

# GERİLİM TRANSFORMATÖRLERİ VE BAĞLANTILARI

Derleyen : Mustafa HASDEMİR  
Elektrik Mühendisi

## 1 - GERİLİM TRAFOLARI VE BAĞLANTILARI

Gerilim trafoları en basit olarak, belli bir gerilim değerini, genellikle daha düşük olmak üzere, diğer bir gerilim değerine dönüştüren ölçü trafoları olarak tanımlanırlar.

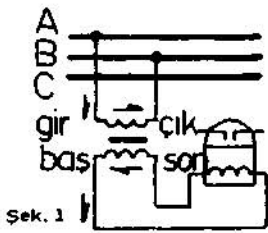
Gerilim trafolarının ikincil (sekonder) sargılarına bağlanan röle, ölçü aygıtları ya da başka aygıtlar, trafonun yükünü oluştururlar. Bu yük, ikincil gerilimin anma değerinde ve belli bir güç etkeninde (PF) voltamper olarak belirtilir.

Dolayısıyla,  $P =$  anma yük (voltamper) ve  $V^{\wedge} =$  anma ikincil gerilim (volt) olduğu zaman, yükün ohm olarak impedansı,  $Z_1$  ;

$$Z_1 = \frac{V_2^2}{P} \text{ ohm olur.}$$

Yükün güç etkeni  $\cos d$  alınırsa, direnç  $R = Z_1 \cos d$  Reaktans (tepki)  $X_1 = Z_1 \sin d$  ve impedans (etkin direnç)  $Z_1 = (R_1^2 + X_1^2)^{1/2}$  ohm olur.

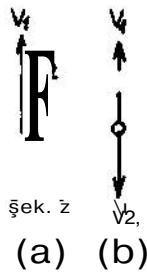
Gerilim trafolarında sargı uçlarının işaretlenmesi, akım trafolarında uygulanan kurala uygun olarak yapılır. (Bkz. bu sayıdaki "Akım Transformatörleri Koruma Devreleri İçin Tipik Bağlantılar" adlı yazıda beşinci bölüm) Başka deyişle; birincil (primer) sargıdan geçen akım "gir" yönündeyse, ikincil sargıda akımın yönü "baş"tan "yük"e doğrudur. (Şek. 1)



Şek. 1

Şekil 1 Gerilim trafosu bağlantısı.

Şekil 2 Gerilim vektörleri.

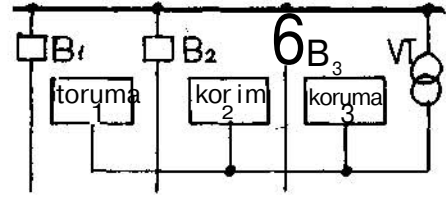


Şek. 2

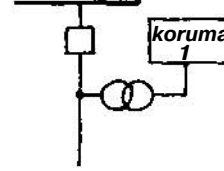
(a) (b)

Birincil ve ikincil gerilimleri vektörel olarak aynı fazda Şek. 2-a ya da  $180^\circ$  ters fazda (Şek. 2-b) alınabilirler. Bu metinde birinci yöntem izlenecektir.

Gerilim trafoları, üretim merkezlerinin, ya da trafo merkezlerinin bara sistemlerine yerleştirilerek, bütün hataların korumalarını beslerler (Şek. 3). Diğer bir yol ise, gerilimtrafosunun her hatta ayrı olarak yerleştirilerek, tek hattın korumasını beslemesidir. (Şek. 4)

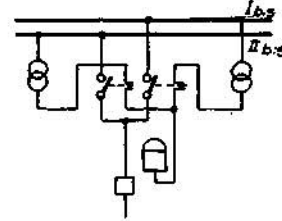


Şekil 3 Bara gerilim trafosundan koruma kaynağı.



Şekil 4 Hat gerilim trafosundan koruma kaynağı.

Birinci yol, az sayıda gerilim trafosu gerektirdiği için daha ekonomiktir. Ne var ki, bu yöntemde, hattı bir bara sisteminden diğer bir bara sistemine aktarırken, korumanın da diğer bara sistemindeki gerilim trafosuna aktarma zorunluluğu vardır. Bu özellik, birinci yol için sınırlayıcı bir unsur olmakla birlikte, aktarma izolatörler yardımıyla otomatik olarak ya da, anahtar kullanarak elle gerçekleştirilebilir (Şek. 5)



Şekil 5 Bara izaletörlerinin yardımcı kontaklarıyla bir gerilim trafosundan diğerine koruma devrelerinin anahtarlanması.

## 2 - GERİLİM TRAFOSU HATASI

Gerilim trafosu ikincil gerilimi büyüklük ve faz bakımından bazen hata ile çalışır.

İdeal bir gerilim trafosu için (hatasız çalıştığı kabul edilerek),

$$V_2 = \frac{V_1}{kVT} \quad (i)$$

oranı geçendir.

Burada  $V_1 =$  birincil sargı gerilimi

$$kVT = \frac{\text{birincil sarımsay,s}}{\text{ikincil sarım sayısı}} = \text{ideal gerilim trafosu dönüştürme oranı}$$

Birincil ve ikincil sargıların uçları arasındaki gerilim düşümü, ikincil sargıdaki gerilim düşümünü, eşdeğer devrede (Şek. 6-a) belirttiği üzere değiştirir.

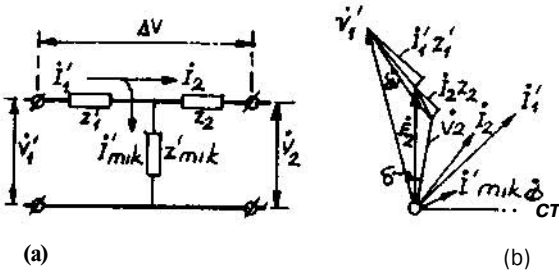
$$V_2 = \frac{V_1}{k_{VT}} - AV \quad (2)$$

Burada devreden şu eşitlik yazılabilir.

$$A_y = I_m Z_1 + I_2 (Z_1 + Z_2) \quad (2-a)$$

Dolayısıyla, (1) no.lu eşitliğe göre yapılan ( $V_1 / k_{VT} = V$ ) hesaplama karşılaştırıldığında; gerilim trafosunun sargılarında oluşan AV gerilim düşümü, V2 değerinde faz ve büyüklük olarak bozulma yaratır.

Gerilim trafosu hatasını azaltmak için (2-a no.lu formüle bakın) sargı impedansları  $Z_1$  ve  $Z_2$  nin, mıknatıslama akımının  $I_m$  ve yük akımının (ikincil akımı  $I_2$ ) azaltılması zorunludur.



Şekli 6 Eşdeğer devre (a) ve vektör çizelgesi (b) gerilim trafosu (birincil akım gerilim ve impedans dönüştürme oranıyla ikincil sargıya aktarılmıştır).

izin verilen hata, anma gerilime göre (Çizelge 1) de verildiği gibi sınıflandırılmıştır.

Çizelge -1

Hata sınıfı	Birincil gerilim	Oran hatası	Faz hatası (dak.)
0,1	0,8-1,2 $V_n$	$\pm 0,1$	$\pm 5$
0,2	0,8-1,2 $V_n$	$\pm 0,2$	$\pm 10$
0,5	0,8-1,2 $V_n$	$\pm 0,5$	$\pm 20$
1	0,8-1,2 $V_n$	$\pm 1$	$\pm 40$
3	1	$\pm 3$	$\pm$

İkincil gerilimin büyüklüğünde gerçekleşen hata yüzde olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$AV \% = \frac{V_2 - \frac{V_1}{k_{VT}}}{\frac{V_1}{k_{VT}}} \quad (3)$$

Diğer bir yöntem, gerilim oran etkeni (G.O.E) tanımını kullanmaktır,

$$G.O.E = \frac{k_{VT}}{k_v}$$

burada  $k_v$ , gerçek gerilim oranı  $\frac{V_1}{V_2}$  dir. (Bu terim

aynı zamanda oran düzeltme etkeni olarak isimlendirilir.)

Bu nedenle gerilim hata oranı yüzde olarak;

$$\%AV = \left( \frac{1}{G.O.E} - 1 \right)$$

şeklinde yazılabilir ve,

$$G.O.E = 1 - \frac{\%AV}{100} \text{ olur.}$$

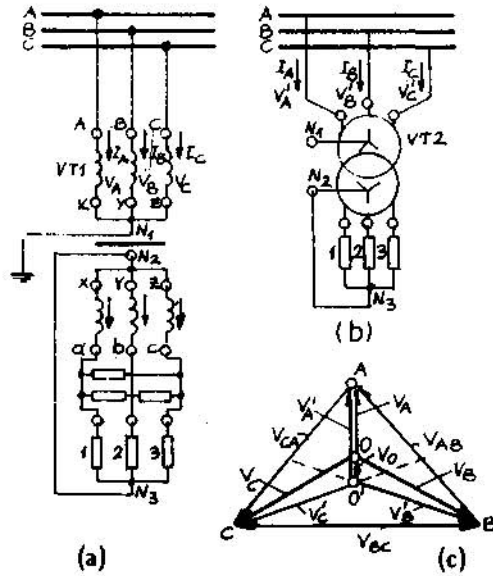
Bu durumda, gerçek ikincil gerilim V2, belli bir birincil gerilim için anma ikincil gerilimden ( $V_{2a}$ ) büyükse, %AV artı değer alır.

Dolayısıyla,  $V^* = V|_a$  (birincil anma gerilimi) olduğu zaman, V2,  $V|_a / k_{VT}$  den büyükse, % AV sıfırdan büyüktür. Başka bir deyişle, anma oranı gerçek orandan büyükse % AV sıfırdan büyüktür.

Faz hatası ise (Şek. 6-b) de görüleceği üzere, birincil ve ikincil gerilimler arasındaki açı olarak hesaplanır. Yukarıdaki açıklamaya uygun olarak, ikincil gerilim vektörü V2, birincil gerilimin  $V|$  gerilimin ilerisinde fte faz hatası sıfırdan büyüktür.

### 3 - GERİLİM TRAFOSU BAĞLANTILARI

#### a - Gerilim Trafolarının Yıldız Bağlantısı



Şekil 7 Tek faz gerilim trafosunun yıldız bağlantısı  
a- birincil sargının nötrü topraklı yıldız bağ.  
b- aynı, nötr topraksız  
c- vektör çizelgesi

(Şek. 7-a) faz-toprak ve faz-faz arası gerilimleri elde etmek için hazırlanmış bir düzenektir. Gerilim trafosunun, üç birincil sargısı ( $V_n$ ) yıldız bağlıdır. Her sargının başlangıcı (A, B, C uçları) kendisine denk düşen hat fazına bağlanmıştır ve çıkışları (X, Y, Z uçları) kısa devre yapılarak topraklanmıştır.

Böyle bir bağlantı ile, V J I her birincil sargı, devrenin

faz toprak gerilimi ile beslenir ve bu gerilim ikincil sargıya dönüştürülür. V J 1 ikincil uçları (Şek. 7-a'da x, y, z) yıldız biçiminde bağlanarak nötr noktası N2, bir iletkenle yükün (rölenin 1, 2, 3 sargıları) nötr noktasıyla birleştirilir.

Şekilde gösterildiği gibi, birincil sargı nôtürü (N1) iletkenle topraklanmış olduğundan toprak potansiyelindedir. N3 nôtürü ikincil sargıların nôtürü (N2) ile birleştirilmiştir ve her zaman N2 gerilimi taşır.

Bu bağlantı şekliyle, ikincil sargıdaki faz gerilimi karşılık geldiği birincil sargının faz-toprak gerilimine denk düşer.

Herhangi bir nedenle, birincil sargının (Vj1) nötr (N1) noktasının toprakla bağlantısı kesilirse (Şek. 7-b), bu noktanın gerilimi toprak geriliminden farklı olur. Bu durumda, (Şek. 7-c) de gösterildiği gibi, yıldız bağlantılmış üç eşit impedanstan (Vj2 birincil sargıların impedansı) oluşmuş nötr gerilimi (O') noktasıdır.

Bu noktaya bağlı olarak, bütün işletme koşullarında ve hatalarda, gerilim vektörlerinin (V' A, V' B, V' C) toplamı sıfırdır.

$$V_A + V_B + V_C = 0 \quad (4)$$

Dizgenin dengeli durumu bozulup (O') noktası, (0) noktasına kayınca V' A + V' B + V' C = 3 V\_0 olur. Bu nedenle (O') noktası, toprak geriliminden, V\_0 sıfır bileşen gerilimi kadar farklıdır.

**V<sub>T2</sub>** üzerindeki faz gerilimleri sargı impedansı kullanılarak şöyle tanımlanabilir;

$$\dot{V}'_A = \dot{I}_A z; \dot{V}'_B = \dot{I}_B z; \dot{V}'_C = \dot{I}_C z$$

$\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$  = birincil sargı akımları

z = sargı impedansı

Dolayısıyla  $\dot{V}'_A + \dot{V}'_B + \dot{V}'_C = z (\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C)$

Kirişof yasasına göre  $\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$

Bu nedenle eşitlik (4) te olduğu gibi.

$$\dot{V}'_A + \dot{V}'_B + \dot{V}'_C = 0 \text{ olur.}$$

Görüldüğü üzere V-j'nin nôtürü topraksız V' A, V' B, V' C faz gerilimlerinin sadece bakışimli (simetrik) bileşenleri vardır, başka deyişle artı ve eksi bileşen vektörleri toplamı sıfırdır.

Bütün olağan işletme koşullarında ve topraksız hatalarda V\_0 = 0 olur. Bu nedenle, sözkonusu durumlarda, topraklı gerilim trafolarında N-j noktasındaki gerilimler eşittir ve vektör çizgesindeki 0 noktası O' noktası ile çıkarılır, Vf = V'f olur.

Toprak hatası olduğunda V\_0 gerilimi oluşur. Topraksız Vj2 "in °ötr noktası N-j, açığı ortayların kesiştiği (O') noktasıdır. (0) noktası ise topraklı Vj1 nôtür nok-

tasına denk düşer ve (O') noktasından, V\_0 büyüklüğü kadar ıraktır.

Bu durumda, Şek. 7-c de görüldüğü gibi, toprağa göre (0) faz gerilimleri;

$$\dot{V}'_A = \dot{V}'_A + \dot{V}'_0 \quad (\dot{V}'_B = \dot{V}'_B + \dot{V}'_0; \dot{V}'_C = \dot{V}'_C + \dot{V}'_0) \text{ olur.}$$

$$\dot{V}'_A + \dot{V}'_B + \dot{V}'_C = 3 \dot{V}'_0, \quad \dot{V}'_A + \dot{V}'_B + \dot{V}'_C = 0$$

N\_2 ile N3 arasında bağlantı yoksa, N\_3 noktası yalıtılmış nötr olur. Yukarıda gösterildiği gibi, röle sargıları (1, 2, 3) üzerindeki gerilim toplamı her zaman sıfırdır, dolayısıyla vektör çizgisi üzerindeki N3 noktasının potansiyeli, k y r = 1 alınrsa 0 noktasıyla çıkarılır.

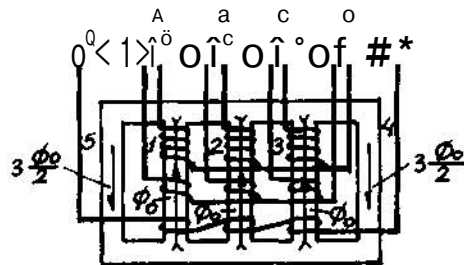
Bu tartışmadan çıkan sonuç; gerilim trafosunun birincil sargısının topraklanması ve ikincil sargıların nötr direncinin bulunması, faz toprak gerilimini elde etmede ön koşuldur.

Gerilim trafoları genellikle Y/Y-6 ve Y/Y-12 vektör öbekleriyle (grup) bağlanırlar, Y/Y-12 vektör öbeği bağlantısı en çok kullanılan bağlantı tipidir. (Şek. 7)

YY-6 ya da YY-12 bağlantı şekilleri üç tane tek faz ya da bir tane üç fazlı beş bacaklı gerilim trafolarında uygulanabilir. Üç faz, Uç bacaklı gerilim trafoları, devrede toprak hatası gerçekleştiğinde, birincil sargıdan geçen sıfır bileşen I\_0 akımının yarattığı <math>4>\_0</math> akımının dolanmasına izin verecek bacak bulunmadığı için, bu bağlantı şekillerinde kullanılamazlar. Çünkü bu durumda, <math>f>\_0</math> yolunu hava boşluğundan yüksek bir relöktansla tamamlar. Bu yüzden, trafonun sıfır-Bileşen impedansı düşer, buna karşılık olarak mıknatıslama akımı I\_m artar.

Mıknatıslama akımının artması ise, üç fazlı, üç bacaklı gerilim trafosunun kullanımını engelliyecek denli yüksek ısınmalara yol açar.

Beş bacaklı trafolarda, dördüncü ve beşinci bacaklar <math>P\_0</math> akımının yolunu tamamlamasını sağlar. (Şek. 8)



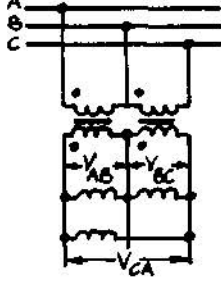
Şekil 8 üç fazlı beş bacaklı gerilim trafosunun sıfır bileşen akım yolu.

b - Gerilim Trafolarının Açık Üçgen Bağlantısı

Bu bağlantı (Şek. 9) da gösterilmiştir. Bu bağlantı şekli iki tane tek-faz gerilim trafosunun iki ayrı faz-faz hattına (örneğin V\_AB, V\_BC) yerleştirilmesiyle elde edilir.

İkincil sargı uçlarındaki gerilim, birincil sargı uçlarına uygulanan gerilimle orantılıdır.

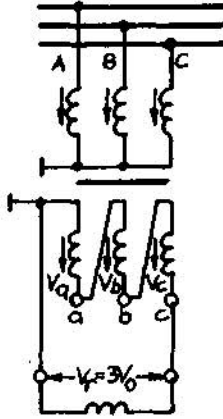
Röleler, ikincil sargı uçlarına yerleştirilirler. Böylece,  $\hat{V}_{AB} \gg V_{JIC}$ .  $V_{CA}$  olmak üzere üç hat gerilimi elde edilir.



Şekil 9 - Tek faz gerilim trafolarının açık üçgen bağ.

c - Tek Faz Gerilim Trafosunun, Sıfır Bileşen Gerilim Süzgeci Bağlantısı

Bu bağlantı şekli Şek. 10'da görüldüğü gibi üç ayrı tek-faz gerilim trafosu ile gerçekleştirilir. Birincil sargılar nötr topraklanmış yıldız biçiminde, ikincil sargılar ise seri olarak kırık üçgen biçiminde bağlanmıştır. Kırık üçgen bağlantısı uçları arasında görülen  $V_r$  gerilimi, ikincil sargı gerilimlerinin vektörel toplamına eşittir.



Şekil 10 Tek faz gerilim trafosunun sıfır bileşen gerilim süzgeci bağlantısı.

$$\hat{V}_r = \hat{V}_a + \hat{V}_b + \hat{V}_c$$

Birincil gerilimleri, ikincil gerilimlere dönüştürürsek,

$$V_r = \frac{\hat{V}_A}{k_{VT}} + \frac{V_B}{k_{y-r}} + \frac{\hat{V}_C}{k_{VT}}$$

üç faz gerilimi toplamı, sıfır bileşen gerilimin üç katına eşit olduğundan;

$$V_r = \frac{\hat{V}_A + \hat{V}_B + \hat{V}_C}{k_{yr}} = \frac{3V_0}{k_{vj}}$$

Sonuç olarak, kırık üçgen bağlantı uçları arasında sıfır bileşen gerilimine orantılı bir gerilim oluşturulmuş olur.

Olağan koşullar altında üç faz gerilimi bakışımıdır (simetrik) ve toplamları sıfırdır. Bu nedenle olağan koşullarda  $V_r = 0$  dir.

Topraksız hata sırasında, gerilim vektörleri sıfır bileşen içermediklerinden, faz gerilimlerinin toplamı her zaman sıfırdır. Bu nedenle  $V_r$  sıfır olur. Ancak, topraklı hata sırasında, gerilim vektörleri sıfır bileşen  $V_0$  içerdikleri için faz gerilimlerinin vektörel toplamı sıfırdan farklıdır.

Bunun sonucu olarak,  $V_r = \frac{3V_0}{k_{VT}}$  ye eşit bir artık gerilim kırık üçgen uçları arasında görünür.

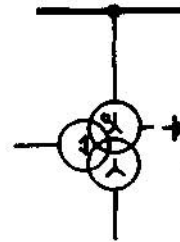
Artı ve eksi bileşen gerilimleri bakışımı (simetrik) bir yıldız oluşturduklarından, kırık üçgen devresi uçlarındaki toplam her zaman sıfırdır.

Bu nedenle, bu bağlantı şekli uygulamada çok yaygın olarak kullanılan, sıfır bileşen gerilim süzgecidir.

Söz konusu bağlantı şeklinin sıfır bileşen gerilim süzgeci olarak kullanılabilmesi için, birinci sargı nötrünün topraklanması zorunlu önkoşuldur.

Topraklanmanın olmaması durumunda, birincil sargıya, faz toprak gerilimi yerine, yalıtılmış toprağa bağlı bir faz gerilimi uygulanır. (Bölüm 1-3 aya bakınız) ikinci olarak sözü edilen gerilimler,  $V_0$  gerilimi içermezler ve toplamları sıfırdır. Dolayısıyla, toprak hatası sırasında, bağlantının çıkışında herhangi bir gerilim oluşmaz.

İki tane ikincil sargısı olan tek fazlı gerilim trafosu kullanarak, sargılardan birinci yıldız diğerini kırık üçgen biçiminde bağlamak mümkündür. Böyle bir trafo ile üç tip (faz, hat ve sıfır bileşen) gerilim elde etmek olasıdır (Şek. 11).



Şekil 11 üçlü sargılı tek fazlı gerilim trafosunun sargı bağlantısı.

Kırık üçgen biçiminde bağlantılı gerilim trafosunun ikincil sargısından 100 V gerilim, aynı devrenin topraklanması durumunda, 100/3 V gerilim elde edilecek şekilde tasarlanır.

d - Üç Fazlı Gerilim Trafosunun Sıfır Bileşen Gerilim Süzgecine Bağlantısı

Üç faz beş bacaklı gerilim trafosundan, sıfır bileşen gerilimi elde edebilmek için, her ana bacağa (1,2,3) kırık üçgen bağlantısı için, ek bir sargı yerleştirmek gerekir. (Şek. 8) Toprak hatası sırasında oluşan sıfır bileşen mıknatıs akışı yolunu dördüncü ve beşinci bacaklardan tamamlayarak, bu sargının uçlarında gerilim oluşturur. Beş bacaklı trafo ile gerçekleştirilen bu bağlantı, hat gerilimi ve sıfır bileşen geriliminin aynı anda elde edilmesini sağlar.

#### 4- GERİLİM TRAFOSU HATALARI VE BU HATALARIN YOKLAMASI

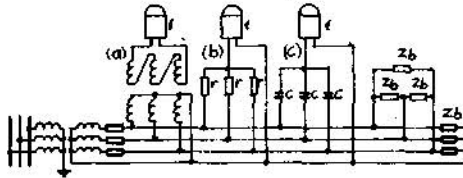
##### a - Gerilim Trafosu Devresi Hataları

Hatalar (kısa devre ve kopma) gerilim trafosunun ikincil sargılarında olma eğilimlidir. Trafodaki aşırı akımlara neden olan kısa devreleri engellemek ve devreyi kesmek için sigortalar ve devre kesiciler kullanılır. İkincil devrenin ve kesme bağlantısının hasarlanması yüzünden sigortanın ya da devre kesicinin devre dışı kalması durumunda, ikincil gerilim faz ve büyüklükleri bozulur ve koruma sisteminin düzensiz çalışmasına yol açar.

Örneğin, ikincil devrede oluşan bir hata ya da devrenin iletkenlerinin kopması sırasında, koruma rölelerinin sargılarına uygulanan gerilim azalır ya da tamamen yok olur. Bu da kısa devreyi bildirmekle görevli olan koruma dizgesinin (sisteminin) hatalı çalışmasına yol açar.

Hatalı çalışmalarını engellemek için, ikincil devrede oluşan yanlış gerilimlere duyarlı özel aygıtlar kullanılır. Olası tüm hatalara duyarlı olabilen, bu gibi aygıtların tasarımı güç bir sorundur.

##### b - Gerilim Devresinde Hata Sırasında Oluşan $V_0$ ve $I_0$ 'a Duyarlı Olan Kilitleme Aygıtları



Şekil 12. Gerilim trafosu devresinde sinyal susturma düzeneği  
(a): trafo süzgeci ile  $V_0$ ,  
(b): direnç süzgeci ile  
(c): sigac süzgeci ile

Şekil 12 Gerilim trafosu devresinde sinyal susturma düzeneği.  
a- trafo süzgeci ile  $V_0$   
b- direnç süzgeci ile  
c- sigac süzgeci ile

(Şek. 12) en yaygın olarak kullanılan bu tip aygıtları göstermektedir. Bu aygıtlar, gerilim trafosunun ikincil sargılarında oluşan sıfır bileşen akım ve gerilimlere duyarlıdır. Bu amaçla 1 noJu röle, (Şek. 12) sıfır bileşen gerilimine tepki gösterir.

Olağan koşullarda, gerilim trafosunun ikincil sargılarındaki gerilim bakışımıdır (simetrik); bu nedenle

toplamları sıfırdır ve röle 1'in üzerinde gerilim yoktur. Gerilim devresindeki iletkenlerden birinin ya da ikisinin kesilmesi  $V_0$  gerilimini oluşturur.  $V_0$  geriliminin etkisiyle röleden akım geçmeye başlar ve korumayı harekete geçirerek, sinyal verir.

$V_0$  gerilimi sadece kesme sırasında değil, birincil sargıda oluşan hatalar yüzünden de oluşur. Bu durumda korumayı sağlamak için, birincil sargıdan akan  $I_0$  akımına duyarlı  $I_0$  rölesi yerleştirilir. Birincil sargıdaki (Şek. 13) toprak hatası sırasında,  $I_0$  rölesi kilitleme devresini açar, Gerilim devresinde bir hata olup, birincil devre olağan koşullarda ise,  $I_0$  rölesi çalışmaz.  $V_0$  rölesi korumayı kilitleyerek hata sinyali gönderir.

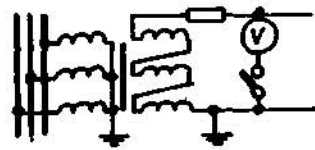


Şekil 13 Gerilim trafosu devresi kesildiği zaman koruma işleminin kitlemesi.

Bu aygıt, gerilim devresindeki üç iletkenin birden kopmasına, ikincil devrenin üç faz kısa devresine ve aynı devredeki nötr iletkenin kopmasına duyarlı değildir. Buna rağmen, dizgenin basitliği nedeniyle yaygın olarak kullanılır.

##### c - Gerilim Trafosu Kırık Üçgen Bağlantı Devresinin Yoklaması

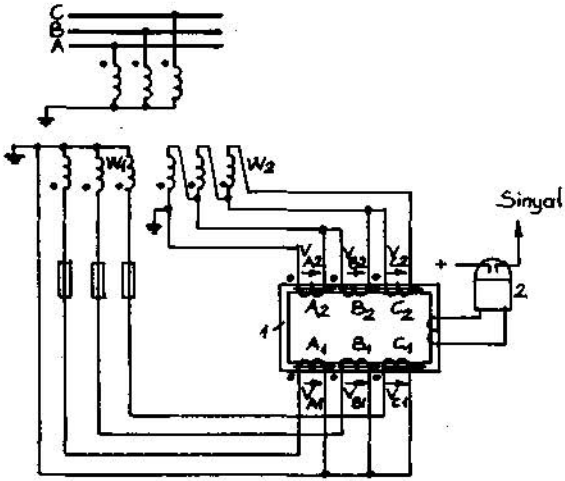
İkincil devresi, sıfır bileşen gerilim süzgeç bağlantılı gerilim trafosunun iyi koşullarda olup, olmadığını yoklaması (Şek. 14) de görüldüğü biçimde bir voltmetre ile düzenli aralıklarda, dengesiz gerilimleri ölçme yoluyla yapılır. Devre iyi koşullardaysa, voltmetre 1 ve 3 V arasında dengesiz gerilim gösterir. Diğer durumda ise voltmetre değer göstermez.



Şekil 14 Sıfır bileşen gerilim süzgecine bağlanmış sargılarının yoklama devresi.

##### d - İki İkincil Sargının Gerilimlerini Karşılaştırılmasına Dayanan Kitleme Aygıtı

Yedi sargılı trafo düzeneği : Yukarıda anlatılanlara göre (Şek 15) de gösterilen yoklama aygıtı daha d eri i topludur. Bu trafo, ikincil sargılarından biri  $W_j$  yıldız ve diğeri  $W_2$  kırık üçgen bağlantılı olan gerilim trafoları için tasarlanmıştır.  $W^$  ve  $W_2$  sargılarındaki benzer gerilimlerin faz ve büyüklük olarak karşılaştırılması temeline dayalı olarak çalışır.



Şekil 15 Yedi sargılı trafonun kitleme aygıtı çizgesi.

İkincil sargıların birindeki hata, gerilim eşitliğini bozarak, aygıtın hata bildirmesine yol açar.  $W_1$  ve  $W_2$  sargılarındaki gerilimleri, çok sargılı yardımcı trafo (1) karşılaştırır. Çok sargılı trafonun,  $A^1$  ve  $A_2$ ,  $B^1$  ve  $B_2$ ,  $C^1$  ve  $C_2$  sargıları her çiftte eşit sargı sayısı (dönü) olmak üzere aynı faz gerilimlerinden beslenir ve birbirlerine zıt yönde mıknatıs akışı yaratırlar. Her çiftteki sargı sayıları farklıdır ve değişik fazdaki gerilimlerden beslenirler. Sargı çiftleri arasında şöyle bir ilişki seçilmiştir.

$$W_{A1} = W_{A2} = W ; W_{B1} = W_{B2} = \frac{2}{3} W ;$$

$$W_{C1} = W_{C2} = \frac{1}{3} W$$

$W_1$  ve  $W_2$  sargılarındaki gerilimler eşit olduğundan, trafo (1) oluşturdukları akılar dengededir, bu nedenle röle (2) den akım akmaz.

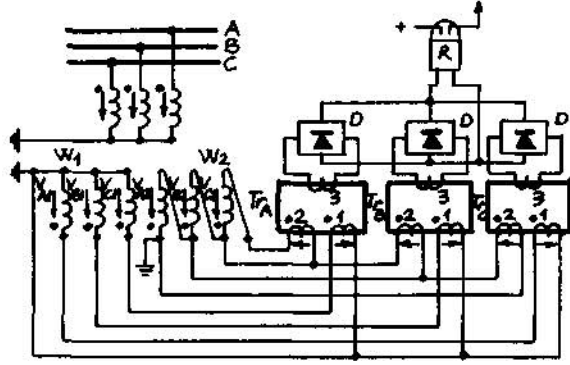
Eğer  $W_1$  ve  $W_2$  sargılarındaki iletkenlerden biri ya da ikisi koparsa, trafo (1) deki mıknatıs akı dengesi bozulur. Oluşan artık akı röle (2) de akım geçmesine yol açar. Üç iletkenin aynı anda kopması durumunda, trafo (1) deki toplam akıyı, kalan sargının, örneğin  $V_{A1}$ ,  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$  gerilimleri yaratır.  $W_{A1}$ ,  $W_{B1}$ ,  $W_{C1}$  sargı sayıları (dönüleri) farklı olduğundan bu akı dengelenmez ve röle (2) yi çalıştırır.

$W_1$  ve  $W_2$  sargılarındaki bir hata, gerilim dengesini bozar, fakat, yapılan çözümlenmeler ve testler gerilim farkının kimi zaman yetersiz kaldığını ve röle (2) ni çalışmayabildiğini göstermektedir.

Aygıt, ikincil sargıların, gerilimleri eşit olduğundan, birincil sargıda ortaya çıkabilecek hatalara duyarlıdır.

Yukarıda anlatıldığı gibi, her iki düzenek de (Şek. 12, Şek. 15) bazı durumlarda, ikincil sargılardaki hatalara yeterli duyarlılıkta değildir.

Üç, tek-fazlı trafo düzenegi : Bu kitleme aygıtı da, yıldız ve kırık bağlantılı sargıların aynı fazda olan gerilimlerini karşılaştırarak çalışır. ( $V_A^1$  ve  $V_{A2}$ ,  $V_{B1}$  ve  $V_{B2}$ ,  $V_{C1}$  ve  $V_{C2}$ ) Fakat, karşılaştırma, (Şek 15) den farklı olarak  $T_{rA}$ ,  $T_{rB}$ , ve  $T_{rC}$  trafoları aracılığı ile yapılır (Şek. 16).



Şekli 16 Üç tek fazlı üçlü sargılı trafonun kitleme aygıtı çizgesi.

Her trafonun iki birincil sargısı vardır. Gerilimler aynı fazda olmak üzere, biri yıldız diğeri kırık üçgen bağlantılıdır. Mıknatıslama kuvvetleri birbirine zıt yönde olduğundan dengededir.

Her trafonun (3) ikincil sargıları, birer doğrualtmaçla (D) röleye R bağlıdır. Trafoların ( $T_{rA}$ ,  $T_{rB}$ ,  $T_{rC}$ ) birincil sargılarını besleyen (1,2) devrede herhangi bir kopma ya da hata olursa, ilgili trafoların mıknatıslama kuvvetlerinin dengesi bozulur, ikincil sargılarda oluşan akım doğrualtmaçtan geçerek röleyi çalıştırır. Bu düzenek, gerilim trafolarının ikincil sargılarında ortaya çıkan bütün hatalara çok yüksek duyarlılık gösterir,

e - Düzeneklerin Değerlendirilmesi

Sıfır bileşenlere duyarlı olan düzeneklerin tasarımı, diğer düzeneklere göre daha kolay olmakla birlikte, yeterli üstünlükte değildir. Ancak, ikincil sargı iletkenlerinin üçünün kopması durumunda ve  $V_0$  geriliminin oluşmadığı hatalarda başarısızdır.

Üç üçlü-sargılı trafo ile kurulan gerilim dengeleme düzenekleri çok daha üstün olmakla birlikte karmaşıktır. Bu düzenekler 220 kV. ve üzerinde kullanılırlar.

#### KAYNAKLAR

1. Protective Relaying N. Chemobrovov
2. Introduction To Instrument Transformers Brian D. Jelkins
3. AEGManual