

KONTROLLÜ SİLİKON DOĞRULTKAN (KSD)

Derleyen: **Gürcan KARAGÖZ**
ODTÜ

ÖZET

Bu yazımızda, kontrollü silikon doğrultkanın (KSD) çalışma prensipleri ve kullanılma yerleri incelenmiştir.

SUMMARY

in this article, the principle of operation and the application of silicon controlled rectifier (SCR) is presented.

1. GMS :

Kontrollü silikon doğrultkan (KSD) 1957 yılında ilk defa yapılmış ve devamlı olarak da gelişmektedir. Bu yan geçirgen eleman bugün bütün anahtarlama devrelerinde bağan ile kullanılmaktadır. Bu gün, cıvalı! doğrultkanların ve tyatronların hemen hemen yerini almıştır, örneğin 1300 volt ve 500 amper seviyelerinde çalışanları bulmak mümkündür. Bu kadar büyük bir gücü 0,5 vat gibi düşük bir güç ile kontrol etmek (KSD)'nin gelecekte bir çok kontrol devresinde kullanılacağını kanıtlar.

Kontrollü silikon doğrultkan üç uçludur. Bunlar anot, katot ve kapıdır, kapı, anot katot arasında kontrol ödevini yapar.

(KSD)'nin avantajlarını, şöylece sıralayabiliriz :

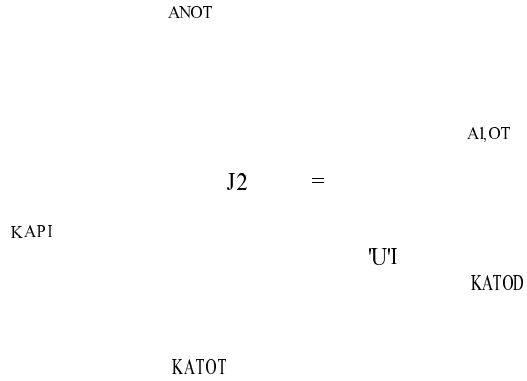
- Yüksek güçleri kontrol edebilir,
- Üzerinde az güç harcar,
- Kuzu bir çalışması vardır,
- Çok fazla duyarlığa sahiptir,
- Uzun ömürlüdür,
- Randımanı fazladır.

(KSD)'nin iletimde ve kesimde olmak üzere iki karark durumu vardır. Geçirgensiz durumdaki empedansı oldukça yüksek ve 10.000 om civarındadır, geçirgen durumda ise bu değer 0,01 om'a kadar düşebilir.

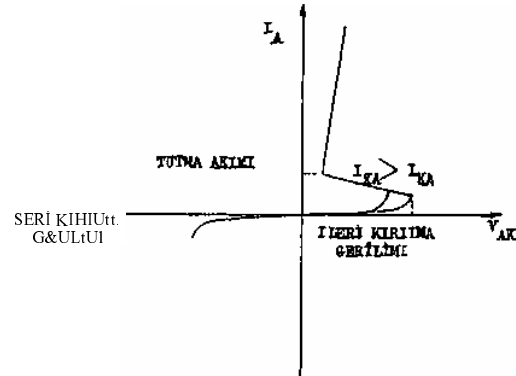
2. (P-N-P-N) Prensibi :

(KSD)'nin çalışması p ve n tipi silikon katmanlarının ard arda p-n-p-n diye gelmesi ile oluşur. N tipi yarı geçirgenlerde atom negatif (elektron), P tipi yarı geçirgenlerde ise pozitif (delik) taşıyıcı tarafından taşınır. P ve N tipi iki tabaka yan yana birleştirilirse böyle bir birleşme tek yönde geçirme özelliği gösterir. P kısmı N kısmına göre pozitif toprak gerilim altında bırakılırsa böyle bir birleşme yeri ileriye doğru ön aitamlanmış denir ve akım geçer. P kısmına N kısmına göre negatif bir gerilim uygulanınca,

böyle bir birleşme yerine ters ön akımlanmış denir, ve çok az bir akımı geçer. ŞeMC 3'de bu dört katlı (P-N-P-N) anahtarı görülmektedir.



Bu (P-N-P-N) tek yönlü iletken Şekil Z'de görülen (V - I) karakteri verir.

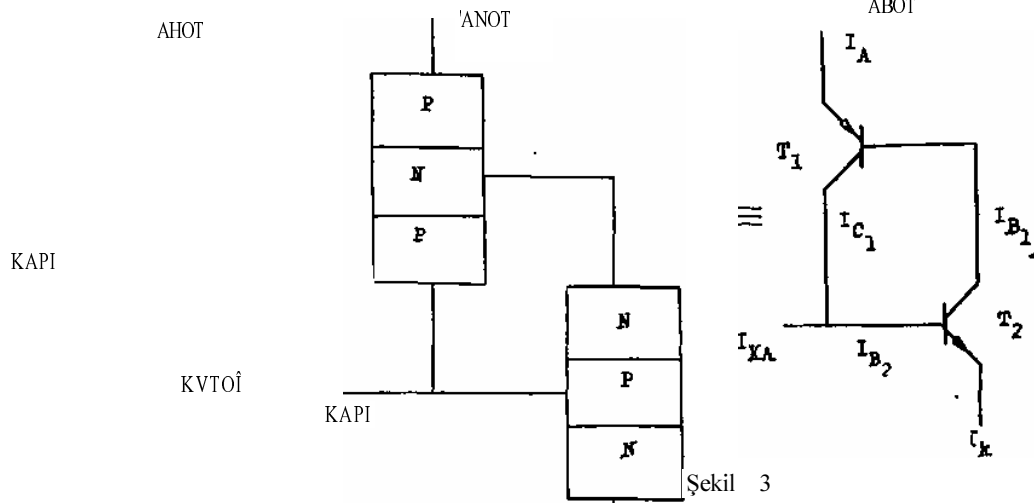


ileri kırılma gerilimi kapı akımına çok bağlıdır. Kapı akımı arttıkça ileri kırılma gerilimi düşer. Şekil 2'den şu sonuçlar irdelenebilir :

1 — V_{AK} sabit bir değerde tutulur ve gerekli akım kapıya tatbik edilirse KSD iletken duruma geçer ve üzerinde ufak bir gerilim düşümü olur (1 volt).

2 — Kapı akımı I_{KA} sabit tutulur ve V_{AK} belli, bir değere getirilirse KSD iletken duruma geçer.

3 — Kapı akımı sınırlı bile olsa, V_{AK} ma. belli bir değeri KSD*yi iletken duruma getirebilir.



Şekil 3

3 — Transistor Benzetimi :
P-N-P-N tek yön geçirgeni Şekil 3'de belirtildiği gibi pnp ve npn iki transistorun bağlanmasından meydana gelmiş gibi düşünülebilir.

pnp transistorunun baz akımı I_{B1} , I_{KA} (KAPI) akımıdır. Böylece pnp ve npn transistörlerindeki atom artıştan $\alpha + \beta = 1$ oluncaya kadar devam eder ve böylece transistorlar doyuma gider.

Şekil 4'de α ile emetör akımı arasındaki ilişki görülmektedir.

$$I_{C2} = I_{KA} + I_{C1}$$

$$I_K = I_A + I_{KA}$$

$$I_A = (a_2 I_{KA} + I_{CBO1} + I_{CBO2}) / t^1 - (a_1 + 0.2)^{\wedge}$$

$\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ olduğu zaman KSD'den geçen akımı yalnız dış devre sınırlar ve (KSD) iletken durumundadır. (KSD)'nin anoduna bir direnci seri olarak bağlayalım ve anot pozitif olmak üzere bir gerilim tatbik edelim. Kapiya uygulanan gerilim katoda göre negatif olsun, npn transistoru kesimdedir ve npn transistorunun kolektöründen de atom geçmediği için npn transistoru de kesimdedir. Anot ile katot arasındaki empedans çok yüksektir Şimdi kapiya pozitif bir gerilim uygulayalım, npn (geçirgenliği başlar ve npn'nin kolektör akımı pnp transistorunun baz akımıdır. Bu baz akımı pnp'nin kolektör akımı meydana getirir. Pnp'nin kolektör akımı npn'nin baz

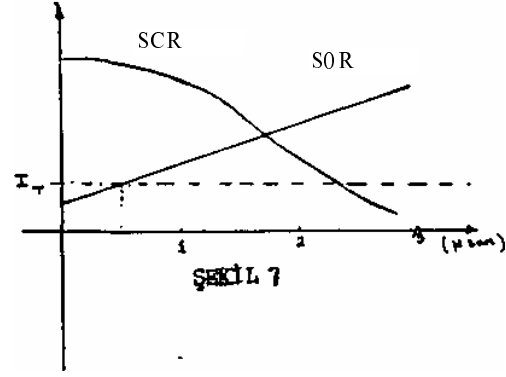
ŞEKİL 4

Her iki transistor de doyuma gittikten sonra kapi artık kontrolü kaybeder. Kapiya negatif bir gerilim uygulasak bile KSD geçirgen durumda kalır.

$\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ koşulu kolektör - emetör geriliminin artırılması ile de elde edilebilir.

ŞEKİL 5

'OB



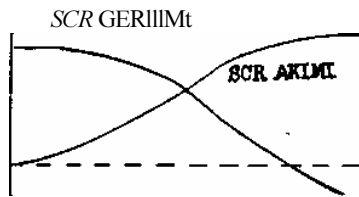
ŞEKİL 7

Şekil 5 de görüldüğü gibi V^{\wedge} yükseltilir, bu $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ oluncaya kadar devam eder. $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ olduğu zamanki (KSD) anot katot gerilimine, ileri kırılma gerilimi ve bu andaki anot akımına tutma akımı denir.

4. Ateşleme :

(KSD)'yi geçirgen duruma sokmak için yapılan işleme ateşleme veya tetikleme denir. (KSD)'nin kesiminde durumdan iletken duruma geçme zamanı (KSD)'nin anahtarlama sırasındaki güç kaybını belirler. Anahtarlama zamanı ne kadar uzun ise o kadar güç (KSD) üzerinde harcanır.

Anahtarlama devrede yalnız direnç var ise, (KSD) geriliminin azalma oranı akımın artma oranı ile orantılıdır ve son değer olarak yaklaşık 1 volta iner. Anahtarlama zamanı Şekil 6'da görülmektedir. Anahtarlama 1-3 mikrosaniye için de olur.



Anahtarlama devrede bir bobin varsa akımın artma oranı $R - L$ devresinin zaman sabitesi tarafından sınırlanır. Bu Şekil 7'de gösterilmiştir.

Eğer kapıya uygulanan puls (KSD) akımı tutma akımı değerine varmadan geri çekilirse (KSD) iletme geçemez. Bu durumda (KSD) transistor gibi davranır. Bu şartı sağlamak için,

$$I_T < (V/R) [1 - \exp(-t/(L/R))]$$

akım tutma değerine 1 mikro saniyede çıkma şartı kabul edilirse,

$$I_T < (V/L) 10^{-6} \text{ olmalıdır.}$$

Genel olarak, kapıya uygulanacak pulsun süresi belli bir değerden aşağı olamaz. Pulsun süresi ne kadar kısa olursa -genliği o kadar fazla olur. Süresi 0,2 mikro saniyeden kısa olan pulslar nadiren (KSD)'yi iletme geçirir. Bununla beraber uygulanan akım pulsunun yükselme zamanı kısaldıkça, anahtarlama da o kadar hızlı olur. Örneğin 10 A/mikrosaniyelik bir yükselme zamanı olan bir puls (KSD)'yi 0,1 mikrosaniye içinde iletme geçirir.

5. -Söndürme :

(KSD)'yi kesime sokmak için akımın altına düşürülür veya anot katot arası ters bir gerilim uygulanır. (KSD) f yi en hızlı bir şekilde kesime bu ikinci metot sokar (7 - 20 mikro saniye). Birinci metot uygulanırsa bu zaman daha fazladır (100 mikro saniye).

6. Tetikleme Devreleri :

(KSD)'yi geçirgen duruma getiren tetikleme gerilimi 2-10 volt, akımı ise 100 mikro amper-1500 mili amper arasında değişir. Bütün bu değerler transistor veya magnetik yükselteç ile sağlanabilir.

6.1. DC ateşleme işareti :

$t = t_r$ anında S anahtarını kapayalım. Bu anda (KSD) iletme geçer, bütün AO sinyali yük üzerinde görülür. Bu AÇ işareti yön değiştirilinceye kadar devam eder. Böylece yükün içinden tek yönlü bir akım geçer (Şekil 8).

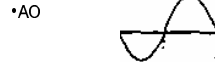
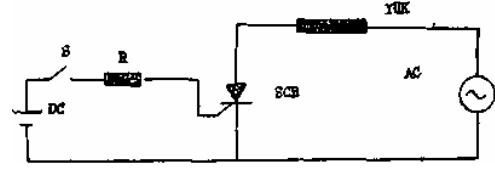
6.2. Direnç tetikleme devresi :

Şekil 9M görüldüğü gibi KS)'yi ekleme için gerekli k ı klımı, gerilimi i bir dirençle düşürerek elde edilir

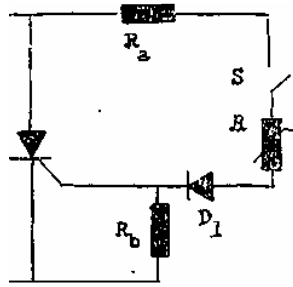
Yük kımı; $R+R_o$ ve $\hat{}$ i meydana getirdiği gerilim bölü ü ü belir işi gerilim k ıyı ekleme için geçmez. Geçme çıkış $I_a R$ yrl r k değışirilebilir, fak 90° yi g -m z. Yük dire i üzeri de is e ile güç, değışke ıblr direnç yrdımı ile is e ile değere ge l-rileb l r. K ı kımı ı em iye li bir seviyede • um k içi

$$R_a+R) ' E/I_{KAM} \text{ s ğl m lıdır } *KAM$$

K ı kımı ı maksimum değeri Ay



YÜK
"V-



'AÇ

∇

SCR

ŞEKİL : 9

$$R+R_a) E-V_{KAM}) R_b/V_{KAM} \text{ lı m lıdır}$$

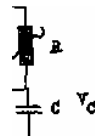
$V_{KAM} = K \&P$ ' gerilimi i m ximum değeri. Böyle ek iy gele iş re KS)'yi b zm z

6.3. RC tetikleme devresi :

ire ç eikleme levresi de a geçme çıkış-ı 90° de f z l l mıy ğım belir miş ik RC eikleme devresi de, AÇ gerilimi i f z l de ğışirilerek k ıy bik edilir ve as, diğ er bir deyişle yük e h r güç değışirilebilir

ffc
"o SOA

ŞEKİL 10



KS) gerilimi eg if lduğ u z m , k d s ör AÇ gerilimi i eg if e e değeri e , y lu ile yükler ve bu sır d KS) kesimdedir AÇ gerilimi zi if lu k d -

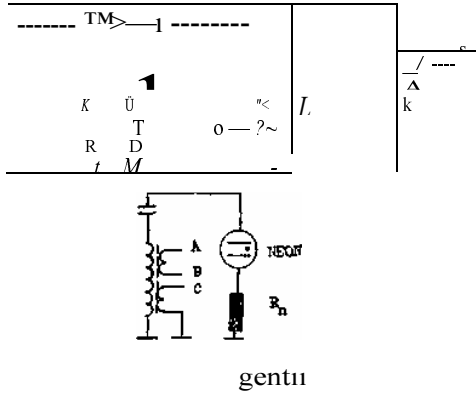
s ör zi if AÇ gerilimi e R y lu üte yüklerle meye b ş l r

V_c değeri e ik eme $V_{KA} + V_D$, değeri e geli e KS)'yi eşler V_{D1} diy gerilim)-WRC' i bir f ksiy u l a'yi li k l - r k bulm k lduğ u güç ür KS)'ye' z r r vermemek içi

$$R < B - V_{D1} - V_{KA})/I_{KA} \text{ değeri seçilmelidir}$$

6.4. Neon lambalı tetikleme devresi :

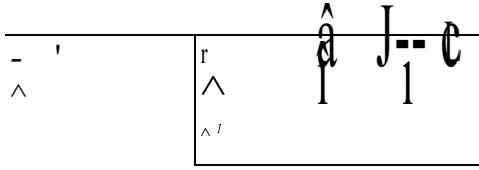
Ne l mb sı y rdımı ile KS) eşle ebilir. Y ılış şekli e göre e l mb l rı 0 - 00 v l r sı d eşle ebilir. Ne l mb eşle ir eşle mez dire i uf lı r ve bu b ğ l l r k üzeri deki gerilim, düşer. Eğer l mb ile r lel bir k d s ör v r ise k d s ör b ş l m y b ş l r. Şekil l'de böyle bir eşleme devresi görülmek edir. C, k d s örü AÇ iş re i i her değışimi de d l r. Ne eşlediğ i z m d gerilim b ş l m sı l ur. Bu ğ l m uls r sf r m örü ü y rdımı ite KS)'eri eşle mesi de kull ılır. R sly me resi eikleme z m ı l yrl r



Şekil 12

6.5. Doymabilir reaktör ile tetikleme :

Reaktör B - H eğrisi dikdörtgen şeklinde olan bir bobindir. Doymuş durumdaki empedansı düşük, doymamış haldeki empedans ise büyüktür. Şekil 12'de böyle bir reaktörün bir (KSD)'yi nasıl tetikleyeceği görülmektedir.



A noktası pozitif olduğu zaman DR içinden akım, geçer. DR'den geçen bu akım DR'yi doymuş hale sokar ve doymuş haldeki DR'nin empedansı düşük olduğu için (KBD)'nin kapısını tetikleyemez. A noktası negatif iken (KSD) kesimdedir. A noktası pozitif anında kontrol sarımına Şekil 12'de gösterilen kutuplamada bir DC uygulanırsa, DR doymadan çıkar ve üzerindeki düşen gerilim (KSD)'yi tetikler.

(KSD) devrelerinde tetikleme en çok UJT (uni - junction transistor) denilen tek birleşim yeri olan bir transistörle yapılmaktadır. UJT ülkemizde çok az tanındığı için, yazımızda ondan bahsedilmemiştir, iterdeki yazılarımızda bahsetmeyi düşünmekteyiz.

T. Söndürme :

Buraya kadarki devrelerde, (KSD)'yi anoduna gelen negatif AÇ söndürmekte idi. Bu kısımda DC devrelerinde (KSD)'nin söndürülmesi incelenecektir.

(KSD)'yi kesimde duruma sokmak için aşağıdaki metodlar uygulanır :

- Anoda negatif gerilim verilir.

- Anot akımı tutma akımının altına düşürülür. iÜ) Anot gerilimi sıfıra düşürülür.

Şimdi çeşitli söndürme devrelerini inceleyelim.

R

SCR

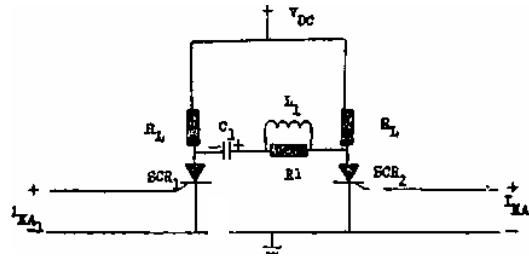
Şekil 13 a

Şekil 13 a'da görülen S anahtarı açıldığı zaman (KSD) sorunu; olur.

C z

ŞEKİL 13

Şekil 13 b'ye görülen devre kendi kendine söner. Kondansatör gerilimi V_{DC} ye yaklaşırken, akım, tutma akımının altına düşünce (KSD) söner.

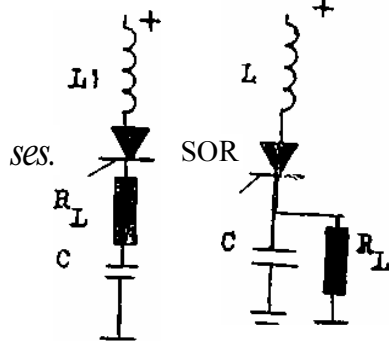


Şekil 13 c'ye görülen devre bir dengesiz multivibratöre benzerdir.

KSD₂'yi söndürmek için de KSD₁'in iletimde olması gerekmektedir. Devredeki R₁*, ters akımı sınırlamak içindir. Bu devrenin çalışabilmesi için her iki kapının aynı anda ateşlenmemesi gerekmektedir. KSD₁'in iletimde KSD₂'nin kesimde ol-

düğünü düşünelim. C_1 şekilde gösterildiği yönde yüklenecektir. KSD'nin bu anda ateşlendiğini düşünelim.

C_j üzerindeki gerilim olduğu gibi KSD/in anodu üzerine düşecek ve onu söndürecek. Böylece birbirinin takip edecek pulslar KA, ve KA-, ye geldikçe KSD₂ ve KSD, verilen sija içinde söneceklerdir. Burada her iki KSD'nin aynı güçte olma zorunluğu yoktur. Küçük güçlü KSD'ler büyük güçleri söndürebilir.



ŞEKİL 13 d ve 13 e

Şekil 13 d ve 13 e'de R, G, L, sonümlü bir titreşim olacak şekilde hesaplanmıştır. (KSD) iletime geçtikten sonra, kondansatörde biriken enerji titreşime gelir ve titreşim akım yön değiştirirken de KSD'yi söndürür. Bu şartın sağlanması için Şekil 13 d'de

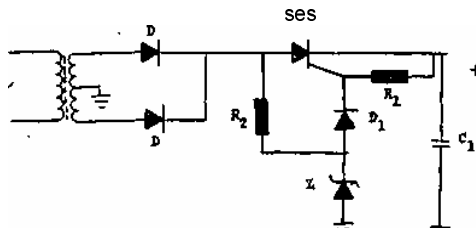
$$R = \frac{V_L}{4C}$$

ve Şekil 13 e için $R_L = \frac{V_L}{4C}$ olmalıdır.

8. Örnek Devreler

Buraya kadarki bölümlerde, (KSD)'nin çalışma prensipleri verilmiştir. Bu bölümde çeşitli devrelerde (KSD)'nin nasıl kullanıldığını göreceğiz.

8. KSD regülatör :

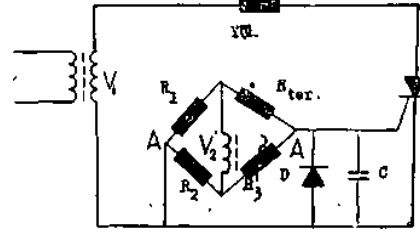


Şekil 14

Zener diyot, (KSD)'nin kapasitesinde referans gerilimini belirler. Çıkış kondansatörünün üzerindeki

gerilim zener gerilimin altına düşünce KSD ateşlenir, çıkış gerilimini artırır. D_1 diyotu zener diyotunun akımını sınırlayan R, direncini izole eder.

8.2. Sıcaklık kontrolü



Şekil 15

Şekil 15 de görülen devre bir yük üzerindeki sıcaklığı sabit tutmak için kullanılmaktadır.

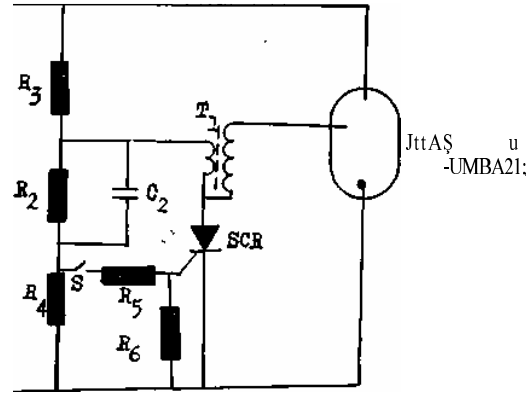
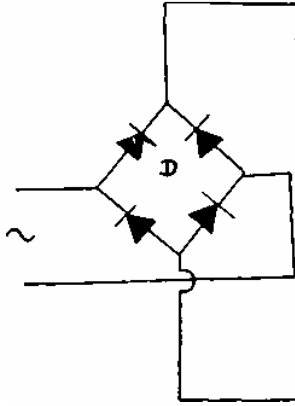
Transformatörün iki tane ikincil sarımı vardır. Birincisi V_j , yükü besler, ikincisi ise bir kenarj termistör (ısıyınca direnci düşen) olan bir köprüyü besler. Termistörün direnci B_3 direncinin değerine eşit olunca köprünün A - A uçlarında hiç bir gerilim görülmez ve KSD kesimdedir. Şimdi R, ü düşürelim dengesi bozulan köprü üstündeki gerilim (KSD)'yi ateşler. Yükün yanına yerleştirilen termistörün direnci düşmeye başlar. $R_T = R_3$ olunca A - A da gerilim sıfır olur, akım yön değiştirdiği zaman (KSD) söner. Böylece (SCR) ateşlenerek ve sönererek yük ısısını sabit tutar.

8.3. Elektronik flaş :

Diyot köprüsü yardımı ile O, ve O, belli değerlere dolarlar. S anahtarı kapatılır kapatılmaz, (KSD) ateşlenir ve O, T_j üzerinden boşalır. T, in ikincil sarımında meydana gelen yüksek gerilim flaş lambasını iyonize eder. C_a kondansatörü boşalarak flaş lambasının dolmasını sağlar. T_j in C₂ titreşerek (KSD)'yi birincil sarıma ile söndürür (Şekil 16).

8.4. (AC/DC) işeri (motorunun hız kontrolü :

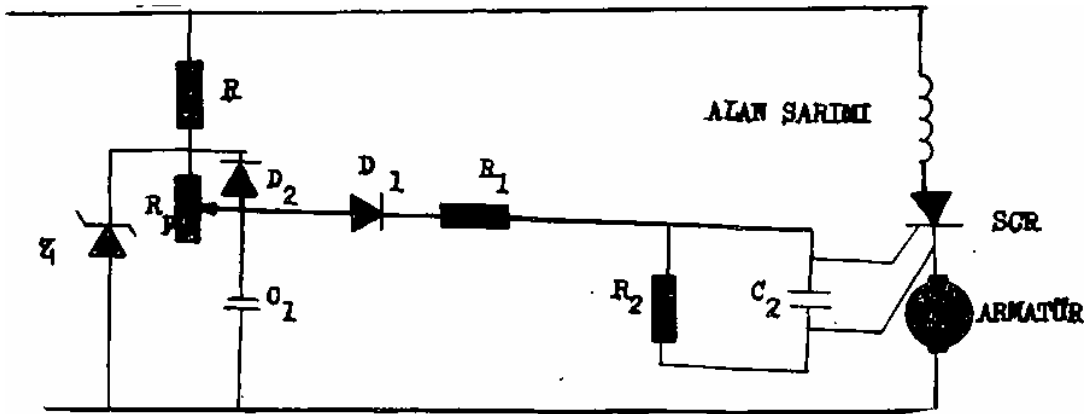
Seri motorların bilindiği gibi belirli bir karakteri vardır. Yük arttırıldığı zaman motor hızı düşer, yük kaldırıldığı anda ise fazla hızlanır. Değişen yüklerde ise sabit bir hız elde etmek için geri besleme gerekmektedir. Şekil 17'de verilen devre armatürde hızla orantılı bir gerilim yaratmak için motordaki artık alandan faydalanmaktadır. Motor armatürü hareketsiz durumda iken, artık alandan dolayı armatürde hiç bir gerilim meydana gelmez. (KSD) hemen ateşlenir ve motor hızlanmaya başlar. Motor hızlanın-



ŞKEti 16

ca hızla orantılı olarak artık gerilim artar. Armatürdeki bu artık gerilim (KSD).nin ateslenebilmesi için kapı geriliminin daha yüksek değerlere çıkmasını gerektirir. Böylece gecikme açısı artar ve motor kararlı bir hızla döner. Eğer motora

bir yük tatbik edilirse, hızı azalmaya başlar. Buna orantılı olarak armatürdeki artık gerilim düğer ve otomatik olarak gecikme açısı ufalır ve hızı artar. Şekil 17.de böyls bir kontrol devam devresi görölmektedir.



ŞEKİL: 17

REFERANSLAR

- 1) Saul Keller, Understanding Silicon Controlled Rectifiers. New - York, Hayden, 1968.
- 2) Allan Lytel, Silicon Controlled Redtlfires. Indianapolls, Howard W & Sams, 1968.
- 3) Allan Lytel, Electronic Motor Control. Indianapolis, Howard W & Sams, 1964.
- 4) Grtffln & Ramshaw, The Thyristor and its

Applications. London, Chapman & Hail Ltd., 1965.

- 5) Gentry - Von Zastrow, Semiconductor Controlled Rectifiers. New-Jersey, Prentice Hail, 1964.
- 6) Elektronik Experimenters (Popular Electronics), 1965.
- 7) Peter Volkov, In'eöcpenslve SCR regölatör. Electrondos, Feb. 5, 1968.