

## Transformatörde Polaritenin Önemi ve Deneysel Olarak Belirlenmesi

Hüseyin ALTUN

Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Elazığ.  
haltun@firat.edu.tr

(Geliş/Recieved: 10.04.2017; Kabul/Accepted: 10.07.2017)

### Özet

Elektromanyetik bir sistem olarak transformatör, gerek bir fazlı veya 3-fazlı, gerekse de iki sargılı veya çok sargılı ve güç transformatörü veya ölçü transformatörü şeklinde birçok alanda geniş bir biçimde kullanıldığı aşikârdır. Elektriksel şekilde, anma değerleri bakımından koşullu olarak, kendi aralarında seri ya da paralel bağlantı durumunda ve elektriksel bağlantı şeklinin sistem ihtiyacını doğru karşılayabilmesi için transformatörlerin polaritesinin bilinmesi gerektiği noktasından hareketle, bu çalışmada transformatör polaritesinin bilinmesinin gerekliliği üzerinde durulmuş ve polarite tayini için kullanılan yöntemlerle ilgili derleme bilgi verilmiştir. Şekillerle destekli transformatör polaritesinin önemi üzerinde durulurken, polarite dikkate alınarak yapılacak bağlantıların daha iyi anlaşılabilmesi için, kullanılan şekillerde genellikle biri eksiltmeli transformatör (TR-I) ve diğeri eklemeli transformatör (TR-II) olarak ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Transformatör, Polarite, Polarite tayini, Transformatör bağlantıları.

## The Importance of Polarity in a Transformer and Its Experimental Determination

### Abstract

As an electromagnetic system, it is obvious that the transformer is widely used in many fields, either as a single-phase or 3-phase or as two windings or multi-winding and as a power or instrument transformer. For electrical connections in serial or parallel of power transformers under various conditions, and in case of the connections of instrument transformers which are used for measuring and control purposes, it is essential that the polarity is taken into account to meet the requirements of the system. In this study, necessity of the polarity of transformers is emphasized and review information about the methods used for the polarity determination is given. While emphasizing the importance of polarity, mostly in all given figures two transformers are used, one subtractive transformer (TR-I) and the other additive transformer (TR-II)

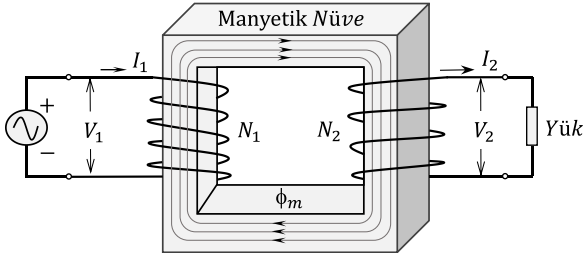
**Keywords:** Transformer, Polarity, Polarity determination, Transformer connections.

### 1. Giriş

Günümüzde transformatör güç sistemleri, güç elektroniği, ölçme tekniği ve haberleşme tekniği gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Genel olarak, Şekil-1'deki gibi manyetik bir nüve etrafında sarılan sargılardan oluşan transformatör endüksiyon yasasına göre, yani Faraday Yasasına göre çalışır. Enerji kaynağına bağlanan yanına "Primer" ve yüke enerji aktaran yanına "Sekonder" denilmektedir. Transformatör enerji dönüşümü yapmaz, enerji transferi yapan elektromanyetik bir sistemdir. Transformatör zamanla değişen bir gerilim kaynağından beslendiği sürece, zamanla değişen manyetik alan

kuvvet çizgilerinin sekonderi endüksiyon yasası yoluyla etkilediği için, sekonderde gerilim üretilmektedir ve bu gerilim kullanılarak bir yüke güç aktarılabilir. Nihai olarak primerin beslendiği AC kaynaktan çektiği elektrik gücü, manyetik kuvvet çizgileri yoluyla sekondere aktararak, sekondere bağlı yük empedansına yine elektrik gücü olarak iletilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi çeşitli alanlarda kullanılan transformatörün, kullanıldığı alanda çeşitli güç ölçüm cihazlarıyla bağlantısını doğru bir şekilde yapabilmek önem arz etmektedir. Aynı zamanda birden fazla sayıda transformatör bir araya getirilerek bir yükün ihtiyaç duyduğu elektrik gücünü ve gerilim seviyesini temin edilebilir.

için, bir araya getirilen transformatörlerin birbiriyle bağlantısını doğru bir şekilde yapabilmek, transformatörlerin polaritelerinin bilinmesine bağlıdır. Kısaca bir transformatörün başka güç ölçümü cihazlarıyla veya başka transformatörlerle bağlantısını doğru yapabilmek için polaritesinin deneysel olarak tayin edilmesi gerekir.

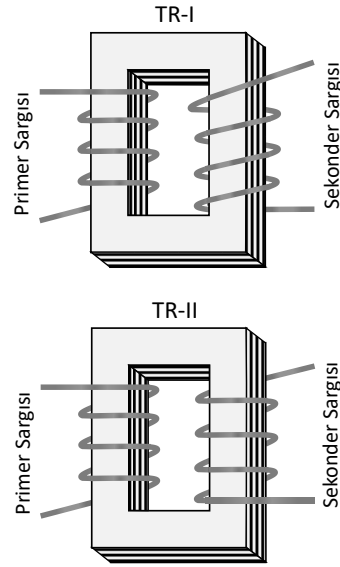


Şekil 1. Manyetik nüve ve sargılardan oluşan çekirdek tip transformatör

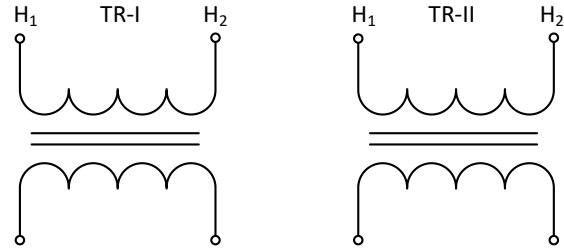
## 2. Transformatör Sargılarının Sarım Yönü

Şekil-2’de çekirdek tip iki adet tek fazlı transformatörün primer ile sekonder sargılarının sarım yönleri verilmektedir. Verilen her iki transformatörde de primer sargılarının sarım yönü aynı, ancak sekonder sargılarının sarım yönü zıttır. Her bir transformatör için sekonder sargısının sarım yönünün primer yana göre aynı yönde veya zıt yönde olması, sekonderde endüksiyon yoluyla üretilen gerilimin primer yana uygulanan gerilimle aynı fazda veya  $180^\circ$  faz farklı olması anlamına gelmektedir. Şekil-2’de verilen I nolu transformatörün sekonderinde endüklenen gerilim primer yana uygulanan gerilimle aynı fazda iken, II nolu transformatörün sekonderinde endüklenen gerilim ile primer yana uygulanan gerilim arasında  $180^\circ$  faz farkı bulunmaktadır. Bu nedenle I nolu transformatöre ‘Eksiltmeli’ (subtractive) transformatör ve II nolu transformatöre ‘Eklemeli’ (additive) transformatör denilmektedir. Bu isimlendirmeler sekonder geriliminin primer geriliminden küçük olduğu durumda transformatöre verilen ‘düşürücü transformatör’ ve sekonder geriliminin primer geriliminden büyük olduğu durumda transformatöre verilen ‘yükseltici transformatör’ şeklindeki isimlendirmelerle karıştırılmamalıdır. Zira ‘Eksiltmeli’ ve ‘Eklemeli’ transformatör şeklindeki isimlendirmeler polarite açısından [13].

Transformatörler için temsili gösterimler her zaman Şekil-2’deki gibi sargıların sarım yönleri görüleceği şekilde yapılmadığından dolayı, çizimi daha kolay bir şekilde yapılabilen ve basit görümlü olduğu için tercih edilen başka temsili gösterimlerden, transformatörlerin ‘Eksiltmeli’ veya ‘Eklemeli’ olup olmadığı anlaşılacaktır. Şekil-2’de verilen transformatörler için çizimi daha kolay bir şekilde yapılabilen ve basit görümlü alternatif bir temsili gösterim Şekil-3’te verilmektedir.



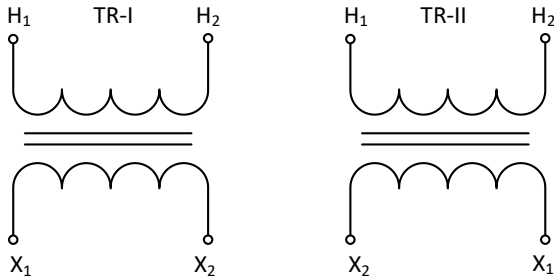
Şekil 2. Primer ve sekonder sarım yönleri gösterilmiş çekirdek tip transformatörler



Şekil 3. Tek fazlı transformatör için temsili gösterimler

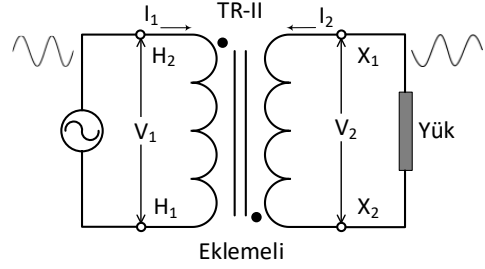
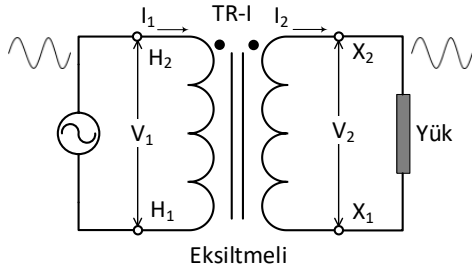
IEEE Std C57.12.00 and IEEE Std C57.12.20™-2005 standardına göre [1], transformatöre üstten dik bir şekilde bakıldığında, sol kolumuzun tarafında kalan primer sargısının ucuna  $H_1$  ve sağ kolumuzun tarafında kalan primer ucuna  $H_2$  isimlendirmesi yapılması şartıyla, sekonderin uçlarından birine  $X_1$  ve diğerine  $X_2$  şeklinde isim verilir. Sekonderin hangi ucuna  $X_1$  ve hangi ucuna  $X_2$  ismi verileceği ise polarite tayini için yapılacak deney sonucuna

bağlıdır. Eğer deney sonucu transformatörün eksiltmeli olduğu belirlenirse, Şekil-3'te sarım yönü belli olmayan temsili gösterimde primer  $H_1$  ucunun karşısındaki sekonder ucuna  $X_1$  ve primer  $H_2$  ucunun karşısındaki sekonder ucuna  $X_2$  ismi verilir. Eğer deney sonucu transformatörün arttırmalı veya eklemeli olduğu belirlenirse, bu defa Şekil-3'te sarım yönü belli olmayan temsili gösterimde primer  $H_1$  ucunun karşısındaki sekonder ucuna  $X_2$  ve primer  $H_2$  ucunun karşısındaki sekonder ucuna  $X_1$  ismi verilir. Örneğin Şekil-2'de gösterilen I ve II nolu transformatörlerin alternatif gösterimi sırasıyla Şekil-3'teki I ve II nolu transformatörler ise, bu transformatörlerden I nolu olan eksiltmeli ve II nolu olan arttırmalı veya eklemeli olduğu için, sekonder uçlarına Şekil-4'teki gibi isimler vermek gerekir.



**Şekil 4.** Eksiltmeli ve eklemeli transformatörlerin primer ve sekonder sargı uçlarının isimlendirilmesi

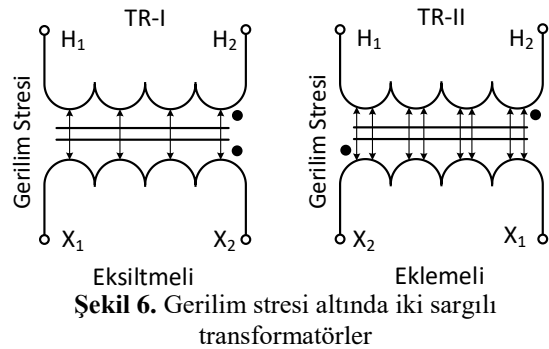
Transformatörlerin aynı zamanda nokta notasyonu yapılarak temsili devre diyagramları çizilebilmektedir. Şekil-5'te, daha önce verilen şekillerde gösterilen I ve II nolu transformatörlere ilişkin nokta notasyonu yapılarak bu transformatörlerin devre diyagramları verilmiştir.



**Şekil 5.** Nokta notasyonu ile polaritesi anlaşılan transformatör temsili devre diyagramları

### 3. Gerilim Stresi

Uzun yıllar önce transformatörler güç sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandıktan sonra, iki sargılı transformatörde primer ve sekonder sargılarının arasındaki potansiyel farktan kaynaklı iki sargı arasında bir gerilim stresi meydana geldiği belirlenmiştir [10]. Bu gerilim stresinin transformatörün polaritesinden ve transformatör sargılarından geçen akımların yönünden etkilendiği görülmüştür. Bir transformatörün gerilim stresi arttığında, transformatör ömrünün azaldığı belirlenmiştir. Sargı izolasyon yetmezlikleri artan gerilim stresinin ana sonuçlarından birisidir. Ayrıca eksiltmeli transformatörün eklemeli transformatöre nazaran daha düşük seviyede gerilim stresi meydana getirdiği belirlenmiştir. Şekil-6'da gerilim stresi altında bir transformatör verilmektedir. Örneğin 20.000 volt primer ve 10.000 volt sekonder gerilimine sahip iki sargılı bir transformatör ele alındığında, eksiltmeli ve eklemeli transformatörler açısından gerilim stresi karşılaştırması yapılacak olursa; eksiltmeli transformatör için gerilim stresi,  $20.000/2 - 10.000/2 = 5.000$  volt iken eklemeli transformatör için gerilim stresi,  $20.000/2 + 10.000/2 = 15.000$  volt kadardır.



**Şekil 6.** Gerilim stresi altında iki sargılı transformatörler

Görüldüğü gibi polarite açısından eklemeli transformatörde meydana gelen gerilim stresi eksiltmeli transformatörde meydana gelen gerilim stresine göre çok daha büyüktür. Bu nedenle eklemeli olarak üretilecek bir transformatörün gerilim stresi belli bir değerden büyük olacaksa, gerilim stresinin sargı izolasyonuna etkisini azaltmak için o transformatör eksiltmeli transformatör olarak üretilmesi gerekir. Böyle olunca yüksek gerilimli transformatörler daha uzun ömürlü olacaktır. Gerilim stresi hakkında bu kadar bilgi, neden bütün transformatörlerin eksiltmeli transformatörler olarak üretilmediği sorusunu akla getirmektedir.

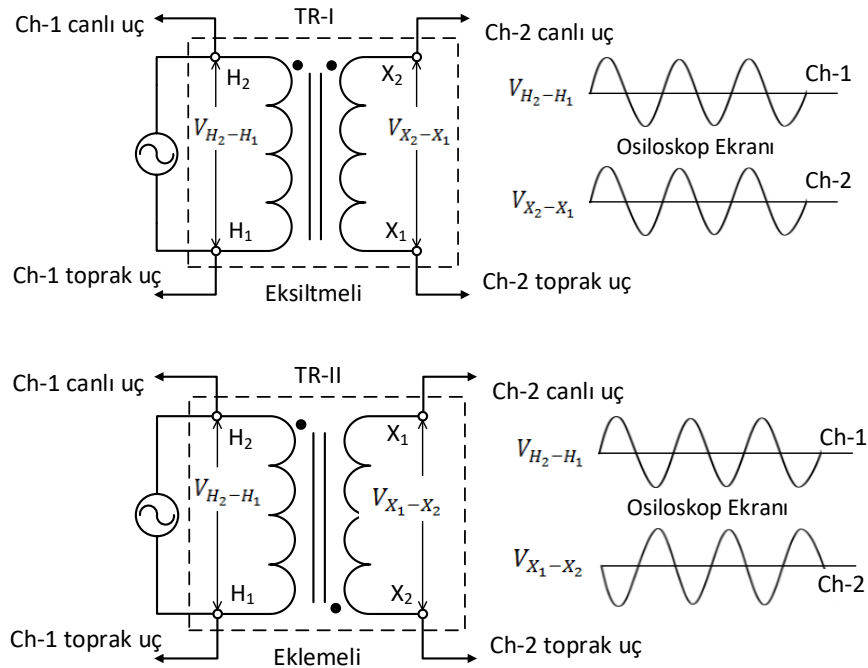
#### 4. Polarite Tayini

Transformatörlerde polaritenin belirlenmesi için;

- Osiloskop kullanılarak polarite belirleme,
- Doğru akım (DC) kullanılarak endüktif darbe ile polarite belirleme,

- Alternatif akım (AC) ile polarite belirleme yollarından biri tercih edilebilir.

Osiloskop kullanılarak polarite tayin edilecekse, transformatörün primer yanına gerilim uygulanarak ve osiloskop'un bağlantıları uygun şekilde yapılarak, osiloskop ekranında iki kanala ait görüntülenecek olan iki sinyalin aralarındaki faz açısına bakmak gerekir. Görüntülenen iki gerilim sinyali aynı fazda ise, transformatörün eksiltmeli yani subtractive bir transformatör olduğuna, görüntülenen iki gerilim sinyali  $180^\circ$  faz farklı ise, transformatörün eklemeli yani additive bir transformatör olduğuna karar verilir ve buna göre standartlara uygun bir şekilde primer ve sekonder uçları sırasıyla  $H_1-H_2$  ve  $X_1-X_2$  sembolleriyle isimlendirilir. Şekil-7'de osiloskop kullanılarak, TR-I ve TR-II'nin polaritelerinin tayin edildiği görülmektedir [3].



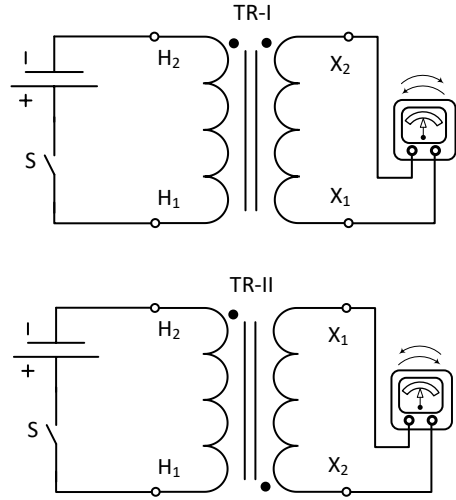
Şekil 7. Osiloskop ile bir transformatörün polaritesinin tayini

DC akım ile polarite tayin edilecekse, 1,5-V veya 6-V'luk bir kuru batarya ve skalası 1,5 ve 10-V olan bir DC voltmetrenin kullanılması gerekir. Voltmetre ibresinin her iki yönde sapma imkânına sahip olabilmesi için, ibrenin aktif

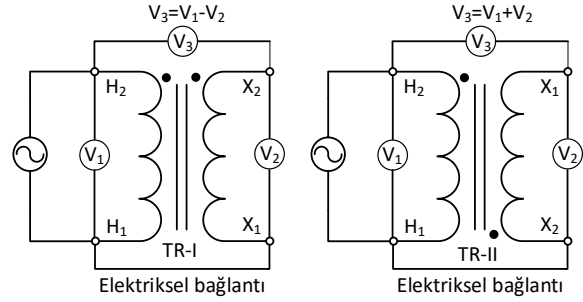
değilken bulunduğu sıfır pozisyonundan skala yönünde mekanik olarak yeterince saptırılarak sıfır pozisyonu değiştirilmesi gerekir. Şekil-8'de verildiği gibi, DC voltmetre sekonder yana ve kuru batarya ise bir anahtar üzerinden primer yana

bağlanmış. Şekil-8’de görüldüğü gibi, kuru tip DC bataryanın pozitif kutbu primer tarafın  $H_1$  ucuna ve negatif ucu ise primer tarafın  $H_2$  ucuna doğru bağlandığına dikkat ediniz. Anahtar kapatıldığı anda eğer voltmetrenin ibresi endüktif darbe etkisiyle skala yönünde ve anahtar açıldığı anda voltmetrenin ibresi skalanın tersi yönünde saparsa, transformatörün eksiltmeli transformatör polaritesine sahip olduğuna karar verilir. Benzer şekilde, anahtar kapatıldığı anda eğer voltmetrenin ibresi endüktif darbe etkisiyle skalanın tersi yönünde ve anahtar açıldığı anda voltmetrenin ibresi skala yönünde saptığı görülürse, transformatörün eklemeli transformatör polaritesine sahip olduğuna karar verilir. Anahtar açıldığında meydana gelen endüktif darbe, anahtar kapandığında meydana gelen endüktif darbeden çok daha büyük olacağı ve özellikle akım transformatörleri için bu yöntemin transformatör nüvesinde artık bir manyetik alana neden olma ihtimali bulunduğu için, transformatörün bir dahaki çalışmasında doyuma girmesine sebep olabileceği bilinmelidir. Bu nedenle, bu testin ardından akım transformatörü üzerinde bir ikaz veya doyma testinin de yapılmasında yarar vardır.

Polarite belirlemenin yollarından bir diğeri ise AC gerilim ile polarite belirlemedir. Burada polaritenin belirlenebilmesi için, transformatörün primer yanı ile sekonder yanı arasında elektriksel bir bağlantı kurmak gerekir. Bu nedenle, Şekil-9’da verildiği gibi primer yan ile sekonder yan arasında elektriksel bağlantı kurulduktan sonra, voltmetreler aracılığıyla ölçülen primer ile sekonder gerilimlerinin, primer yan ile sekonder yan arasında bağlanan üçüncü bir voltmetre tarafından farkı mı yoksa toplamı mı ölçüldüğüne bakmak gerekir. Eğer üçüncü voltmetre bu gerilimlerin farkını yansıtıyorsa transformatör eksiltmeli, toplamını yansıtıyorsa transformatör eklemeli transformatör olduğuna karar verilir ve buna göre sekonder uçları, transformatöre üstten dik şekilde bakıldığında sol kolun tarafında kalan primer ucuna  $H_1$  ve sağ kolun tarafında kalan primer ucuna  $H_2$  isimlendirmesi yapılması şartıyla,  $X_1$ - $X_2$  şeklinde isimlendirilir [3, 4, 8].



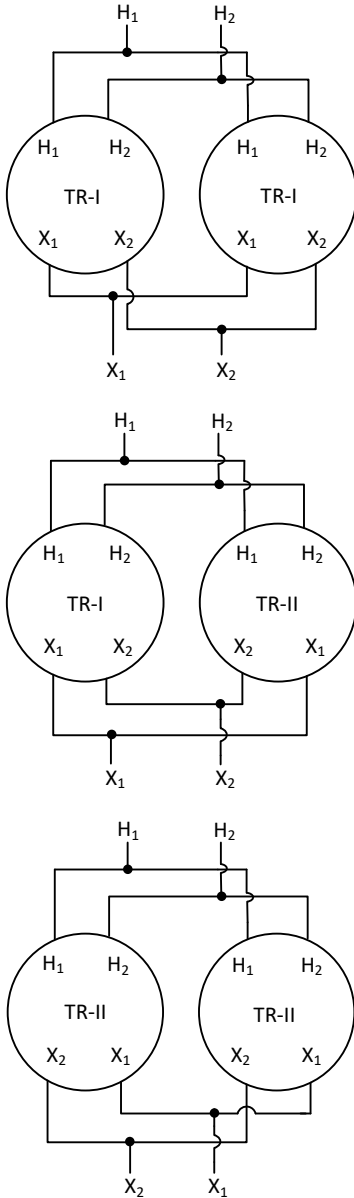
Şekil 8. Endüktif darbe ile polarite belirleme



Şekil 9. AC akım ile polarite belirlemek için bağlantılar

## 5. Uygulamalar

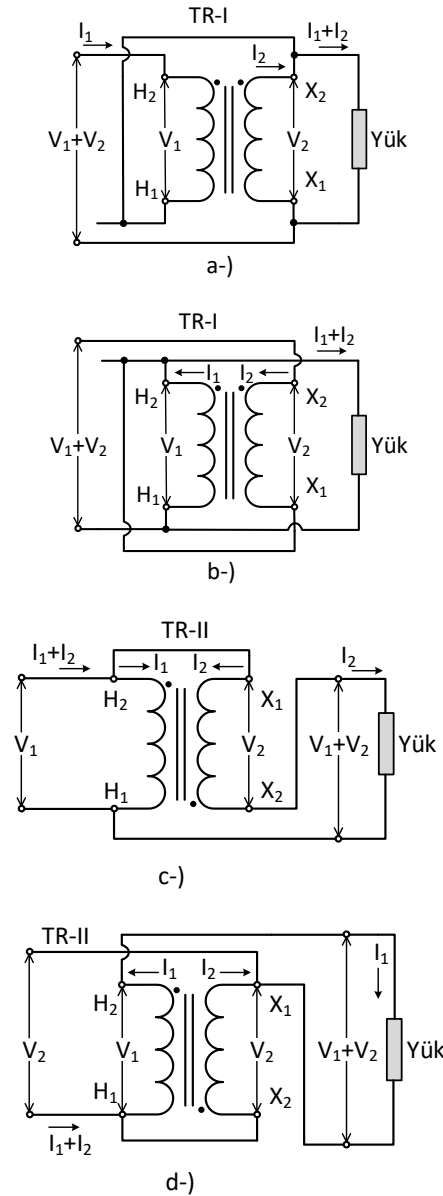
Artık polaritesi belirlenen transformatörler daha yüksek güç kapasitesi oluşturmak için frekans, gerilim ve sarım oranı bakımından aynı, güç bakımından yaklaşık aynı veya aynı anma değerlere sahiplerse ve bağlantı esnasında her iki transformatör arasında empedans uyumu belli sınırlar içerisinde olması kaydıyla, bu defa polarite de dikkat alınarak paralel bağlanabilirler. Bunlar” dikkate alınmadan yapılacak bağlantıda transformatörler büyük oranda zarar görebilir veya kullanılamaz hale gelebilir. Şekil-10’da polarite dikkate alınarak, aynı anma değerlere sahip tek-fazlı transformatörlerin paralel bağlantıları gösterilmiştir.



Şekil 10. Transformatörlerin paralel bağlanması

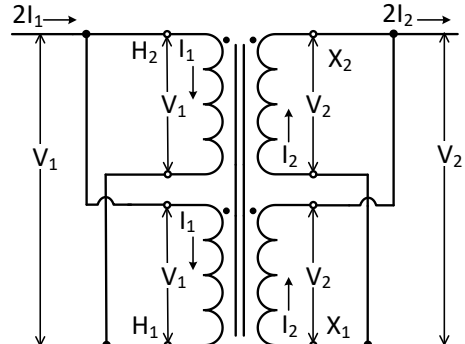
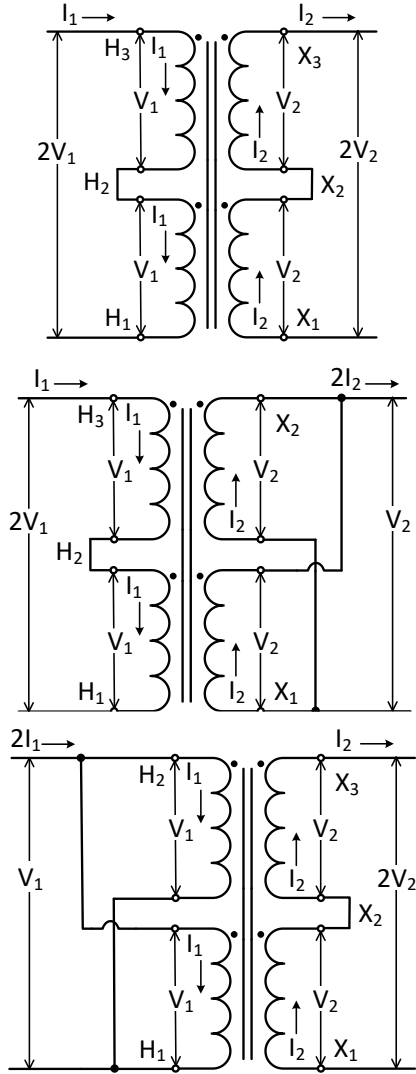
Tek-fazlı bir transformatör oto transformatör olarak da kullanılabilir [7]. Şekil-11 'de eksiltmeli ve eklemeli transformatörler kullanılarak, polariteye bağlı bir şekilde değişik dört bağlantı şekli gösterilmiştir. Tek fazlı transformatörün sarım oranına ( $N_1/N_2$ )  $n$  ve anma gücüne  $S_N$  ( $V_1 I_1 \cong V_2 I_2$ ) denilecek olursa, her bir bağlantı sonucunda meydana gelen oto transformatörün hem sarım sayısı hem de beslendiği kaynaktan sekonderine bağlanan yüke aktardığı anma gücü, bu sarım oranı ve anma gücü terimleri cinsinden ifade edilebilir. Şekil-11 a-)’da gösterilen oto transformatörün sarım oranı  $n_o = 1 + n$  ve gücü

$S_o = S_N \cdot (1 + 1/n)$  iken, Şekil-11 b-)’de verilen oto transformatörün sarım oranı  $n_o = 1 + 1/n$  ve gücü  $S_o = S_N \cdot (1 + n)$  kadar olmaktadır. Şekil-11 c-)’de verilen oto transformatörün sarım oranı ise  $n_o = 1/(1 + 1/n)$  ve gücü  $S_o = S_N \cdot (1 + n)$  iken, Şekil-11 d-)’de gösterilen oto transformatörün sarım oranı  $n_o = 1 + n$  ve gücü  $S_o = S_N \cdot (1 + 1/n)$  kadar olmaktadır. Anlaşılabacağı üzere, Şekil-11 a-) ve d-)’deki bağlantılar için  $n$  artacak olursa, oto transformatörün sarım oranı da artmakta ve güç ise anma gücüne doğru azalmaktadır.



Şekil 11. Tek fazlı transformatörlerin oto transformatör olarak kullanılması

Ancak, Şekil-11 b-) ve c-)’deki bağlantılar için  $n$  artacak olursa, oto transformatörün sarım oranı birim olmaya doğru azalırken güç artmaktadır. Bu türden bağlantılara sahip oto transformatörler, iki farklı gerilim seviyesine sahip güç iletim hattı arasında bağlantı sağlamak üzere kullanılabilir. Bilindiği üzere motorlara yol vermede de variac denilen oto transformatörlerin rolü bulunmaktadır.



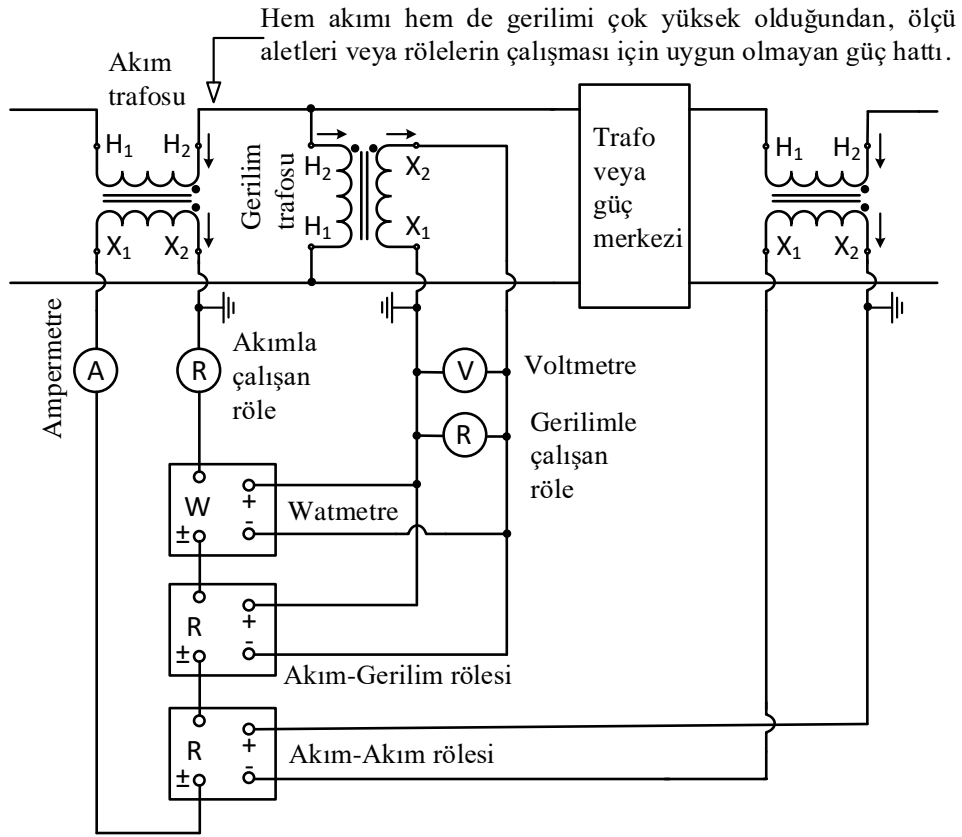
Şekil 12. Dual-transformatör sargılarının seri ve paralel bağlantıları

Bazen sekonder yandan, farklı anma gerilim ve akıma ihtiyaç duyan birden fazla sayıda yükü beslemek için, transformatörler gerek primer gerekse de sekonder açısından çoklu sargılara sahip olacak şekilde üretilirler. Bu çoklu sargılar aynı nüve etrafında sarıldıkları için aynı manyetik alana maruz kalarak, sarım sayılarına bağlı bir şekilde üzerlerinde, endüksiyon yasası gereği gerilimler üretilmektedir. Çoklu sargılara sahip transformatör olarak sayılan ve hem primer yanda bulunan iki sargı parçasının hem de sekonder yanda bulunan iki sargı parçasının aralarında, polarite dikkate alınarak seri ya da paralel bir şekilde bağlanabildiği ve dual-transformatör şeklinde adlandırılan transformatörler de mevcuttur. Şekil-12’de, polarite dikkate alınarak dual-transformatör için örnek seri ve paralel bağlantılar verilmiştir [3].

Ölçü transformatörleri olarak adlandırılan transformatörler ise, güç iletim veya dağıtım sistemlerinde bulunan yüksek gerilim veya akımları uygun seviyelere düşürerek ölçüm cihazları için uygun hale getirmektedir [11, 12]. Bunlar yüksek oranda doğru ölçüm yapabilmeleri için hassas bir şekilde tasarlanan transformatörlerdir. Gerilim ölçmek için kullanılan gerilim transformatöründe, primer yanın sarım sayısı sekonderdeki sarım sayısına göre çok yüksek ve sekonder mutlaka açık devre tutulmalıdır. Akım ölçmek için kullanılan akım transformatöründe ise, primer bir veya iki sarımdan oluşurken sekonder sarım sayısı çok yüksek ve sekonder mutlaka burden denilen yük üzerinden kısa devre tutulmalıdır. Aynı zamanda bu ölçü transformatörlerinin sekonder yanları koruma amaçlı her zaman topraklanmalıdır. Şekil-13’te akım ve gerilim transformatörlerinin

yer aldığı koruma amaçlı bir ölçüm sistemi verilmiştir. Burada akım transformatörü, polarite dikkate alınarak hat ile seri bir şekilde bağlandığı ve hat akımı seviyesinin ampermetre, wattmetre ve röleler için uygun hale getirildiği görülmektedir. Gerilim transformatörü ise, polarite yine dikkate alınarak hat ile paralel bir şekilde bağlandığı ve hat gerilim seviyesinin volmetre, wattmetre ve röleler için uygun hale

getirildiği görülmektedir. Aynı zamanda, gerilim ve akım değerlerini güvenli seviyede tutmak amacıyla ölçü transformatörlerinin sekonderleri topraklanmıştır. Burada transformatörlerdeki polaritenin yönü akım veya gerilim ölçen ve akımla veya gerilimle çalışan cihazlar için her ne kadar önemli değilse de, akım-akım, gerilim-gerilim veya akım-gerilimle çalışan cihazlar için son derece önemlidir [5, 6, 8].

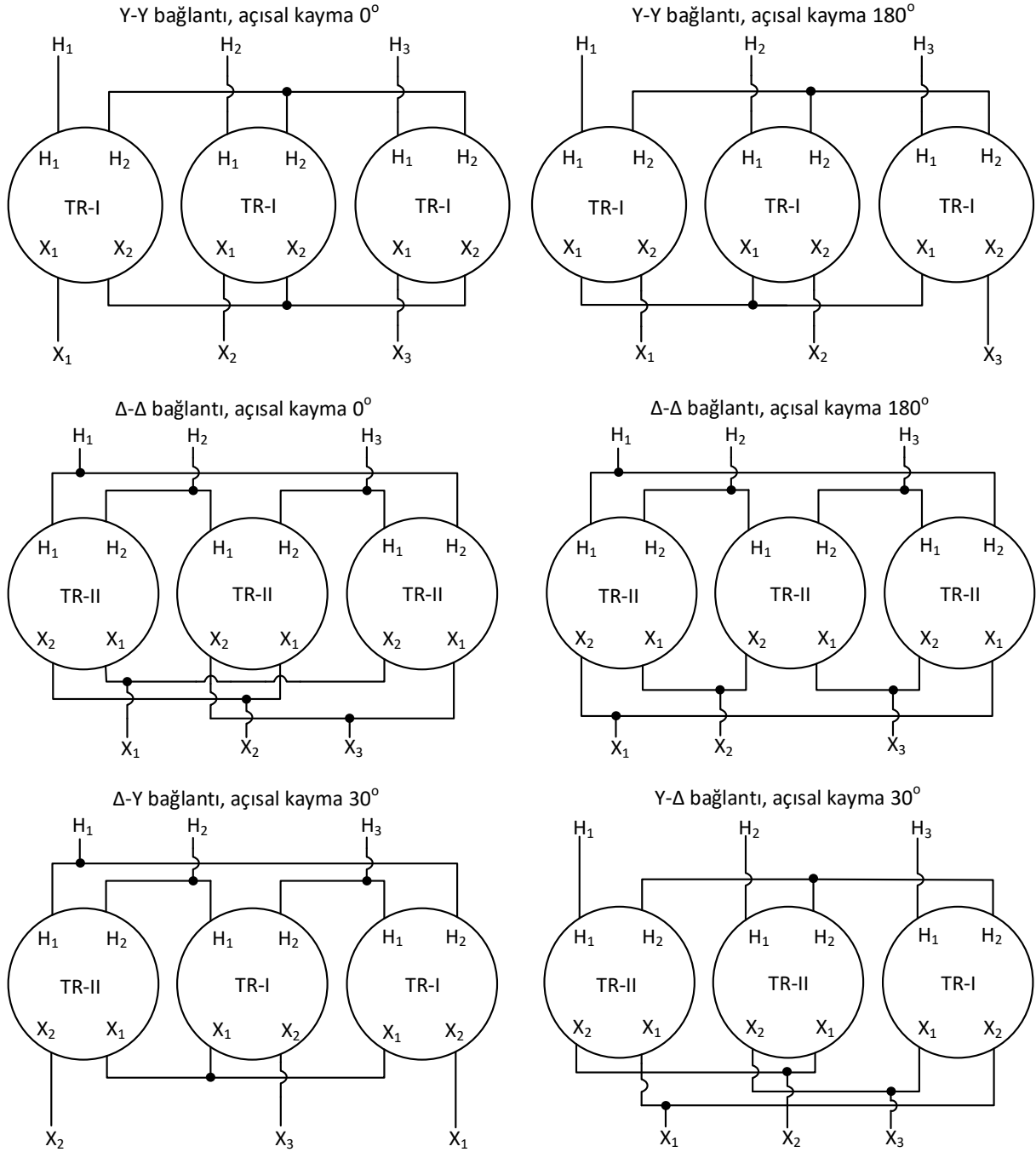


Şekil 13. Polarite dikkate alınarak ölçü transformatörleri bağlantıları

Son olarak polaritenin önemi açısından, bir üç-fazlı transformatör meydana getirmek için tek-fazlı üç adet transformatör grubunun bağlantısı üzerinde durulacaktır. Burada üç-fazlı transformatör oluşturmak için her zaman üç adet tek-fazlı transformatör grubunun kullanıldığı akla gelmemelidir. Bilindiği üzere üç faz gücü oluştururken, primer ve sekonder Y veya  $\Delta$  bağlanabileceğinden, üç-fazlı transformatör için

Y-Y, Y- $\Delta$ ,  $\Delta$ -Y ve  $\Delta$ - $\Delta$  şeklinde dört adet bağlantı kombinasyonu mevcuttur. Her bir bağlantı kombinasyonunu oluşturmak için alternatif birçok alt kombinasyonlar da bulunmaktadır. Şekil-14'te, üç faz gücü oluşturmak için bir araya getirilen üç adet tek-fazlı transformatör grubunun bağlantılarından yalnız birkaç tanesi verilmektedir [1, 2, 9].





Şekil 14. 3-Faz gücü oluşturmak için polarite dikkate alınarak bağlanmış tek-fazlı transformatörler

## 6. Sonuç

Transformatörde polaritenin nedeni primer sargısına göre sekonder sargısının sarım yönünden kaynaklıdır. Sarım yönü her zaman bilinmeyeceğinden, sargı uçlarının belli bir standarda göre isimlendirilmesi ve bu sargı ucu belirleme standardının öğrenilmesi gerekir.

Eksiltmeli ve/veya Eklemeli olarak isimlendirilen transformatörlerin sargılarında meydana gelen ve izolasyon yetmezliklerine neden olan gerilim stresinin seviyesi aynı zamanda polariteye bağlıdır. Tek fazlı transformatörlerle 3-faz gücü oluştururken transformatörlerin gerilim ve güç seviyesi bakımından yükün ihtiyacını karşılayabilmek için seri veya paralel

bağlantılarında ve ölçü transformatörlerinin ölçüm cihazları ve koruma röleleriyle olan bağlantılarında, polaritenin bilinmesi ve dikkate alınması esastır. Konuyla ilgili araştırmacılar ve sahada çalışan mühendisler tarafından deneysel yollarla polarite tayini için kullanılan yöntemlerin bilinmesi ve gerektiğinde uygulanması çok önemlidir. Polarite aynı zamanda transformatörün nasıl çalıştığı ve nasıl kullanılacağına anlaşılmada temel rol oynamaktadır.

## 7. Kaynaklar

1. IEEE Power & Energy Society, (2000). IEEE Standard for Standard Terminal Markings and Connections for Distribution and Power Transformers. *IEEE Std C57.12.70*.
2. Larry Lawhead, Randy Hamilton, John Horak (2006). Three Phase Transformer Winding Configurations and Differential Relay Compensation. *Basler Electric Company, 60th Annual Georgia Tech Protective Relay Conference*.
3. Festo Didactic Ltée/Ltd. (2011). Electricity and New Energy, Single-Phase Power Transformers. [www.festo-didactic.com](http://www.festo-didactic.com), Quebec, Canada.
4. The McGraw-Hill Companies, Inc. (2010). Transformer Connections and Systems.
5. Kilowatt Classroom, LLC. (2003). Current Transformers; Ratio / Polarity / Types.
6. ABB Inc. Instrument Transformers; Technical Information and Application Guide. 3022 NC 43 North Pinetops, NC 27864, [www.abb.com](http://www.abb.com).
7. NPTEL online courses. Auto-Transformer., Module-7, Lesson-27, Version-2 EEIIT Kharagpur, <http://nptel.ac.in/>.
8. Chris Werstiuk. (2005). Back to the Basics - Current Transformer Testing. *International Electrical Testing Association Inc.*, Valence USA, Fall-Winter, 2004.
9. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, 'Transformers: Basics, Maintenance, and Diagnostics', Technical Service Center Infrastructure Services Division Hydroelectric Research and Technical Services Group, Denver, Colorado, April 2005
10. <https://www.linkedin.com/pulse/transfor-mer-polarity-mike-hennesey>.
11. GE Digital Energy-ITI, 'Instrument Transformer Basic Technical Information and Application', [www.GEDigitalEnergy.com](http://www.GEDigitalEnergy.com), 1907 Calumet Street, Clearwater, Florida, USA.
12. <http://www.gegridsolutions.com/multilin/notes/artsci/art07.pdf>
13. [https://www.eiseverywhere.com/file\\_uploads/a99add5d970c11c3029e638a905df169\\_SubstationCommissioning1.pdf](https://www.eiseverywhere.com/file_uploads/a99add5d970c11c3029e638a905df169_SubstationCommissioning1.pdf).