

Tristörün (SCR) Kontrol Dışı İletime Geçmesi

Bilindiği gibi tristörlerin kontrollü olarak ilettime geçirilmesi için G-K arasından kısa süreli bir akım akıtmaktadır. Bu durumda tristör “off” konumdan “on” konuma geçmektedir.

Bazı durumlarda ise tristör istenmediği halde kontrol dışı olarak ilettime geçebilmekte ve hem kendisinin, hem yükün hem de etrafındaki elemanların tahrip olmasına neden olmaktadır. Tristörlerin kontrol dışı olarak ilettime geçmesine, dolayısıyla da bozulmasına neden olan 4 durum vardır. Bu durumlar;

- 1) Yüksek sıcaklık,
- 2) Yüksek voltaj,
- 3) Hızlı gerilim değişimi,
- 4) Hızlı akım değişimi.

1- Yüksek sıcaklıkla iletim

Tristör, çalışması sırasında iletim ve anahtarlama kayıpları nedeniyle ısınmaktadır. Eğer bu ısı enerjisi tristör üzerinden yeterince alınmazsa ısınmaya devam eder ve dayanma sıcaklığı aşıldığında yanar.

Tristörün yüksek sıcaklıktan etkilenerek zarar görmesini engelleyebilmek için tristör üzerinde olacak ısı enerjisi hesaplanarak bu enerjiyi ortama yaymak için uygun boyutta soğutucu belirlenmeli ve tristör bu soğutucuya bağlanmalıdır.

Eğer gerekiyorsa fan veya sıvılı soğutma düzeneği kullanılarak soğutucu üzerinden ısı transferi daha hızlı yapılmalıdır.

2- Yüksek voltajla iletim

Yüksek voltaj nedeniyle tristörün kontrol dışı olarak ilettime geçerek zarar görmesi, tristörün üzerine gelen doğru veya ters yönlü gerilimin, tristörün dayanma (çalışma) geriliminin üzerine çıkması durumunda gerçekleşir. Tristörün bu olaydan zarar görmesini engelleyebilmek için tristör gerilimi, tristör üzerine gelebilecek olan en yüksek gerilim değerinden en az %30 daha yüksek seçilmelidir.

3- Hızlı gerilim değişimi (dv/dt)

Daha önce açıklandığı gibi tristör, üretici tarafından belirlenen dv/dt değerinden daha hızlı değişen bir gerilimle karşı karşıya kaldığında, iç kapasitelerinin etkisiyle uyarılmadığı halde üzerinden akım akıtmaya baslar yani ilettime geçer. Bu istenmeyen iletim tristöre, yüke ve devreye zarar verir. • Bilindiği gibi bu olayı engellemek için, ani gerilimi yumuşatmak amacıyla, tristöre paralel olarak bir RC bağlanır.

4- Hızlı akım değişimi (di/dt)

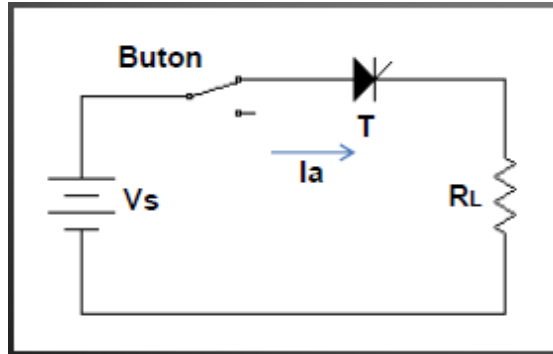
Yine daha önce açıklandığı gibi tristör, üretici tarafından belirlenen di/dt değerinden daha hızlı değişen bir akımla karşı karşıya kaldığında, iç kapasitelerinin etkisiyle uyarılmadığı halde üzerinden akım akıtmaya baslar ve kısa devre olur. Bu istenmeyen iletim tristöre, yüke ve devreye zarar verir. Bilindiği gibi bu olayı engellemek için, ani akımı yumuşatmak amacıyla, tristöre seri olarak bir “L” bağlanır. Tristörün Yalıtıma Geçirilmesi; • Bilindiği gibi tristör (SCR), ilettime geçmesi kontrol edilebilen fakat yalıtıma geçmesi kontrol edilemeyen bir yarıiletken güç anahtarıdır.

Tristörün yalıtıma geçebilmesi için diyotlarda olduğu gibi ters polarma altına girmesi yeterli değildir. Tristörün yalıtıma geçebilmesinin tek şartı, A-K arasından akmakta olan akımın çok kısa bir süre için “sıfır”a çekilmesidir. AC kaynaktan yön değiştiği için bu olay kendiliğinden gerçekleşir. Bu durumda özellikle DC’de çalışmakta olan bir tristörü yalıtıma geçirebilmek için içinden geçen akımı kısa bir süre için sıfıra düşürebilecek yöntemler kullanmak gerekmektedir. Bu durumda, tristörü susturma yöntemleri;

- 1) Seri anahtar kullanarak,
- 2) Paralel anahtar kullanarak,
- 3) Seri ayarlı direnç kullanılarak,
- 4) Ayarlı kaynak kullanarak,
- 5) Ters gerilim kullanılarak, olmak üzere 5 farklı türdedir.

1- Tristörün (SCR) seri anahtar kullanarak yalıtıma geçirmesi:

Bu yöntem, aşağıdaki Sekil- 2.25’de görüldüğü gibi tristörün anod devresine seri bir anahtar (buton) bağlayarak uygulanabilmektedir. Burada iletimde olan bir tristör görülmektedir.

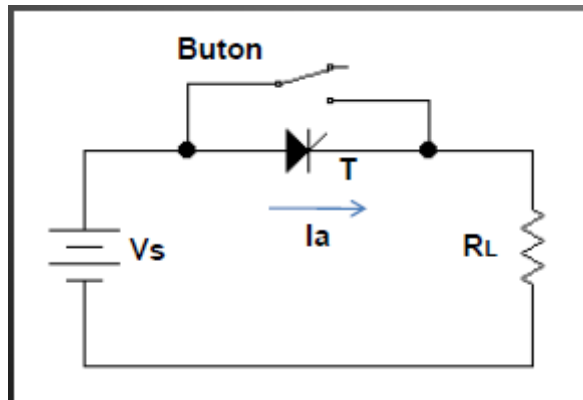


Bu yöntemde, iletimde olan “T” tristörünü yalıtıma geçirebilmek amacıyla butona basılarak çok kısa bir süreliğine “ I_a ” akımı kesildiğinde tristör içinden geçen akım sıfıra düşeceği için yalıtıma geçmiş olur.

Bu yöntem çok basit ve kolay uygulanabilir olmasına karşın ancak düşük akım ve gerilim seviyelerinde kullanılabilir. Bunun nedeni, yüksek akım ve gerilimde ark oluşması nedeniyle buton ile kontrolün imkânsız hale gelmesidir.

2- Tristörün (SCR) paralel anahtar kullanarak yalıtıma geçirmesi:

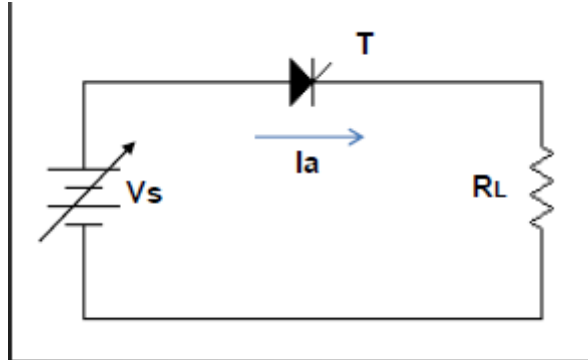
Bu yöntem, aşağıdaki Sekil- 2.26’da görüldüğü gibi tristörün anod-katod arasına paralel bir anahtar (buton) bağlayarak uygulanabilmektedir. Burada iletimde olan bir tristör görülmektedir.



Bu yöntemde, iletimde olan “T” tristörünü yalıtıma geçirebilmek amacıyla butona basılarak çok kısa bir süreliğine devreden geçen “I_a” akımı buton üzerine alınır, bu sırada tristör akımı sifıra düşeceğinden eleman yalıtıma geçmiş olur. Bu yöntem çok basit ve yüksek güçte uygulanabilir olmasına karsın, reosta maliyeti, boyutu ve kayıpları oldukça büyüktür. Ayrıca, her seferinde tristör susturulduktan sonra reostanın tekrar kısa devre konumuna getirilmesi gerekmektedir.

4- Tristörün (SCR) ayarlı kaynak kullanarak yalıtıma geçirmesi:

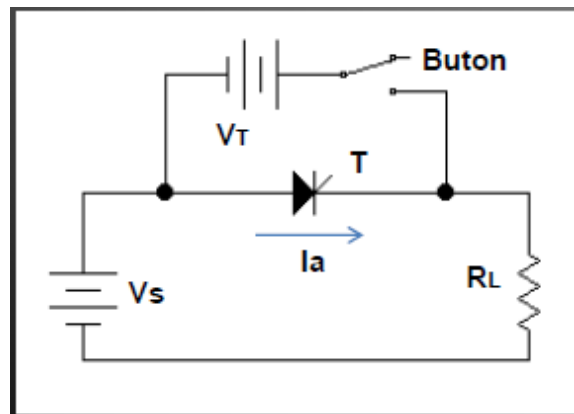
Bu yöntem, aşağıdaki Sekil- 2.28’de görüldüğü gibi yükü besleyen ana kaynağı ayarlı yaparak ve bu ayarlanarak uygulanabilmektedir. Burada tristör iletimde, kaynak ise en yüksek değer konumundadır.



Bu yöntemde, iletimde olan “T” tristörünü yalıtıma geçirebilmek amacıyla kaynak gerilimi değeri azaltılıp sifıra doğru götürülerek, bir süreliğine “I_a” akımı sifırlanır, bu sırada tristör akımı sifıra düşeceğinden eleman yalıtıma geçmiş olur. Bu yöntem yüksek güçte uygulanabilir olmasına karsın, ayarlı kaynak maliyeti oldukça yüksek, hızı düşük olacaktır. Ayrıca, bu kaynak başka yükleri beslemek için kullanılamayacaktır. Bu nedenle pek uygun değildir.

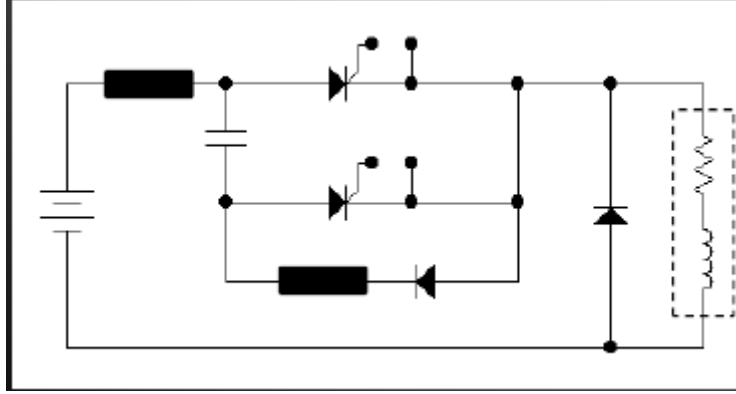
5- Tristörün (SCR) ters gerilim kullanarak yalıtıma geçirmesi;

Bu yöntem, aşağıdaki Şekil- 2.29’da görüldüğü gibi, tristör uçlarına, bir anahtar üzerinden ters bir kaynak bağlanarak uygulanabilmektedir. Burada tristör iletimde, ters kaynak ise pasif konumdadır.



Bu yöntemde, iletimde olan “T” tristörünü yalıtıma geçirebilmek amacıyla butona basılarak “V_T” kaynağı tristör uçlarına ters olarak bağlanır. $V_T \geq V_s$ olduğundan V_T kaynağı V_S’nin tristör üzerinden geçirmekte olduğu “I_a” akımını bastırarak kendi akımını akıtmak isteyecektir. Bu sırada tristör akımı sifıra düşeceğinden eleman yalıtıma geçmiş olur.

Bu yöntem tüm güçlerde rahatlıkla uygulanabilmektedir. Uygulamada “VT” kaynağı yerine şarj edilmiş bir kondansatör kullanılmaktadır. Özellikle orta ve yüksek güçlü DC kaynaklı uygulamalarda, anahtar olarak tristör seçilmesi durumunda, kullanılmakta olan ters gerilimle susturma (yalıtıma geçirme) yöntemi ile ilgili bir uygulama devresi aşağıdaki Sekil-2.30’da görülmektedir.

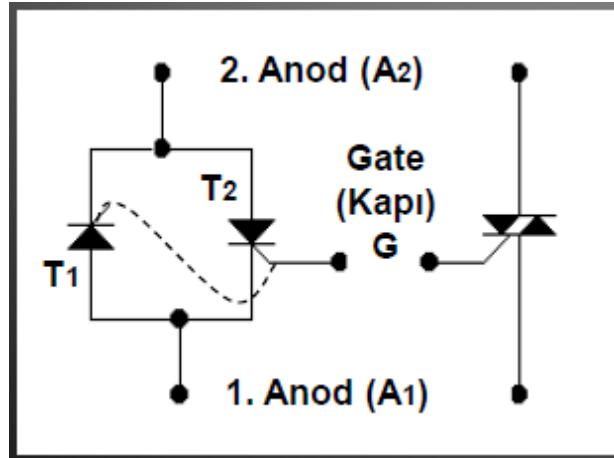


Sekil-2.30’den görüldüğü gibi T1 tristörünün susturmak için gerekli olan ters gerilim “C” kondansatörüne depolanmakta T2 tristörü ise bu kondansatör üzerindeki ters gerilimin, susturulmak istenen T1 tristörüne uygulanmasını sağlamaktadır. Kısacası, T1 tristörü uyarıldığında devre çalışmakta, T2 tristörü uyarıldığında ise durmaktadır. Bu arada kondansatör de yardımcı elemanlar üzerinden tekrar şarj olmaktadır.

Aşağıda genel amaçlı bir tristörün bilgi yaprağı (datasheet) görülmektedir.

Çift Yönlü Tristör (Tiyak) Temel Yapısı ve Çalışması;

Çift yönlü tristörler (Triac- Triyak), aslında aşağıdaki Sekil-2.31’de görüldüğü gibi birbirine ters paralel bağlanmış iki adet tristör gibi düşünülebilmektedir.



Triyak, her alandaki endüstriyel elektronik uygulamalarında, AC gerilimin anahtarlaması ve kontrol edilmesi amacıyla çok yoğun olarak kullanılan bir güç yarıiletken elemanıdır. Yapısından da anlaşılacağı gibi tristör (SCR) ile aynı özellikleri göstermektedir. Tristörden tek farkı, her iki yönde de rahatlıkla iletme geçebilmesidir.

Triyak, tıpkı SCR gibi sadece iletme geçmesi kontrol edilebilen bir anahtardır. Triyak'ın yalıtıma geçebilmesi için ise içinden geçmekte olan akımın sıfıra düşmesi veya düşürülmesi gerekmektedir.

Triyak, iletimde olduğunda tam iletim, yalıtımda olduğunda ise tam yalıtım durumunda bulunur, geçiş anı dışında herhangi ara durumu yoktur.

Triyak'ın, genel amaçlı tristörler (SCR) gibi en önemli özelliği düşük frekanslarda çalışmak için imal edilmiş olmalarıdır ki ideal çalışma frekansları 50-60Hz, max. frekansları ise 1kHz'dir.

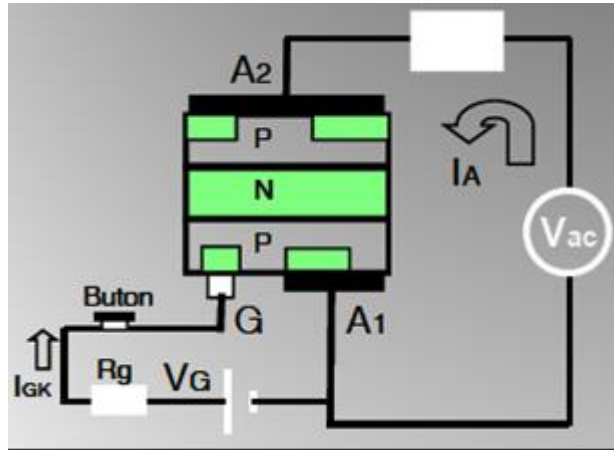
Triyaklar, çift yönlü olmaları nedeniyle, genel amaçlı tristörler gibi, çok yüksek akım ve gerilimlerde kullanılamamaktadır. Ancak 1200V-300A civarına kadar olanlar bulunmaktadır.

Ayrıca triyakların iletim iç dirençleri de SCR'ler gibi çok düşük değildir. Bu nedenle çok yüksek akımlı uygulamalarda genellikle triyak yerine birbirine ters paralel bağlanmış olan SCR'ler tercih edilmektedir.

Bu özellikleri ile triyaklar, şebeke geriliminde kontrollü anahtar ve şebeke değiştirici olarak çalışabilen çok kullanışlı yarıiletken elemanlardır.

Çift Yönlü Tristörün (Triyak) Çalıştırılması;

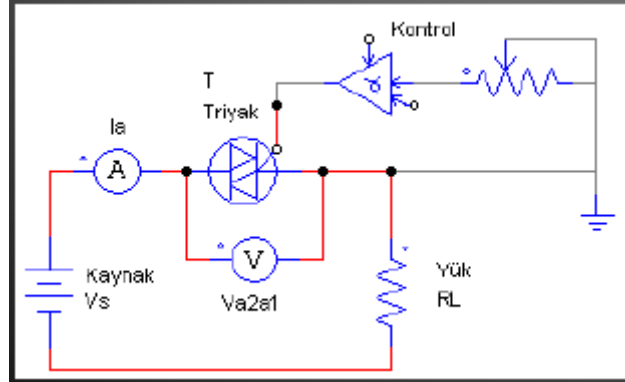
Sekil-2.32'de triyak'ın çalıştırılması yarıiletken yapı üzerinde görülmektedir. Burada "Vac" kaynağı, yükü beslemekle görevli olan ana kaynaktır. VG ise tristörü uyarmada kullanılan kaynaktır.



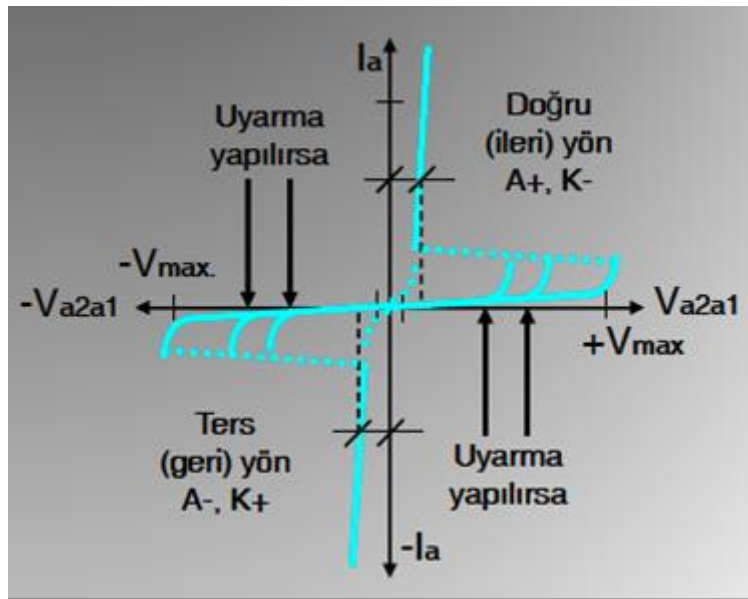
Triyak'ın çalışmasını görebilmek için Sekil-2.32'de görülen bağlantı yapılır. Butona basılmadığı sürece triyak, doğru ve ters yönde blokaaj (yalıtım) durumunda kalacaktır. _ Triyak'ı iletme geçirebilmek için butona basıldığında triyak'ın G-A1 terminaleri arasında çok kısa bir süre için IGK akımı dolaşır. Bu durumda G-K arasındaki P-N maddeleri iletken haline gelir ve A2-A1 arasında sadece tek P-N birleşimi kalacağı için triyak iletim "on" durumuna geçer ve yük üzerinden IA akımı akar. Triyak iletme geçtikten sonra alternans değişiminde susacağı için butona sürekli basmalıdır.

Triyak'ın Temel Test Devresi ve Karakteristik Eğrisi

Aşağıdaki Şekil-2.33'de triyak'ın temel karakteristik eğrisinin çıkarıldığı temel test devresi görülmektedir. Aşağıdaki bağlantı şekli ile Triyak'ın doğru yön çalışması, devredeki "Vs" bataryası ters çevrilerek de ters yön çalışması test edilebilmektedir.



Aşağıdaki Şekil-2.34'de ise triyak'ın temel karakteristik eğrilerinden akım-gerilim (I_a - V_{a2a1}) eğrisi (çıkış karakteristik eğrisi) görülmektedir.



Karakteristik eğriden görüldüğü gibi diyot, doğru yönde 0,7V'dan sonra kendiliğinden ilettime geçerken, triyak ancak V_{max} gerilimine ulaşıldığında kendiliğinden ilettime geçmektedir. Bu şekilde ilettime geçme istenmeyen bir durumdur. Triyak'ın her iki yönde de normal olarak ilettime geçebilmesi için uyarılması gerekmektedir.

Triyak'ın uyarılması G-A1 terminalleri arasından yapılır. Ters yönde ise triyak yine V_{max} gerilim değerine kadar güvenle yalıtımda kalacak (blokaj yapacak), bu değer asılırsa ise ilettime geçecektir. Tabii ki bu şekilde ilettime geçme asla istenmez. Bu durumda, triyak'ın, doğru yönlü (A_{2+} , A_{1-}) gerilimde uyarılmaz ise blokaj yapan, uyarıldığı takdirde ise tam ilettime geçen, doğru yönlü gerilim altında kontrol edilebilen,

Ters yönlü (A2-, A1+) gerilimde ise yine uyarılmaz ise blokaj yapan, uyarıldığı takdirde ise tam iletme geçen, hem doğru hem de ters yönlü gerilim altında kontrol edilebilen, bir yarıiletken güç anahtarı olduğu görülmektedir. Triyak, bu özellikleriyle AC’de çalıştırılmak için uygun bir anahtar durumundadır. Fakat, triyak da SCR gibi içinden geçen akım sıfıra düşmedikçe yalıtıma geçmemektedir. Triyak’ın uyarılma yöntemleri;

Triyak’ın G-A1 arasından uyarılması sırasında 4 farklı durum bulunmaktadır.

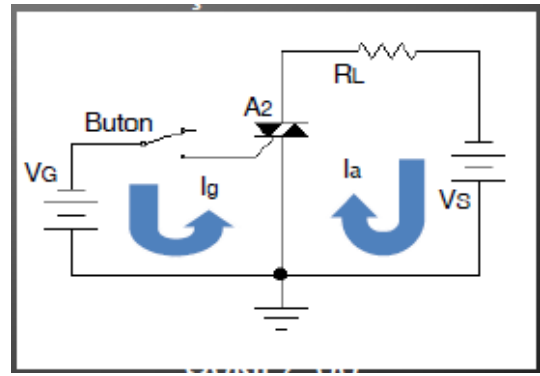
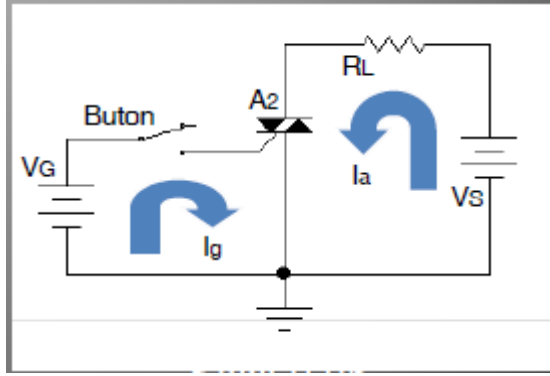
1- A2(+) A1(-) olması durumunda, G(+) A1(-).

2- A2(-) A1(+) olması durumunda, G(-) A1(+).

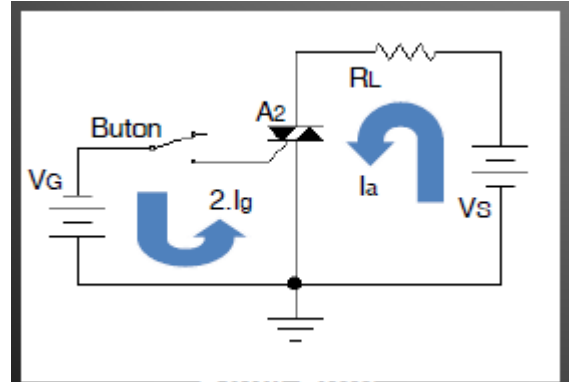
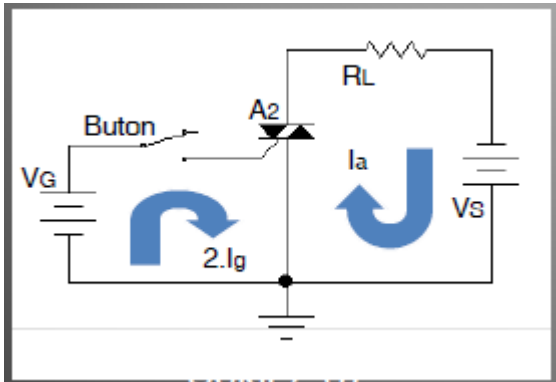
3- A2(+) A1(-) olması durumunda, G(-) A1(+).

4- A2(-) A1(+) olması durumunda, G(+) A1(-).

olması durumlarıdır.



1. ve 2. Durumlar:



3. ve 4. durumlar

Şekillerden görüldüğü gibi 1. ve 2. durumlarda triyakın gate (I_g) ve anod (I_a) akımları aynı yönlü olarak, 3. ve 4. durumlarda ise bu akımlar birbirlerine ters hareket etmektedir.

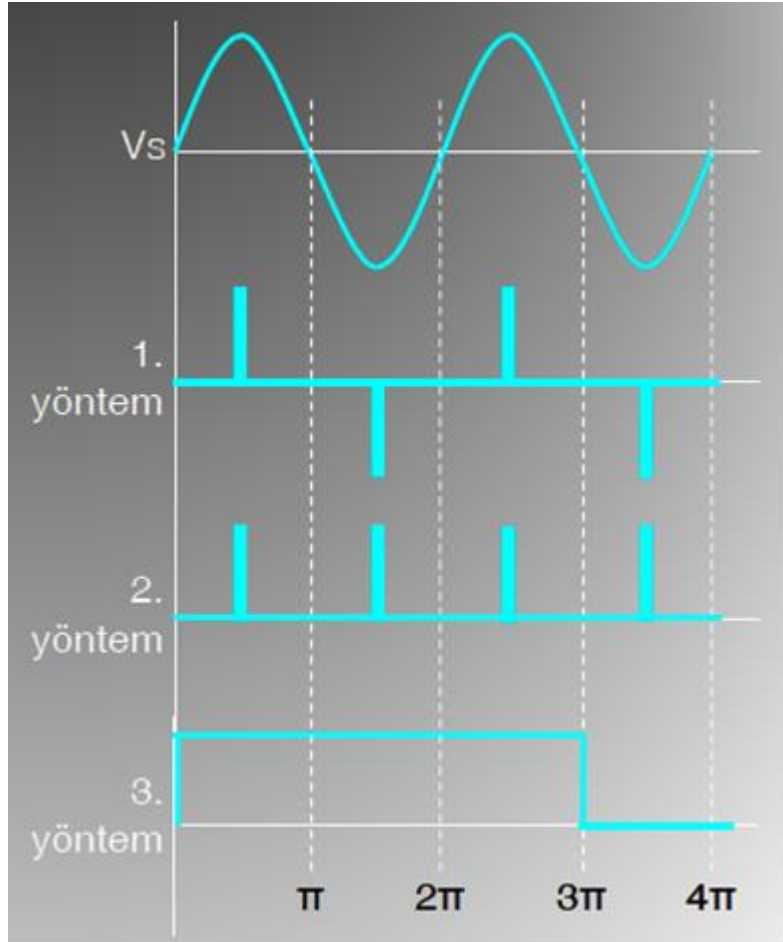
Her durumda da triyak'ın uyarılması mümkün olmaktadır. Fakat, triyak 1. ve 2. durumlarda daha düşük uyarma akımıyla ve daha kolaylıkla uyarılabilirken, 3. ve 4. durumlarda ise daha yüksek uyarma akımıyla (yaklaşık 2 kat) uyarılabilmektedir.

Bu durumda triyak'ın AC kaynaktan çalıştırılırken uyarılabilmesi için farklı farklı uyarma yöntemi kullanılmasına imkan tanımaktadır. Buna göre triyak'ın uyarılması Şekil-2.39'dan görüldüğü gibi,

1- Çift yönlü iğne pals kullanılarak uyarma,

2- Tek yönlü iğne pals kullanılarak uyarma,

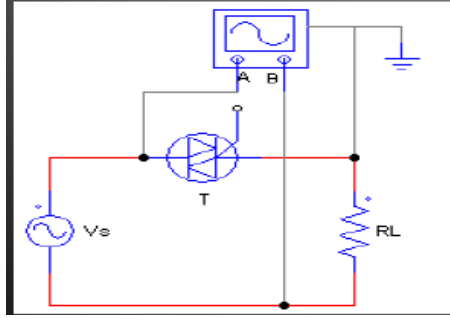
3- Düşük frekanslı kare dalga kullanarak uyarma, olmak üzere 3 farklı şekilde yapılabilmektedir.



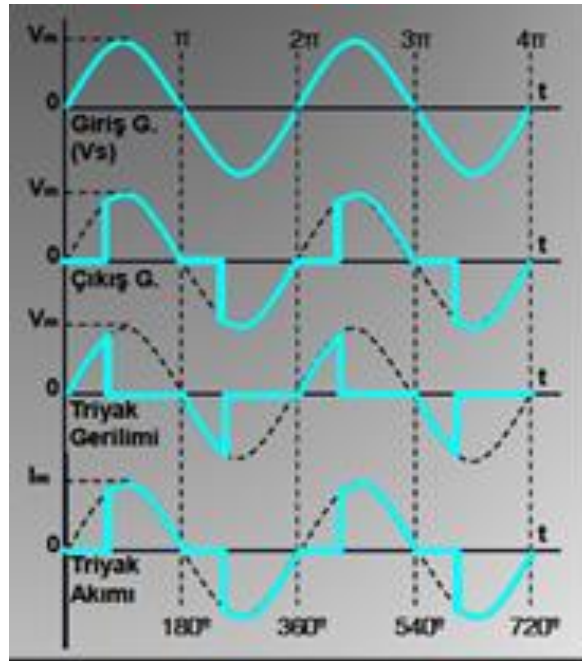
Triyak'ın Çalışma Dalga Şekilleri

Yarıiletken güç anahtarlarının çalışma durumlarının görülmesi için aktif çalışma sırasındaki akım-gerilim dalga şekillerinin incelenmesi gerekmektedir.

Triyak'ın doğru ve ters polarmada davranışlarını inceleyebilmek için Sekil-2.40'daki bağlantı yapılabilir.



Sekil-2.41'de ise triyak devresinin AC kaynaktan çalışması sırasındaki dalga şekilleri görülmektedir.



Sekil-2.41'den görüldüğü gibi 0- 180° aralığında triyak istenirse uyarılarak iletme (on) geçirilebilir, çıkış gerilimi triyak iletme geçmesinden itibaren görünmeye baslar. Bu sırada triyak üzerindeki gerilim sıfır (iletim gerilim düşümü ihmal ediliyor), triyak üzerinden geçen akım ise kaynak veya yük akımı ile aynıdır.

180°-360° Aralığında ise triyak istenirse uyarılarak iletme (on) geçirilebilir, çıkış gerilimi triyak iletme geçmesinden itibaren görünmeye baslar. Bu sırada triyak üzerindeki gerilim sıfır (iletim gerilim düşümü ihmal ediliyor), triyak üzerinden geçen akım ise kaynak veya yük akımı ile aynıdır.

Triyakların Seri Bağlanması

Özellikle yüksek gerilim altında çalıştırılacak olan triyaklarda triyak, uyarılmadığında üzerine gelen çok yüksek doğru ve ters gerilimleri bloke etmesi gerekir. Bu durumda üretici tarafında belirtilen triyak'ın çalışma gerilimi, uygulamada üzerine gelecek olan gerilimden en az %30 daha fazla olması gerekmektedir ki sağlıklı bir çalışma sağlanabilsin.

Uygulama sırasında mevcut triyakların bu şartı sağlayamaması durumunda daha önce açıklanan kurallara uygun olarak seri bağlama yoluna gidilir ve istenilen çalışma gerilimine ulaşılabilir.

Triyakların Paralel Bağlanması

Özellikle yüksek akım altında çalıştırılacak olan triyak'larda, triyak'ın üzerinden geçmesi gereken çok yüksek seviyeli akıma dayanabilmesi gerekir. Bu durumda üretici tarafında belirtilen triyak çalışma akımı, uygulamada üzerinden geçecek olan akımdan en az %30 daha fazla olması gerekmektedir ki sağlıklı bir çalışma sağlanabilsin. Uygulama sırasında mevcut triyakların bu şartı sağlayamaması durumunda daha önceden açıklandığı gibi paralel bağlama yoluna gidilir ve bu sayede istenilen çalışma akımına ulaşılabilir.

Triyaklarda dv/dt ve di/dt korumasının sağlanması;

Bilindiği gibi ani değişen akım ve gerilimde yarıiletken güç anahtarları istenmediği halde üzerlerinden akım geçirmekte ve yanmaktadırlar. Triyak için de bu olay tamamen geçerlidir ve bu iş için mutlaka önlem alınmalıdır. dv/dt için alınması gereken önlem tıpkı diyot ve tristörde olduğu gibi, elemana paralel olarak uygun bir R-C devresinin bağlanmasıdır.

di/dt için alınması gereken önlem ise yine diyot ve tristörde olduğu gibi, elemana seri olarak uygun bir endüktansın (L) bağlanmasıdır.

Triyak'ın Kontrol Dışı İletime Geçmesi;

Triyakların kontrol dışı olarak ilettime geçmesine, dolayısıyla da bozulmasına neden olan 4 durum vardır.

Bu durumlar;

- 1- Yüksek sıcaklık,
- 2- Yüksek voltaj,
- 3- Hızlı gerilim değişimi,
- 4- Hızlı akım değişimidir.

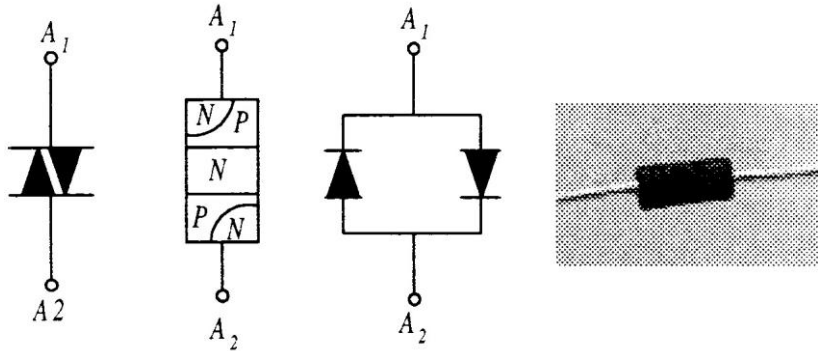
Triyakın bu durumlarda kontrol dışı olarak ilettime geçmesini engellemek için genel amaçlı tristörde (SCR) açıklandığı gibi alınan tüm önlemlerin aynı şekilde alınması gerekmektedir.

Triyak'ın Yalıtıma Geçirilmesi;

Triyak, genel amaçlı tristör (SCR) gibi iletme geçmesi kontrol edilebilen fakat yalıtıma geçmesi kontrol edilemeyen bir yarıiletken güç anahtarıdır. • Triyak'ın yalıtıma geçebilmesi için diyotlarda olduğu gibi ters polarıma altına girmesi yeterli değildir. Triyak'ın yalıtıma geçebilmesinin tek şartı, A2-A1 arasından akmakta olan akımın çok kısa bir süre için "sıfır"a çekilmesidir. AC'de çalışma sırasında bu olay kendiliğinden gerçekleşir.

Diyak (Diac)

Diyak (Diac), sadece triyak tetiklemek (uyarmak) için özel olarak üretilmiş bir elemandır ve görevi şebeke frekansında uyarma pulsü üretmektir.

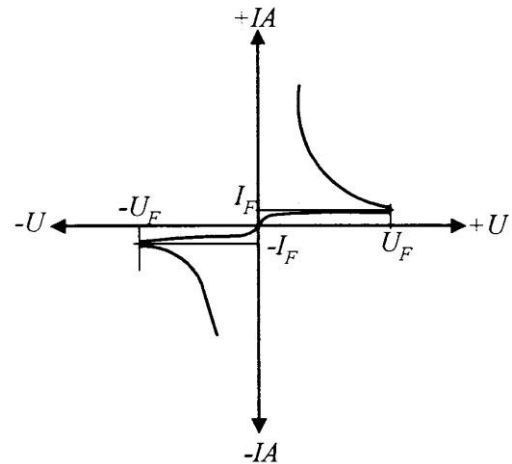


Diyak'ın sembolü, yapısı, diyot eşdeğeri ve resmi

Tanımı : Her iki yönde akım geçiren yan iletken elemanlara diyak denir. Yukarıdaki şekilde diyak'ın sembolü, yapısı, diyot eşdeğeri ve resmi görülmektedir.

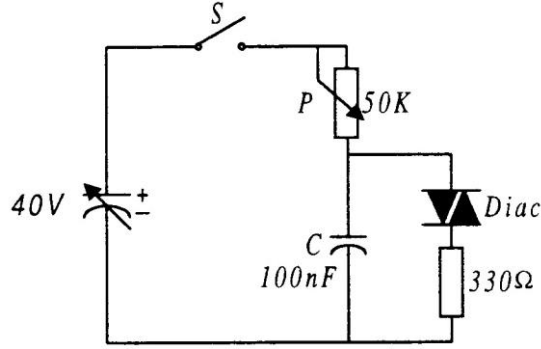
Özelliği : Diyak (ortalama olarak) uçlarına uygulanan gerilim, 20V ile 50V olan "diyak kırılma gerilimine" ulaştığında iletken olur. Bu özelliği her iki yönde de gösterir. Son zamanlarda 20V ile 80V arasında çalışan diyaklar yapılmıştır. Her iki alternansı geçiren, triyak gibi yarıiletken elemanların tetiklenmesinde kullanılan yarıiletken bir elemandır.

Triyaktan farkı ise uyarma terminalinin (gate) bulunmamasıdır. Çünkü diyak bir güç elemanı değil, sadece triyak uyarmak için kullanılan çok düşük güçlü bir uyarma elemanıdır. Diyak'ın 1.anod (A1) ve 2.anod (A2) terminallerinin yeri önemli değildir. Eleman üzerinde herhangi bir işaret yoktur. Diyak, triyak için en kolay uyarma yolu olan, pozitif alternansta pozitif ve negatif alternansta negatif, uyarma pulslerini triyak'ın çalıştığı şebekeyi kullanarak üretmektedir.



Diyak' ın Sağlamlık Kontrolü : Avometre ohm kademesinde iken ; avometrenin ucunu diyak' a tuttuğumuzda her iki yönde de sonsuz direnç gösterir. Diyak' ın sağlamlık kontrolü sadece yalıtkanlığı ile değil, kırılma geriliminde ilettime geçmesiyle ancak tam olarak yapılmış olur.

Diyak İle Yapılan Osilatör Devresi :

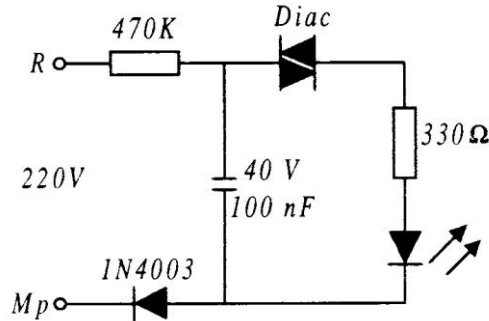


Diyak ile yapılan flaşör devresi

Yukarıdaki şekildeki diyak osilatör devresinde diyak uçlarına uygulanan gerilim 32 voltun altında ise diyak yalıtkan ; 32 voltun üstünde diyak iletkendir. C kondansatörü, P potansiyometresi üzerinden şarj olur, uçlarındaki gerilim 32 voltu aşınca diyak iletken olurken 330 Ω direnç üzerinden C kondansatörü hemen deşarj olur ve diyak kesime gider. Anahtar kapalı olduğu sürece, kondansatör bu şekilde şarj ve deşarj edilerek diyak uçlarında bir osilasyon elde edilir.

Diyak İle Çalışan Flaşör Devresi :

Aşağıdaki şekildeki flaşör devresinde C kondansatörü 470 K' luk direnç üzerinden şarj olur. C kondansatörü uçlarındaki gerilim 32 volt olduğunda diyak iletken olur ve LED yanar. D diyotu negatif gerilimlere karşı korumak için konulmuştur. LED' in yanma süresi 470 K' luk direncin ve kondansatörün değeri değiştirilerek ayarlana bilir.



Diyak ile yapılan flaşör devresi