmalı polariteli, alttaki Şekildeki ise toplamalı polaritelidir.

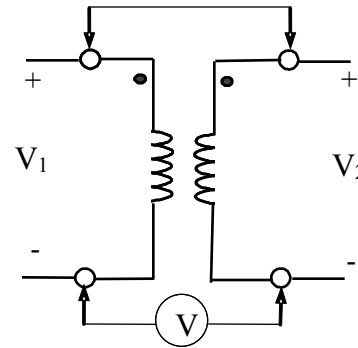
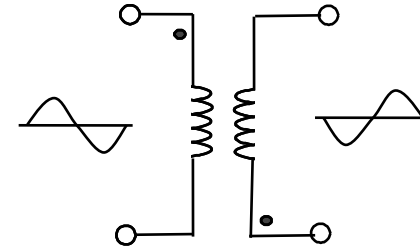
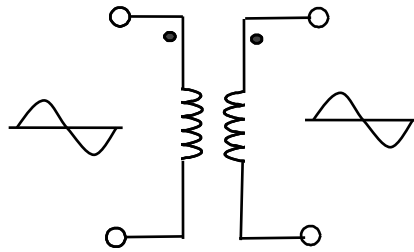


Transformator-Polarite

Bir transformatorun polariteleri basit bir deney ile belirlenebilir. Bunun için yan şekildeki transformatorun yüksek ve d u uk gerilim sargılarının üstteki yakın terminalleri birbiriyle birleştirilir ve boşta kalan alttaki uçlar arasına bir voltmetre ba lanır. Yüksek gerilimli sargı uçlarına d u uk bir gerilim uygulanır. Voltmetre; uygulanan gerilimden daha d u uk bir değer gösterirse transformatorun “ ıkarmalı polariteli” olduğu, yüksek gösterirse “toplamalı polariteli” olduğu söylenir.



Transformator-Polarite



Transformator sargılarının polariteleri (a) çıkış ve giriş gerilimleri aynı fazdadır (b) çıkış gerilimi giriş geriliminden 180° faz farklıdır, (c) polarite deneyi