

Marmara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

KIYIICILARLA DC MOTOR KONTROLU

Hazırlayan:

İsmail DOKURLAR

Proje Danışmanı:

Prof. Dr. Atif VURAL

1984

İ Ç İ N D E K İ L E R

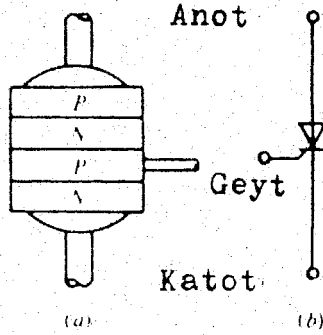
		<u>Sahife</u>
1.	TRİSTÖRLER	1
1.1	Tristörlerin yapısı	1
1.2	Tristöre geçirme yönünde gerilim uygulanması	2
2.	TRİSTÖRLERİN DİNAMİK DAVRANIŞLARI ...	3
2.1	Tristörün ilettime geçme olayı	3
2.1.1	Kapı akımı ile tetikleme	3
2.1.2	Tristörün kendiliğinden ilettime geçmesi	7
2.2	Tristörün söndürülmesi olayı	9
2.2.1	Kumanda akımı ile söndürme	9
2.2.2	Komutasyon gerilimi ile söndürme	10
2.2.3	Komutasyon için devrelerin sınıflandırılması	14
3.	KOMUTASYON VE CHOPPER'LAR	18
3.1	Parelel kapasitans	18
3.2	Rezonansla yalıtım	24
3.3	Çift darbe	30
3.4	Yükü besleyen diğer bir tristörle yalıtım	34
3.5	Formüllerle özet	39
4.	DC MAKİNALARIN KONTROLÜ	42
4.1	Basit DC makinalar	42
4.2	Devir sayısının değişimi	45
5.	CHOPPER'LARIN HESAPLANMASI	50
5.1	Söndürme kondansatörünün hesabı	50
5.2	Şok bobininin hesabı	53
5.3	Kondansatörlü bir söndürme olayının hesabı	55

1. TRİSTÖRLER

1

1.1. Tristörlerin yapısı:

Tristör 4 farklı dozdaki silisyum kristalinin yanına gelmesinden oluşmuştur. Tabakalar anottan (A) katoda doğru, pnpn sırasını izlen. İçteki tabakaların dozu dıştakilere göre daha azdır. Dıştaki p tabakası anot, n tabakası ise katodu meydana getirir. p taban denilen içteki p tabakası, kumanda ucu olan geyt (G) ile irtibatlıdır. Buna göre tristörde üç adet geçit vardır. Dış tabakaların anot ve katot olmak üzere işaretlenmesinden anlaşıldığı gibi A-K yönü tristörün geçirme, K-A yöne ise kapama yönüdür. G'den K'ya doğru bir kumanda akımı geçirilerek tristör iletken hale getirilir. Şekil 1.1'de tristörün yapısı



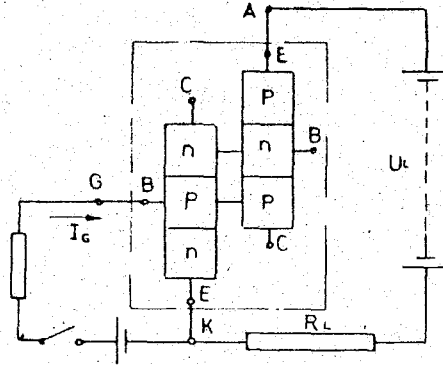
Şekil 1.1 Tristör (a)Yapısı.(b)Sembolü

ve sembolü gösterilmiştir. Tristörün Şekil 1.1'de görülen yarı iletken sistemi bir gövdeye tesbit edilmiştir. Gövde yarı iletken sistemini dış etkilere karşı korur. Dış devre ile mümkün olduğu kadar küçük bir geçiş direnci ile irtibatlanmasını sağlar. Diğer taraftan gövde, tristör sistemi kolay soğuyacak şekilde tertiplenmiştir. Soğutma elemanı üzerine tesbit edilen tristör kaidesi anot, çok telli olan oynak kablo ise katot ucudur. p taban, ince bir izolali kablo ile dışarıya G ucu olarak çıkarılmıştır. Büyük tristörlerde iletme geçme süresini kısaltmak için taban irtibatı birden fazla yerden yapılmıştır. Tristöre kumanda eden devre ile bağlantıyı kolaylaştırmak için G ucunun kablosuna benzeyen ince bir kablo, doğrudan doğ-

ruya katotla irtibatlanmıştır.

1.2 Tristöre geçirme yönünde gerilim uygulaması:

Anoda pozatif, katoda negatif olmak üzere tristöre geçirme yönünde gerilim uygulayalım. S_1 ve S_3 geçitleri geçirme S_2 ise kapama yönünde kutuplanmıştır. İletim mekanizmasının incelenmesi için tristöre, biri npn diğeri pnp iki transistörden ibaret farzedelim. Şekil 'de görüldüğü gibi pnp tipi transistörün tabanı, npn tipi transistörün kollektörü ile yanyana gelecek şekilde birleştirirsek tristöreün eş değeri olan bir sistem elde ederiz. pnp tipi transistörün emiteri tristöreün anoduna, npn tipi transistörün emiteri ise katoduna tekabül eder. Taban ve kollektör tabakalarını oluşturmaktadır. pnp transistörün emiteri ile



Şekil 1.2 Tristöreün iki transistör modeli

npn transistörün emiteri arasına R_L yük direnci üzerinden V_L gerilimini uygulayalım. npn transistör, tabanından emiterine doğru bir akım geçirilerek iletken hale getirilmediği sürece yük direncinden akım geçmez. Ancak I_g kumanda akımı geçirildiğinde, pnp transistörün emiter geçiti ve npn transistörü üzerinden bir yük akımı geçer. pnp transistörün emiter geçitinden geçen bu akım, taban akımı gibi etkilediğinden transistörü iletken hale getirir. Böylece

yük akımı, pnp transistörü ve npn transistörünün emiter geçiti üzerinden geçmeye başlar. Artık npn transistörün emiter geçitinden I_g 'den başka I_g 'den çok büyük olan yük akımının bir kısmı geçmektedir. Bu transistörün kollektör akımı daha da artar ve kısa zamanda bütün sistem iletken hale gelir. I_g akımının önemi kalmamıştır. I_g kaldırılrsa bile yük akımı geçmeye devam eder. npn transistörü yerine emiterinden tabanına doğru bir akım geçirilerek pnp transistörüne de kumanda edilebilir.

2. TRİSTÖRÜN DİNAMİK DAVRANIŞLARI

Tristörden geçen her anot akımı için, 4 yarı iletken tabaka içinde belirli bir hareketli yük dağılışı ve yoğunluğu mevcuttur. Devrenin açılıp kapanması esnasında tristörün davranışı doğrudan doğruya, özellikle iç tabakalardaki yük yoğunluğunun oluşmasına ve dağılmasına ve dağılmasına bağlıdır. Bu yoğunluk değişimleri için gerekli olan zaman ve geçici rejim esnasındaki akım ve gerilim değişimleri tristörün salt davranışlarını belirler.

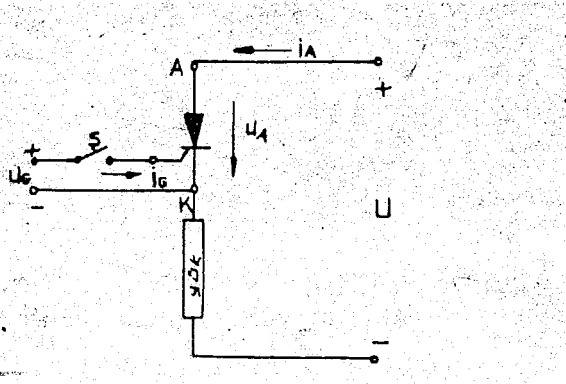
2.1 TRİSTÖRÜN İLETİME GEÇME OLAYI

Bu olay esnasında tristör tetiklenir ve pozitif kapama durumunu terkederek ilettime geçer. İleride değinilecek olan bazı nedenlerle, tristör kendiliğinden geçirgen hale gelebilir. Fakat tristörün gerek redsörlerde gerekse öndülörlerde kullanılmasında önemli olan, arzu edilen anda kapı akımı ile tetiklenerek ilettime geçirilmelidir.

2.1.1 Kapı Akımı ile Tetikleme:

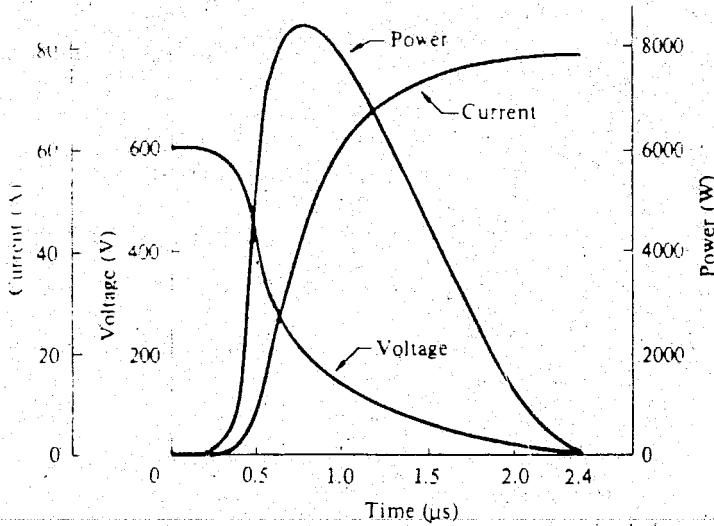
Şekil 2.1'de görülen montajda kapıdan (G) katoda (K) doğru I_G akımı geçirilerek tristörün tetiklenişi görülmektedir. Tristör tetiklenmeden önce anot gerilimi yaklaşık olarak U yük devresi gerilimine eşittir. Sıfır

devrilme gerilimi, anot geriliminden büyük olduğundan tristör pozitif kapama durumundadır.



Şekil 2.1 Tristörün tetiklenmesi.

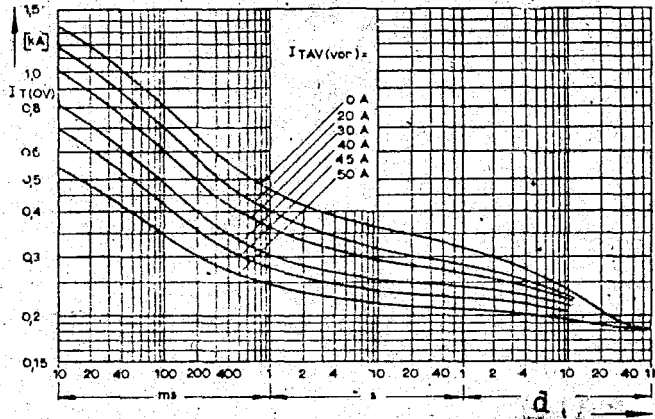
Kapı devresindeki \mathcal{S} şalterini kapatarak U_G gerilimini kapı ile katot arasına uygulayalım. I_G kapı akımının geçmesi ile tetiklenme olayı başlar. Tetiklenme olayı sırasında anot gerilimi ve anot akımının değişimi Şekil 2.2 de görülmektedir.



Şekil 2.2 Tristörün dinamik kayıpları.

Kapı devresinden I_G akımı geçmeye başladıktan, anot geriliminin hızla düşmeye yüz tutuncaya kadar geçen t_{gd} zamanına Ateşleme Gecikmesi denir. Pratik olarak bu süre anot geriliminin başlangıç değerinin %90'ına düşünceye kadar ge-

çen zamandır. Bu süre içinde tristör tabanlarında belirli bir yük birikimi meydana gelir. t_{gd} zamanı özellikle kapı akımına, anot geriliminin başlangıç değerine ve tristör sıcaklığına bağlıdır. Şekil 2.3 'de T100 N tipi bir tristörün belirli şartlarda kapı akımına bağlı olarak Ateşleme Gecikmesinin değişimi görülmektedir. (b) eğrisi bu tip tristörde çok rastlanan bir karakteristiği, (a) eğrisi ise imalat toleranslarına bağlı olarak rastlanabilecek en kötü karakteristiği göstermektedir.



Şekil 2.3 Tristörün yüklenebileceği aşırı akım değişimi.

t_{gd} süresinden itibaren tristör içinde akımın geçtiği dar bir kanal oluşuncaya kadar geçen zamana Açma Zamanı denir. Şekil 2.2'de t_{gr} ile gösterilen bu sürenin sonunda, anot gerilimi pratik olarak başlangıç değerinin takriben %10'una düşer. t_{gr} süresinin uzunluğu kısıtlılığı, doğrudan doğruya anot devresine bağlıdır. Anot devresinin fazla endüktif olması halinde anot akımı yavaş yükselir. Taban tabakalarındaki yük yoğunluğuna bağlı olarak tristörün belli bir direnci olduğuna göre, anot gerilimi küçük değerler alacak ve kısa zamanda başlangıç değerinin %10'una düşecektir. Yükün omik veya kapasitif olması halinde devre akımı çabuk yükseleceğinden anot geriliminin azalması yavaş olur ve t_{gr} süresi uzar.

I_G akımı direnci az olan yolu tercih edeceğinden G'nin bağlantı noktasına yakın olan alandan katoda geçer. Dolayısıyla akım geçiren kanalda bu bölgede oluşur ve yüzeyi gittikçe büyüyerek akım bütün katot yüzeyine yayılır. Yayılma hızı akım yoğunluğuna bağlı olup maksimum $0,1 \text{ mm}/\mu\text{s}$ dir. Örneğin 120 A 'lik bir tristörde akım bütün katot yüzeyine yayılincaya kadar takriben 60 ns geçer. t_{gr} süresinden sonra akımın bütün katot yüzeyine yayılincaya kadar geçen bu süreye Yayılma Zamanı denir. Şekil 2.2'de t_{gs} ile gösterilen bu süre, yayılma hızı sınırlı olduğundan katot yüzeyinin şekline bağlıdır. Katot yüzeyi ne kadar büyükse ve kapı irtibat noktası ile katot yüzeyinin en uzak noktası arasındaki mesafe ne kadar uzak ise t_{gs} süreside o kadar uzun olur. Bazı büyük tristörlerde bu süreyi kısaltmak için G ucunun tabana irtibatlı birkaç noktadan yapılarak birden fazla kanal oluşması sağlanır.

Tristörün iletme geçmesi sırasında kayıp gücünün değişimi, anot akım ve gerilimi çarpılarak bulunabilir. Şekil 2.2'de kayıp gücün değişimi P_{loss} ile gösterilmiştir. t_{gr} süresi içinde maksimum olan kayıp güç; anot devresinin az endüktif veya omik olması halinde çok büyük değerler alarak tristörün tahrip olmasına sebep olabilir. t_{gr} zamanı sonunda oluşan kanal çok dardır. Hatta kesiti bir mm^2 'den küçüktür. Isıl kapasitesi çok küçük olan bu hacimde büyük bir kayıp gücün oluşması bu bölgede sıcaklığın yükselmesine ve kristalin özelliğini kaybetmesine neden olur. Böyle bir hasara meydan vermemek için anot devresinin hesabında tristörün kritik akım yükselme hızı (di/dt) krit dikkate alınmalıdır.

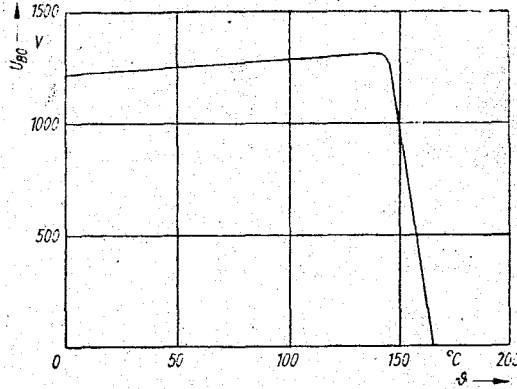
Diğer taraftan kapı akımı arttırılmak suretiyle kapı irtibatı civarında oluşan kanalın kesiti büyütülebilir. Kapı akımı, tetiklenme için gerekli olan değerlerin bir kaç katına çıkarılarak iletme geçme sırasındaki kayıp enerji, bazı tristörlerde yarıya indirilebilir.

2.1.2 TRİSTÖRÜN KENDİLİĞİNDEN İLETİME GEÇMESİ:

I. Anot Geriliminin Sıfır Devrilme Gerilimine Erişmesi:

Şekil 'deki anot akım_gerilim karakteristiğinden görüleceği gibi, anot geriliminin devrilme gerilimine erişmesi halinde kapı akımı sıfır olduğu halde tristör ilettime geçer. Normal yapıdaki bir tristör, böyle bir olay sonucu orta geçitinde (jonksiyon) meydana gelen delinme yüzünden işe yaramaz hale gelebilir. Orta geçitteki delinme, bir bölgede akım yoğunluğunun çok artarak aşırı ısınma sonucu kristalin bozulması şeklinde kendini gösterir.

Anot geriliminin devrilme gerilimine erişmesi, anot geriliminin arızı bir durum sonucu büyük değerler alması ile ortaya çıkabileceği gibi, anot gerilimi normal değerinde olduğu halde ısınma nedeni ile devrilme geriliminin düşmesi sonucu da olabilir. Şekil 'de Sıfır Devrilme Gerilimi U_{BO} 'ın sıcaklığa bağlı değişimi görülmektedir.

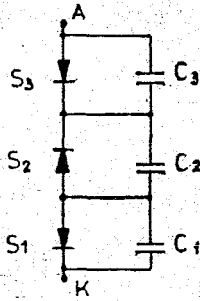


Şekil 2.4 Sıfır devrilme geriliminin sıcaklığa bağlı değişimi.

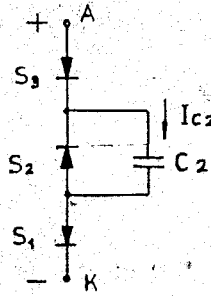
Tristörün bu tür ilettime geçme prensibinden yararlanarak Shockley Diyotları da denilen Tristör Diyotlar geliştirilmiştir. Sadece anot ve katot olmak üzere iki ucu bulunan tristör diyot, anot gerilimi ancak belirli bir değere eriştiği takdirde ilettime geçer.

2. Gerilim Yükselme Hızının Belirli Bir Değeri Aşması:

Tristörün eşdeğer devresini, jonksiyonların kapasitelerini C_1 , C_2 , C_3 ile ifade etmek sureti ile Şekil 2.5 deki gibi gösterebiliriz. Tristöre pozitif bir gerilim uygulandığında S_1 ve S_3 jonksiyonları geçirme yönünde olduğundan C_1 ve C_3 kondansatörlerinin uçları kısa devre edilmiş gibidir. Uygulanan gerilim sadece C_2 kondansatörünü doldurur ve eşdeğer devre Şekil 2.6 'daki gibi olur.



Şekil 2.5
Tristörün eşdeğer devresi.



Şekil 2.6
Pozitif anot geriliminde
tristörün eşdeğer devresi.

S_3 jonksiyonu, C_2 kondansatörü ve S_1 jonksiyonu üzerinden,

$$I_{C2} = C_2 \frac{dU_A}{dt} + U_A \frac{dC_2}{dt}$$

akımı geçer.

Tristöre kapama yönünde uygulanan gerilim ne kadar büyük olursa, jonksiyon alan bölgesi o kadar geniş olur. O halde gerilim arttıkça kapasite küçülecektir. Bu kapasite değişikliğinin etkisi I_{C2} ifadesinin ikinci teriminde dikkate alınmaktadır.

S_1 ve S_3 jonksiyonlarından geçen I_{C2} akımı katot-dan p tabana elektron, anottan n tabana deliklerin girmesini sağlar. Tamamen kapı akımı gibi etkide bulunarak tristörün tetiklenmesine sebep olur. Böyle bir tetiklenme özel-

likle redresör ve ondülör tekniğinde asla arzu edilmez.

Gerilim yükselme hızı dU_A/dt , kapı akımı gibi etkidiğinden Sıfır Devrilme Geriliminin düşmesine sebep olur.

Şekil 2.7 'de bir tristörde gerilim yükselme hızına bağlı olarak Sıfır Devrilme Geriliminin değişimi görülmektedir. Bu karakteristiğin çıkarılmasında gerilim, sıfırdan itibaren lineer olarak arttırılmıştır. Eğer

gerilim daha önce negatif değerlerden geçerek pozitif değer alınır, daha elverişli sonuçlar alınır.

Bazı tip tristörlerde gerilim yükselme hızının olumsuz etkisi, ters yönde bir kapı akımı geçirmek suretiyle azaltılabilir. Böylece sıfır devrilme gerilimi fazla düşmeksizin gerilim yükselme hızı büyük tutulabilir. Tristör kataloglarında müsaade edilen en büyük gerilim yükselme hızı, $(du/dt)_{krit}$ (Kritik Gerilim Yükselme Hızı) verilmiştir. Ters yönde kumanda akımı geçirmek gibi bir önlem alınmadığı takdirde tristör devreleri $(du/dt)_{krit}$ aşınacak şekilde planlamalıdır.

2.2. TRİSTÖRÜN SÖNDÜRÜLMESİ OLAYI

Söndürülme olayında, iletimde olan tristör pozitif kapama durumuna geçirilir. Bunun için akımın geçişini sağlayan taban tabakalarındaki büyük yük yoğunlarının ortadan kalkması gerekir. Pratik olarak tristörün iletimden çıkarılabilmesi için anot akımının herhangi bir şekilde I_H tutma akımına düşürülmesi gerekir.

2.2.I Kumanda Akımı İle Söndürme:

K

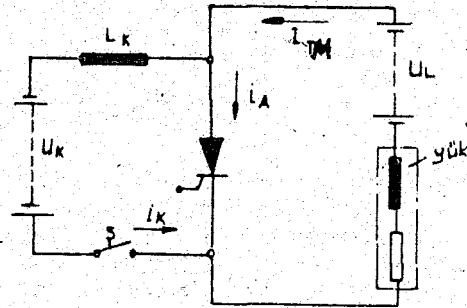
Küçük katot yüzeyli tristörler, katotdan kapıya

doğru ters yönde bir kumanda akımı geçirilerek söndürülebilir. Böylece bir kumanda akımı, kapıdan katoda doğru bir elektron akışını sağlar ve bu elektronlar, anot akımının geçişini sağlayan katotdan gelen elektronları geri iterler. Anot akımının I_H değerine düşmesini sağlarlar. Fakat katot yüzeyi geniş olan büyük akımlı tristörlerde kumanda akımı kapı irtibatından uzaktaki noktalarda fazla etken olamadığından kumanda akımı ile söndürme olanağı yoktur.

2.2.2 Komütasyon Gerilimi ile Söndürme:

Şekil 2.8'de bir yük, tristör üzerinden U_L gerilimi ile beslenmektedir. Geçirme durumunda olduğundan tristörün uçlarındaki gerilim çok küçüktür. Şalterini kapatmak suretiyle tristör uçlarına kapama yönünde U_K komütasyon gerilimi uygulanarak tristör söndürülebilir. Şalter açık iken tristör anot akımı;

Şekil 2.8
Tristörün komütasyon gerilimi ile söndürülmesi.



$$i_A = I_{TM}$$

dir.

Şalter kapatılınca,

$$i_A = I_{TM} - i_K$$

olur. İki tarafın türevini alırsak,

$$\frac{di_A}{dt} = - \frac{di_K}{dt}$$

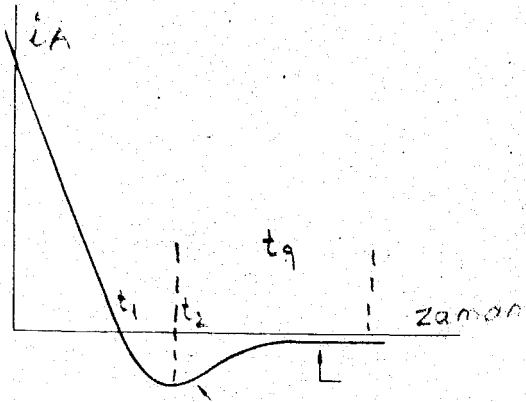
Diğer taraftan,

olduğuna göre $U_K = L_K \frac{di_K}{dt}$ 'den

$$\frac{di_A}{dt} = - \frac{U_K}{dt}$$

bulunur.

Komutesyon devresi gerilimi ve self indüksiyon katsayısı sabit olduğuna göre, anot akımı doğrusal olarak azalacaktır. Anot akımının azalması için anottan gelip S_3 jonksiyonunu geçen delikler ve katot'dan gelip S_I jonksiyonunu geçen delikler azalır. Bu sebepten taban bölgelerindeki yüklerde de azalma olur. Fakat anot akımı t_I anında sıfır olduğu halde halen taban bölgelerinde bol miktarda yük bulunduğu için, eyim değişmeksizin akım bu kere ters yönde akmağa devam eder. Şekil 2.9'dan görüldüğu gibi bir süre sonra aniden sıfıra yakın bir değer alır. Aslında

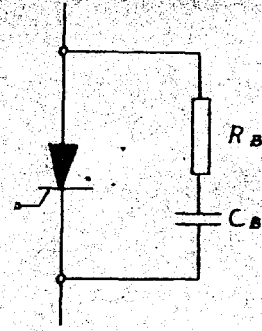


Şekil 2.9 Tristörün söndürülmesi.

t_1 ve t_2 zaman aralığında akımın değişimi tam doğrusal değildir. Fakat değişimin şekildeki gibi gösterilmesi ile büyük bir hata yapılmış olamaz.

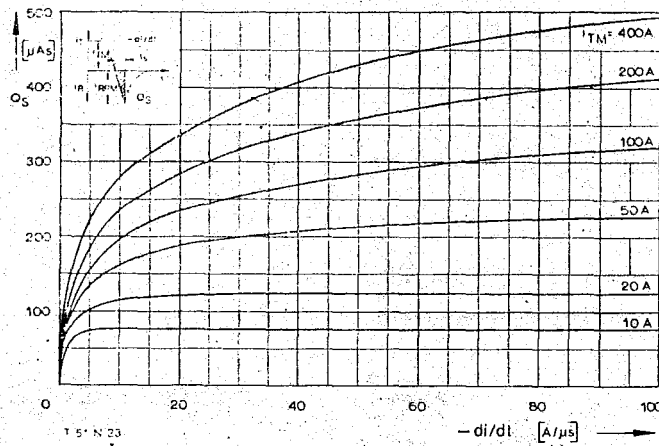
t_2 anında anot akımının ani azalması, devre selfinden dolayı tristörü tahrip edebilecek büyüklükte bir self endüksiyon geriliminin doğmasına sebep olur. Üreyen gerilim, U_K komütasyon gerilimi ile aynı yöndedir.

Şekil 2.10
Tristörün uçlarına R—C elemanı'nın
bağlanması.



Bu aşırı gerilimin tristöre zarar vermemesi için, Şekil 2.10'da görüldüğü gibi uçları arasına bir R-C Elemanı paralel olarak bağlanır. İleride görüleceği gibi bu elemanın hesabında, tristörün söndürülmesi sırasında taban tabakalarında mevcut olan Q_B yükü önemlidir. t_1 ile t_2 arasında akımın doğrusal olarak değiştiği ve Q_B 'in bu zaman aralığında tristörden geçen elektrik yüküne eşit olduğu kabul edilebilir. Tristör kataloglarında Q_B değeri diyagramlarla verilmiştir.

Şekil 2.11'de T100 N tipi bir tristörde tabanlarda birikebilecek yük miktarı Q_B , komütasyon öncesi anot akımı I_{TM} parametre olmak üzere akımın değişme hızı ($-di/dt$) ye bağlı olarak verilmiştir.



Şekil 2,11 Tristörde komütasyon öncesi anot akımı.

Tristörün söndürülmesi sırasında, tetiklenmesinde olduğu gibi bir kayıp güç oluşur. Ani değeri anot akımı ve geriliminin ani değerleri çarpımına eşit olan söndür-

me kayıp gücü, akım negatif olduğu sırada büyük değerler alabilir. Fakat bu süre hayli kısadır ve bu kayıp güç bütün tristör yüzeyinde meydana geldiğinden tehlikeli değildir. Bu sebeplerden çoğunlukla ihmal edilebilir.

t_2 anından sonra akım sıfıra yaklaştığında tristör negatif kapama durumuna geçmiştir. Fakat tristör henüz pozitif kapama özelliğini tam olarak kazanmamıştır. Zira taban bölgelerinde, özellikle S_2 jonksiyonu yakınında henüz çok sayıda yük vardır. Ancak bu yüklerde ve dolayısıyla yük yoğunluğunda yeteri kadar bir azalma olunca, tristöre pozitif bir gerilim uygulanabilir. Aksi halde pozitif gerilim uygulanır uygulanmaz, tetiklenmesine gerek kalmaksızın tristör hemen ilettime geçer.

Akımın sıfırdan geçmesinden itibaren, pozitif gerilimin uygulanması için gerekli milimum bekleme süresine (Serbest Kalma Zamanı t_g) denir. Serbest kalma zamanı özellikle tristörün yapısına ve sıcaklığına bağlıdır. Tabiatıyla komütasyon öncesi anot akımının, akımın sıfırdan geçerkenki değişim hızının, komütasyon geriliminin, pozitif gerilimin değerinin ve yükselme hızının da Serbest Kalma Zamanı üzerinde etkisi vardır. t_g süresinin sonunda halen taban bölgeleri içinde çiftleşerek kaybolmamış olan yükler vardır. Bu yükler, uygulanan pozitif gerilimin hasıl ettiği kapasitif deplasman akımlarının etkisini destekler. Bu sebepten tristörün katologunda verilmiş olan (Kritik Gerilim Yükselme Hızı) na t_g süresinin sonunda erişilemez. Zira katologda verilen değer, evvelce yüklenmemiş olan tristör için geçerlidir. t_g süresinin sonunda tristörün dayanabileceği (Gerilim-Yükselme Hızı) pratik olarak;

$$du/dt = U_{DRM}/t_g$$

ye eşittir.

Burada U_{DRM} tristörün periyodik pozitif kapama geriliminin tepe değeridir.

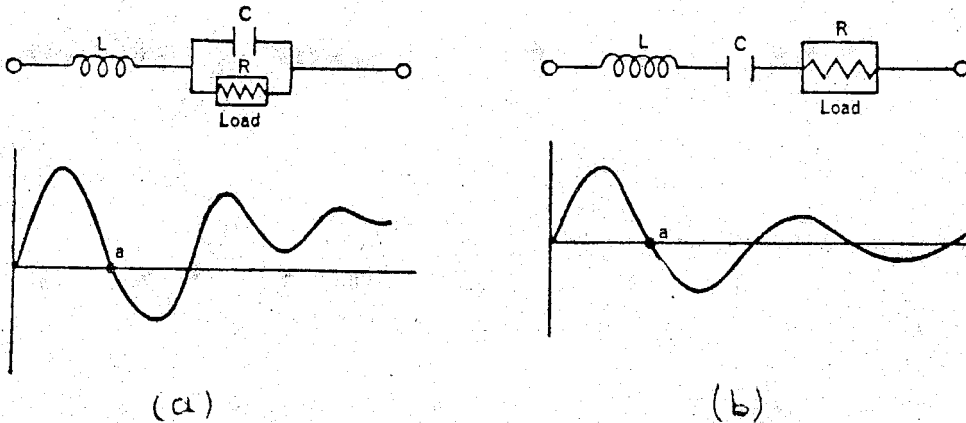
Örneğin T45 F 800 BGB tristörü için

2.2.3. Komutasyon için devrelerin sınıflandırılması :

D.C. devrelerde komutasyon gerektiği zaman tristörün ileri yön akımını zorlayarak sıfır yapmak için birçok yol vardır. Küçük dirençli bir elemanı tristöre paralel bağlayarak (mekanik anahtar veya transistör) tristörün ileri yön akımı tutma akım değerini altına indirilerek tristör kesime götürülür. Bu metot istenildiği zaman tristörün kesime götürülmesi için elverişli değildir. Randımanı yüksek, elverişli bir zorlanmış komutasyon için tristörün uçlarına ters bir gerilim uygulamalıdır. Buters gerilim indüktör ve kapasitörden oluşan şarj devresi yardımıyla elde edilebilir. Bunlara komutasyon elemanları denir. Kondansatör uçlarındaki gerilim tristörün zorlanarak kesime gitmesini sağlamak için kullanılır. Tristörün üzerinden geçen akımın sıfıra gitmesi için komutasyon elemanlarının bağlanış şekline göre zorlanmış komutasyonun sınıflandırılması yapılır.

A sınıfı rezonans komutasyonu metodu:

Burada L ve C komutasyon elemanları şekil.2.12a ve şekil2.12bde gösterildiği gibi bağlanır.

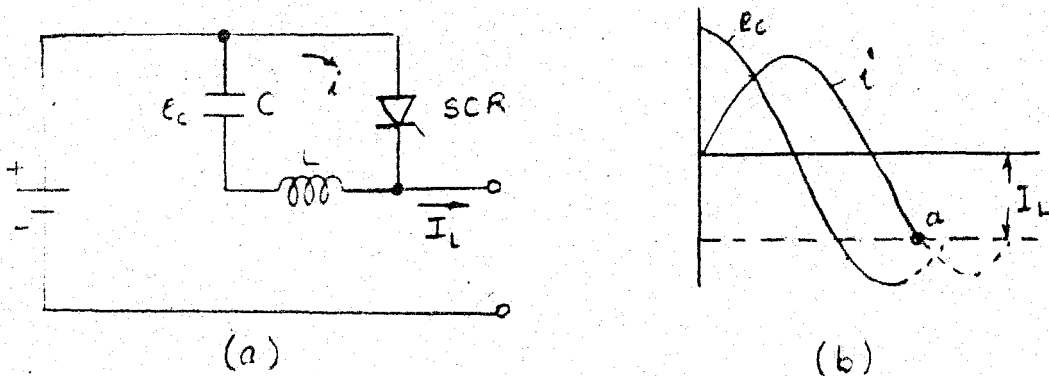


Şekil 2.12 Rezonans ile yalıtım metodları.

Böylece toplam devrede yük dahil olmak üzere salınım elde edilerek akımın sıfırdan geçmesi sağlanır. Devreye D.C. gerilim uygulandığında akımın dalga şekilleri şekillerde olduğu gibi olur. A noktalarında akım sıfır olur ve tristör kesime gider.

B sınıfı kendinden komutasyon:

Bu metotta rezonans devresi ve yükten oluşmuş komutasyon elemanlarına ihtiyaç yoktur. Komutasyon devresi şekilde görüldüğü gibidir. Önceden C kondansatörü E_c gerilimine şarj edilir. Tristör tetiklendiği zaman C kondansatörü tristör üzerinden önce deşarj olur, deşarj sonunda ters gerilimle şarj olur. Tristör iletimde olduğundan C kondansatörü üzerindeki negatif voltaj tristöre negatif i akımı uygulayacaktır.



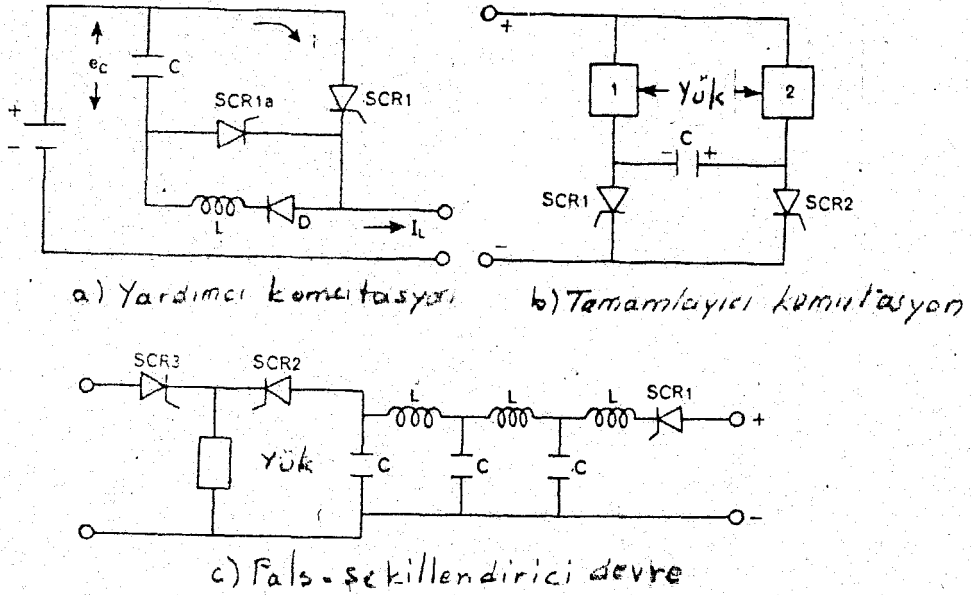
Şekil 2.13 Kendinden komutasyon.

Bu akım i_L yük akımını eşit olduğunda A noktasında tristör kesime gider. Bu akım komutasyonunun tipik örneğidir. A ve B sınıfı komutasyon noktalarının arasındaki temel fark A sınıfında komutasyona elemanları ile yük beraber B sınıfı komutasyonda ise yük ile komutasyon elemanları birbirinden ayrılmıştır. Bu komutasyon metodu genellikle D.C. den D.C. ye chopper'larda kullanılır.

A ve B sınıfı komutasyon devrelerinde tristör kesime gider, sonra ilettime geçer.

C sınıfı yardımcı komutasyon:

Bu komutasyon tipinde bir yardımcı tristör ana tristöre kesime götürmek için ilettime geçirilir. Komutasyon deresi şekil 2.14a'de görüldüğü gibidir. Başlangıçta C kondansatörü E_c gerilimine şarjlı olarak fazedilir. Tristör tetiklendiği zaman C kondansatörü onun üzerinden L üzerinden deşarj olur. Deşarj sonunda kondansatör gerilimi ters olur. Kondansatörün ters yönde deşarj olması D diyodu yardımıyla engellenir. Tristör la tetiklendiği zaman C kondansatörü tristör l üzerinden deşarj olur.ve onu kesime götürür.



şekil 2.14 Zorlanmış komutasyon metodları.

Tristör'la iletimde olduğu sürece tristör l'e ters gerilim uygulanır. Bu metod voltaj komutasyonu olarak bilinir. Bu devreler iletim zamanını değiştirebilen chopper'larda kullanılır.

D sınıfı tamamlayıcı komutasyon:

Bu komutasyon tipi şekil 2.14b'de gösterilmiştir. Tamamlayıcı komutasyonda iki tristör şekilde görüldüğü gibi bağlanmıştır. Tristörlerden biri diğerini kesime

götürür. Tristör 1 tetiklendiği zaman ilettime geçer ve yük 1 enerjilenir, C kondansatörü besleme gerilimine şarj olur. Tristör 2 tetiklendiği zaman C kondansatörü tristör 1 uçları ters gerilim uygular ve tristör 1 kesime gider. Sonra yük 2 enerjilenir, C kondansatörü bir öncekinin ters yönde şarj olur.

Tamamlayıcı komutasyon paralel inverterlerde ve köprü inverterlerin bir bölümünde kullanılır.

E sınıfı harici pals komutasyonu:

Bu tip komutasyonda iletimde olan tristörü kesime götürmek için harici bir gerilimden pals akımı uygulanır. Akım palsının genliği tristör üzerinden geçen akımın genliğinden daha büyük olmalıdır. Tristörün kesime gitmesi için tristöre uygulanan ters gerilimin süresi tristörün kesime gitme süresinden daha uzun olmalıdır. Bu komutasyon tipi A?C. chopper'ların yapılmasında kullanılır.

Pals şekillendirici devre şekil 2.140'deki gibidir. Tristör tetiklendiğinde akımın tepe değeri EVC/L olan bir pals akımı tristör 1 den akıp bütün C kondansatörlerini $2E$ değerine şarj edecektir. Akım palsının sürekliliği nVL/C olacaktır. Burada n, LC bölümlerinin sayısıdır. Tristör 2 tetiklendiğinde şarjlı olan devre yük üzerindendeşarj olurken yük uçlarındaki gerilim bir an $2E$ değerine ulaşır ve tristör 3 kesime gider.

F tipi hat komutasyonu:

Bu metotta A.C. hat gerilimini, tristörü kesime götürmek için kullanılır. Bu komutasyon metodu inverter ve doğrultmaçlarda kullanılır.

3. KOMUTASYON VE CHOPPER'LAR

Doğrultucu düzenler bir A.C. devreye bağlandığı için, A.C. saykılının doğal sıfırdan geçişi sırasında tristör düzenleri kendiliğinden yalıtıma geçerler. Beslemenin D.C. kaynak olduğu bir çok düzen uygulamaları vardır. D.C. durumunda tristör düzenlerinin kesime götürülmesi için, ya akımın sıfıra düşürülmesi, ya da sistemin kapama durumunun yeniden sağlanabilmesi için uygun bir zamanda ters gerilimin uygulanması gerekir.

Güç transistörleri, ek harici bir devre olmaksızın beyz akımının yaklaşık sıfıra indirilmesiyle yalıtıma geçirilebilir. Yük endüktif olduğunda, yük akımı başka bir elaman üzerine saptırılmalıdır, aksi halde depolanan manyetik enerji transistörde aşırı ısınmalara sarfedilir. Şekil 3.1'de transistör yalıtımda iken komutasyon diyodunun yük akımının saptırılması için gerekli olduğunu gösteriyor.

Bu bölüm, çeşitli yalıtım devrelerinin temel kurallarını pratik uygulamaları örneklerle verecektir.

Her zaman olduğu gibi, omik direnç-kondansatör devresindeki exponansiyel değişimler veya kondansatör self devresindeki titreşim her devre için bağıl formüller çıkarılmayacak, bölümün özet kısmında yaklaşık genel formüller verilecektir.

3.1. PARELEL KAPASİTANS

Şekil 3.2a'da görülen tristör ilettime geçirildiğinde akım E/R olacaktır. Tristörü yalıtıma geçirmek için, görüldüğü gibi şarjlı olan C kondansatörü, S anahtarının kapatılmasıyla tristör uçlarına bağlanabilir. Tristör uçlarına ters gerilim uygulanacağından tristör kesime gidecektir. Bu ters akım ani olarak iletimdeki tristörü yalıtıma geçirecektir. Şekil 3.2b'de görülen d dalga şeklinde olduğu gibi, kondansatör ve bundan dolayı tristör gerilimi, bir zaman sonra kondansatör E ba-

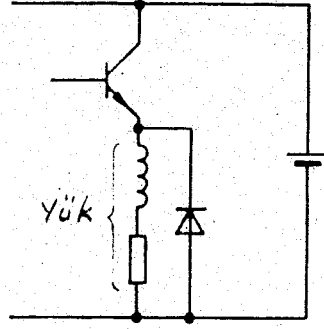
yeteneğine uygun olarak bir D.C. chopper(kıyıcı) olarak bilinir. Şekil 3.3a'daki devrenin işlevinin daha iyi anlaşılabilmesi için her bir anahtarlama sırasındaki şatların ele alınması en iyisidir. Ela manların ideal ve kayıpsız olduğu kabul edildiğinde, dalga şekilleri şekil 3.3b'deki gibidir. T_1 ana yük tristörü, T_2 , T_1 'in yalıtıma geçebilmesini sağlayan kondansatör şarjını anahtarlamanın yardımcı tristördür. L selfi C kondansatörünün üzerindeki doğru kutuplamayı sağlamak için gerekli olan devre elemanıdır.

Her iki tristör yalıtımda iken batarya bağlandığında bir akım akışı olmaz. Doğru çalışma için, C kondansatörü, üzerinde ani şarj olmamak şartıyla, şekil 3.4a'daki basit eşdeğer devreyi verecek biçimde, ilk olarak T_2 tristörünün tetiklenmesi ile şarj edilmelidir, bu nedenle E/R değerinin exponansiyel bir biçimde azalan akımı, görülen kollardan geçer. Zamanla, C kondansatörü, yaklaşık E batarya gerilimine şarj olur. Fakat, uygulamada, şarj akımı T_2 tristörünün tutma seviyesinin altına düşerse akım kesilir.

T_1 ateşleme tristörü, şekil 3.4b'deki eşdeğer devrede açık olduğu gibi, bataryayı yüke bağlar. Aynı zamanda, diyot ters akm akışını engellerken, C kondansatörü ile L endüktansı arasında bir yarı saykıl devam eden bir titreşim başlar. Bundan dolayı, C kondansatörü üzerindeki yük şekil 3.4b'de gösterilen, şekil 3.4a'da gösterilene döner. Şimdi, T_2 'nin ateşlenmesi C kondansatörü üzerindeki şarjı, T_1 tristörünü yalıtıma geçirecek şekilde boşaltır ve T_2 tristöründeki ve yükteki akım $2E/R$ ani değerine ulaştığında şekil 3.4a'daki durum meydana gelir.

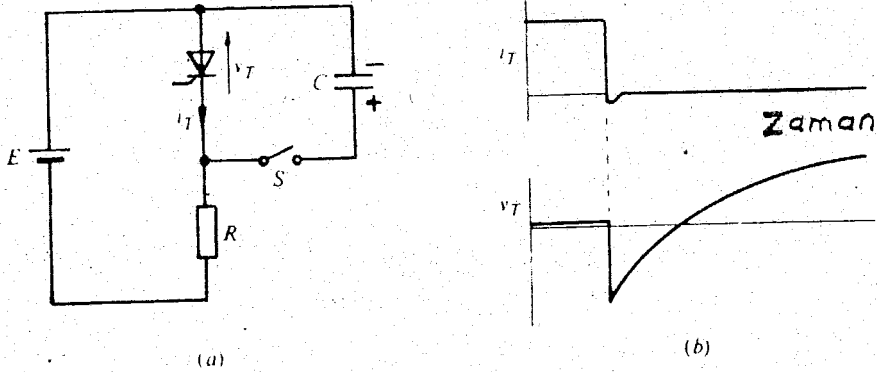
Şekil 3.3'deki devre durumunu özetlersek, T_1 ateşleme tristörü yükü bataryaya bağlar, T_2 ateşleme tristörü, T_1 tristörünü yalıtıma geçirir, yük bataryadan ayrılır, Bu devrenin sakıncası, kondansatör yük a-

tarya gerilimine ters bir şekilde şarj olması ile pozitif olacaktır. Bu basit düzenleme iye C kondansatörü , gerekli yalıtım zamanını elde etmek için yeteri kadar büyük olmalıdır.



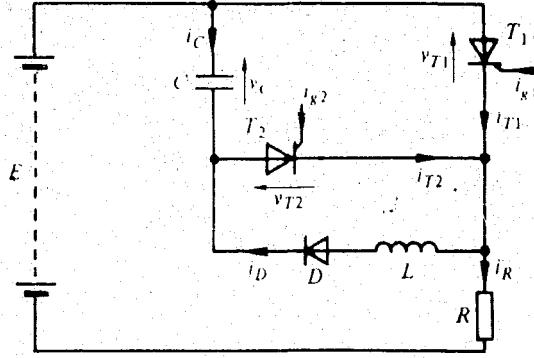
Şekil 3.1 Transistör kontrollü yük.

Şekil 3.2'deki basit devrenin kullanılır hale getirilmesi için, düşünülmesi gereken, mekanik S anahtarının yerini alacak bir elektronik anahtar düzenlemek, kondansatör üzerindeki şarjı sonra ki yalıtım sırası için asıl yönünde tekrar şarj etmektir.

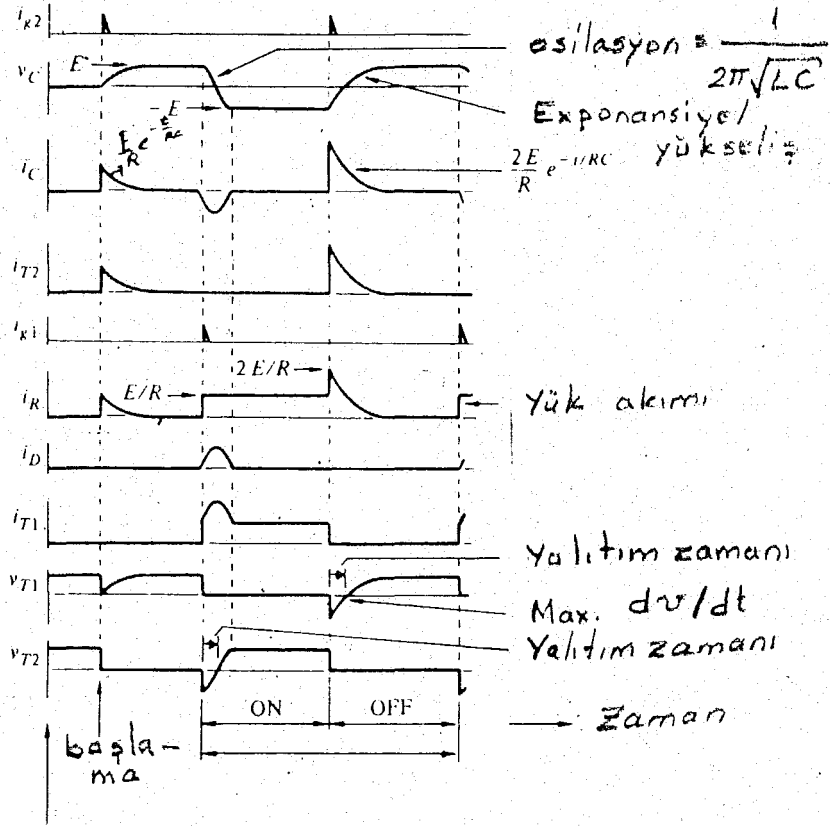


Şekil 3.2 Paralel kondansatörle kesime götürme.
(a) Devre. (b) Dalga şekilleri.

Şekil 3.3'de görülen bir devre, yüke uygulanan batarya gerilimini iletim ve yalıtım şeklinde kesebilme



(a)

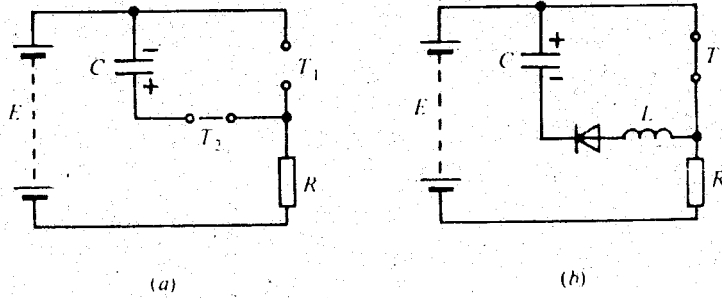


Batarya
bağlama

(b)

Şekil 3.3 Paralel kondansatör kullanılmış chopper devresi. (a) Devre. (b). Dalga şekilleri.

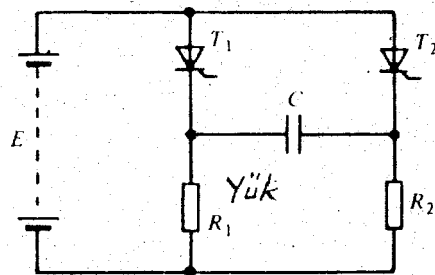
kımının yükten geçmesidir. D diyodunun yerini uygulamada, T_1 tristörü ile aynı anda ateşlenmesi gereken bir tristör kullanılabilir. Batarya yükünde endüktans bu-



Şekil 3.4 Şek.3.3 için eşdeğer devre (a) T_2 tetiklendiğinde. (b) T_1 tetiklendiğinde.

lunduğunda, D diyodu ve batarya üzerinden C kondansatörünün kısmi deşarjını sağlayan T_1 tristörü yalıtımı geçtikten sonra, çevre ikinci bir titreşimle sonuçlanır. D diyodu yerine tristör bu ikinci deşarjı engeller.

Şekil 3.5' de görülen basit devre self kullanılmadan gerçekleştirilmiştir. Burada T_1 tristörü batarya-

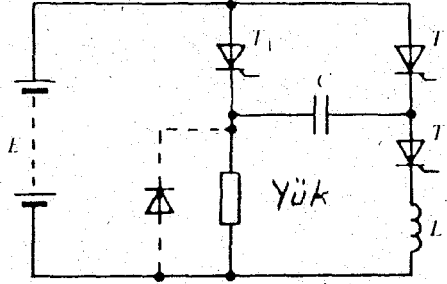


Şekil 3.5 Tek paralel kondansatörlü chopper.

yı R_1 yüküne bağlar ve aynı zamanda, C kondansatörünün R_2 direnci üzerinden şarj olmasını sağlar. T_2 tristörü tetiklendiğinde, C kondansatörü üzerindeki gerilim T_1 tristörüne ters gerilim uygulayarak T_1 'ikesime götürür. T_2 tristörü, R_2 'den geçen akımla iletimde kalır.

C kondansatörü R_1 üzerinden ters şarj olur. T_1 tekrar tetiklendiğinde C kondansatörü üzerindeki gerilim T_2 tristörüne ters gerilim uygulayarak T_2 'yi kesime götürür ve C kondansatörü R_2 üzerinden şarj olur. Bu basit devrenin sakıncası, yük tükama periyodunda içinden akım geçen R_2 direncindeki kayıptır. Kayıp, R_2 direncini, R_1 direncine göre büyük seçilerek azaltılabilir, fakat, bu kondansatörün şarj zamanını uzatacaktır, bu nedenle yükün anahtarlanabildiği değerde sınırlandırılır.

Şekil 3.6'da kondansatörün yük üzerinden deşarj olmadığı bir devre görülüyor. Bu devrede, T_1 tetiklendiğinde yükü bataryaya bağlar. Sonra T_3 tristörü tetiklenerek LC devresi batarya üzerinden osilasyon başlar, böylece C kondansatörü $2E$ gerilimine şarj olur. Şekil 3.6'daki C kondansatörünün $2E$ gerilimine şarj olduğunu anlamak için şekil 3.7'deki dalga şekli

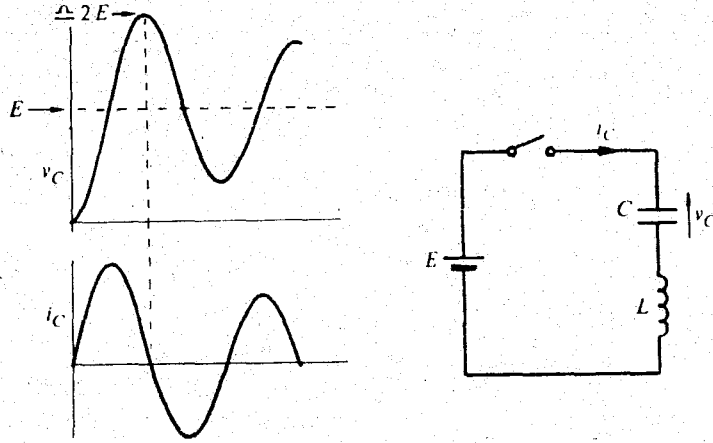


Şekil 3.6 Paralel kapasitans komutasyon devresi.

killerini inceleyeceğiz. Kayıplar ihmal edilirse, LC'i anahtarlanması, $1/2\pi\sqrt{LC}$ Hz. frekansında bir titreşim oluşturacaktır. Bazı kayıpların var olduğunu kabul edersek, titreşim, C kondansatörünün -sonunda- E gerilimine şarj olması ile sönecektir. T_3 tristörü herhangi bir ters akımı engelleyecektir. Çünkü titreşimin sadece bir yarı saykılı, C kondansatörünü $2E$ gerilimine şarj edecektir.

Şekil 3.6'ya tekrar bakarsak, T_2 ateşlendiğinde T_1 tristörü kondansatör tarafından tikanacaktır. C kondansatörü bataryaya gerilim seviyesine ters olarak şarj

olacaktır. Bu devrenin yararı, komutasyon kondansatörünün batarya geriliminden daha büyük bir gerilime şarj olmasıdır. Sakıncası ise T_2 ve T_3 tristörlerinin kaza ile aynı anda ateşlenmesi ile batarya üzerinde meydana gelecek kısa devredir.



Şekil 3.7 Seri bir LC devresinin bataryaya bağlandığı zamanki dalga şekilleri.

Yük endüktif olursa, o zaman anahtarlama sırasında yük akımını tristörlerden uzaklaştırmak için şekil 3.6'da görüldüğü gibi yük üzerinde bir komutasyon dioduna gerek vardır.

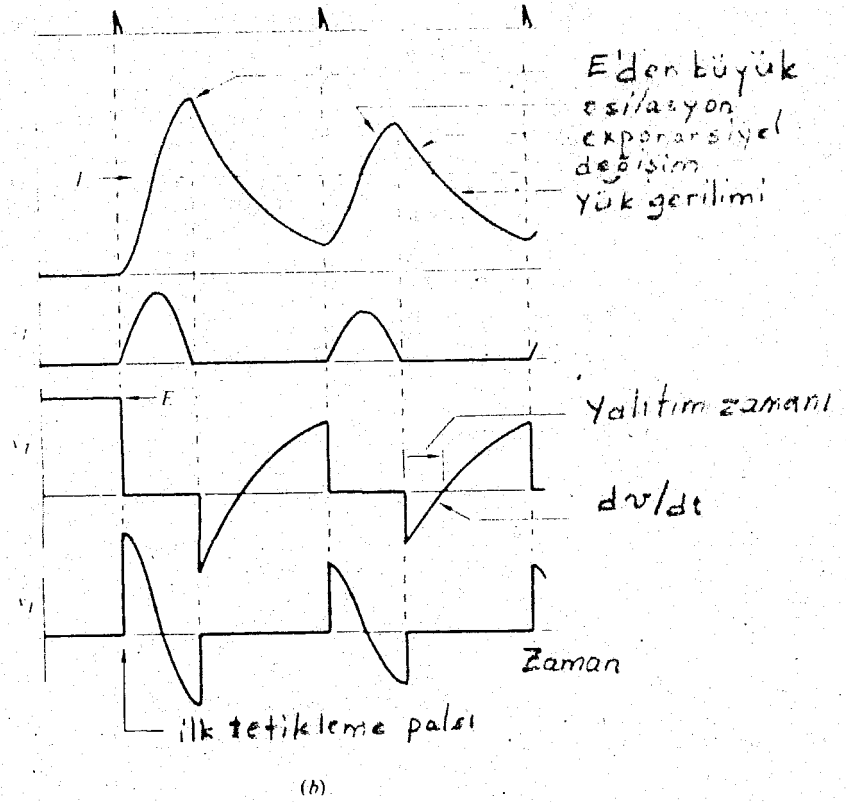
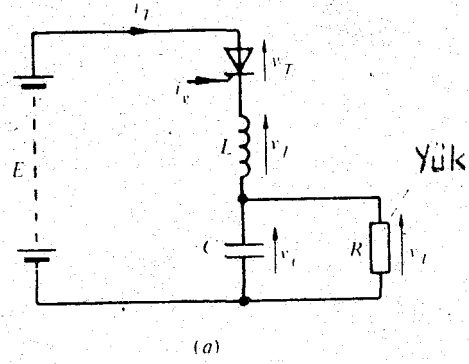
Benzer bir uygulama için devre seçiminde, yükün tipine, anahtarlama akımına, kayıplara ve maliyete dikkat etmek gerekir.

3.2 REZONANS'LA YALITIM

Kondansatör-self bileşiminin öz-titreşim özelliğinden, ikinci veye yardımcı bir tristöre gerek duyulmaksızın iletimden sonra, verilen bir zamanda tristörün yalıtıma geçirilmesi sağlanabilir,

Şekil 3.8a'da görülen rezonans devresi, tristör akımının ters dönmesi ve yalıtımın sağlanması için kullanılmaktadır. Şekil 3.8b'deki dalga şekilleri seri rezonans devresinin işlevinin ne olduğunu gösteriyor. Ba-

taryanın bağlanmasından sonraki ilk tetikleme darbesi beslemeyi sönümlü titreşim devresine bağlayacaktır. Bir yarı saykıldan sonra tristör akımı ters dönmeye çalışacaktır, tristör otomatik olarak yalıtıma geçecektir.



Şekil 3.8 Seri rezonans yalıtımı

(a) Devre (b) Dalga şekilleri.

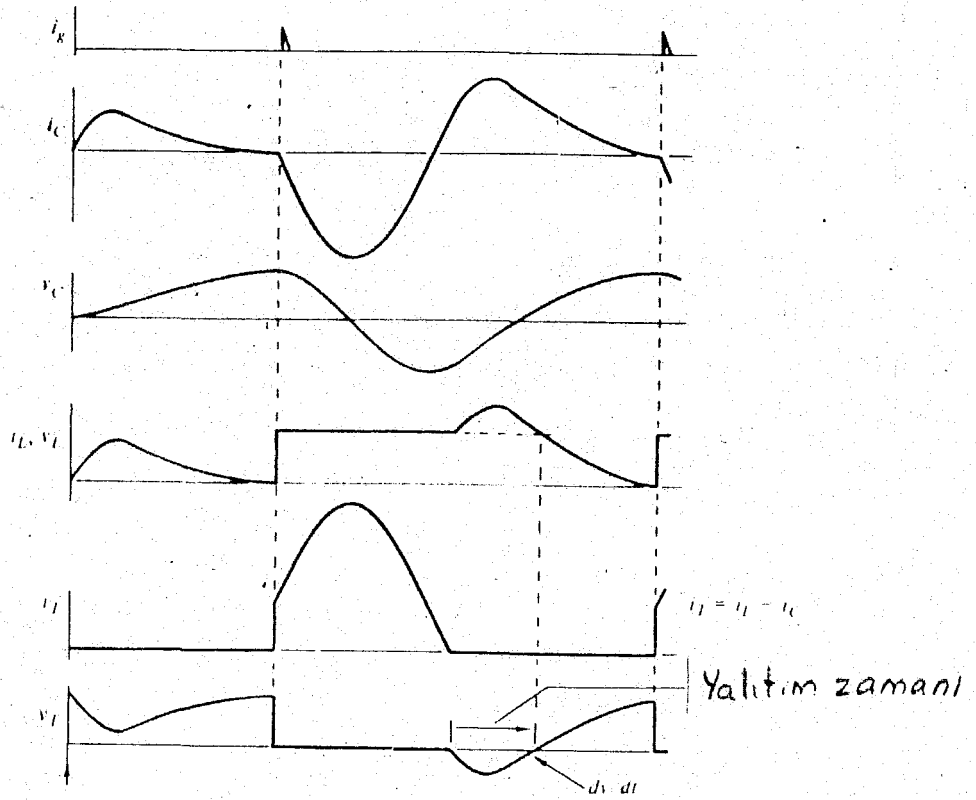
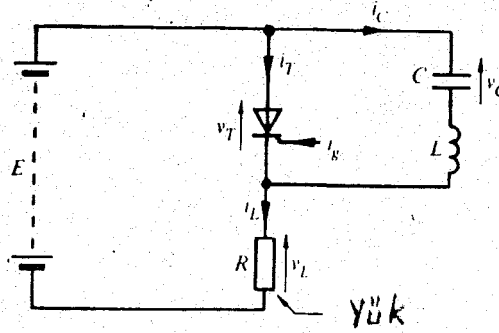
Bu yarı saykıl süresince kondansatör gerilimi, $2E$ gerilimine yaklaşan bir değere ulaşacaktır. Böylece tristör uçlarında E'nin değerine yaklaşan bir ters gerilim görülecektir. Kondansatör ise yük üzerinden boşalacaktır, gerilimi E geriliminin altına düştüğünde tristörde ileri yönde bir gerilim görülecektir.

Şekil 3.8'deki devrede tristörün iltim zamanı sönmümlü titreşim frekansının zamanı ile belirlenir. Yalıtım zamanı değiştirilebilir, fakat kondansatör geriliminin E'nin altına düşmesi için süre yeterince uzun olmalıdır ki tristörün bir sonraki tetiklenmesinde titreşim oluşabilsin. İkinci saykılın dalga şekli titreşim başlangıcındaki sınırlı kondansatör geriliminden dolayı bataryadan daha düşük bir akımın çekildiğini gösteriyor

Şekil 3.9'da görülen paralel rezonans devresinde kondansatör bağlandığında, kondansatör E gerilimine şarj olur, Tristör tetiklendiğinde batarya yüke bağlanır ve aynı zamanda LC devresinde osilasyon başlar. Osilasyon akımının E/R yük akımından büyük olması sağlanırsa tristör akımı ters dönme eğilimi gösterecek ve yalıtım geçecektir. İlk yarı saykıl için tristör akımı artacaktır, fakat daha sonra titreşimin ters yarı saykılının daha önceki parçası sırasında sıfıra düşecektir.

Şekil 3.9b'de görülen dalga şekilleri, R'nin, RLC seri devresinin kritik olarak söndürüldüğü $R^2=4L/C$ değerindeki durum içindir. Eğer R azaltılırsa, LC osilasyon akımı yük akımına ulaşır. Artarsa, belkide osilasyon başlamayacaktır.

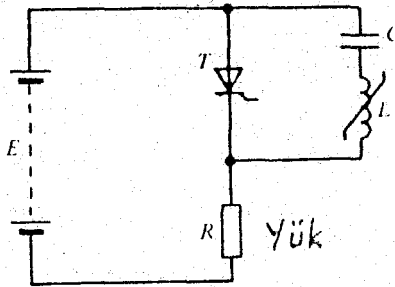
Şekil 3.10'da görüldüğü gibi, paralel rezonans devresi şekil 3.9'daki doğrusal selfin, bir doyumlu reaktörle değiştirilmesi ile geliştirilebilir. Doyumlu reaktör, çok yüksek endüktanslı olabilecek şekilde yapılmış demir nüveli bir selftir. Tristör tetiklendiği zaman, Lçök büyük olduğu için, çok yavaş bir osilasyon başlar.



Şekil 3.9 Parellel rezonanslı yalıtım.
(a) Devre (b) Dalga şekilleri.

Şekil 3.10'daki devrede ateşleme tristörü akı de, işikliği L yi küçük değere indirinceye kadar (L büyük olduğundan) çok küçük bir titreşim başlar. Daha sonra akım hızla ,sonuçta yarım sayıklık bir titreşim meydana getirerek oluşur. Bu akım yük akımı ile aynı yönde tristörden geçer. Titreştirme akımının ters çevrilmesi içindoyumlu reaktör doyumdan uzaklaştırılmalı akısı ters yönde doyumu götürülecek biçimde çevrilmeli, daha sonra akım tristörü yalıtıma götüreceği biçimde oluşur. Bundan dolayı doyumlu reaktörün olması yükün iletim zamanını arttıran iki zaman aralığı oluşturur.

Şekil 3.11'de, şekil 3.9a'da verilenle aynı olan ve doyumlu reaktörlü devrenin çalışmasının açıklanması, na yardım edecek dalga şekilleri görülmektedir. i_T tristör akımı dalga şekillerinin incelenmesi iletim zamanının uzatılmasını oldukça açık olarak göstermektedir

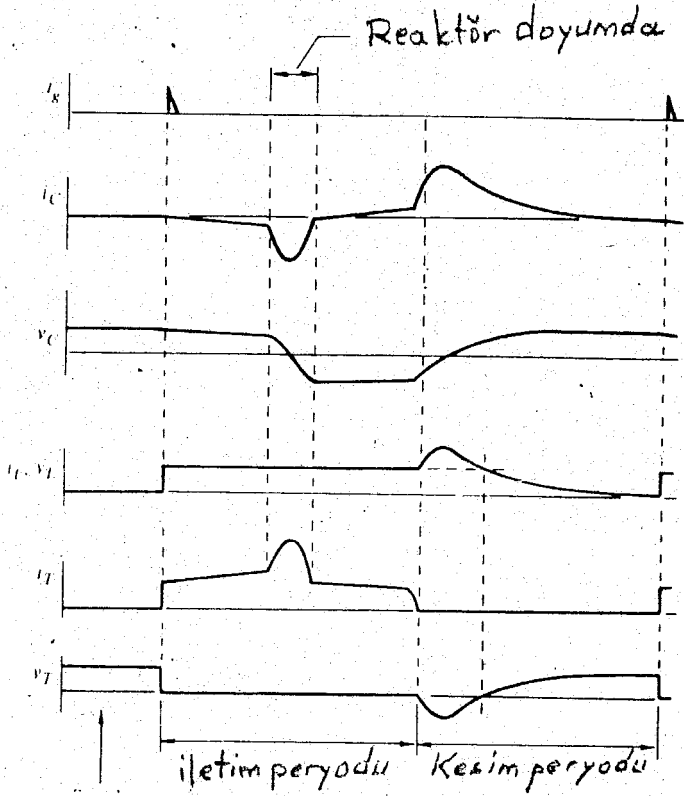


Şekil 3.10 Doyumlu reaktörle geliştirilmiş paralel rezonans yalıtımı.

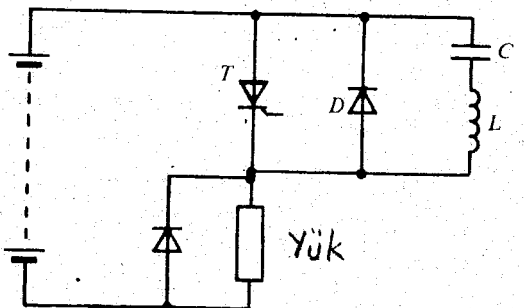
Yük (nörmal durumda olduğu gibi) endüktif olursa o zaman, şekil 3.12'de görüldüğü gibi, yük üzerinde bir komutasyon diyoduna gerek duyulur. Dahası yalıtımda LC titreşim akımı yükten daha çok diyot üzerinden saptırılın diye tristör üzerine ters bir diyot bağlanabilir.

Yük endüktif olduğunda, L rezonans selfinininimden daha fazla, şekil 3.13' deki devre önceki devrelere göre daha kullanışlıdır. Faydaları tristördeki akım artış değerinin L selfi ile sınırlanması ve T tiristöründeki akımın azalmasının enagöre yavaş olmasıdır. Buani depol

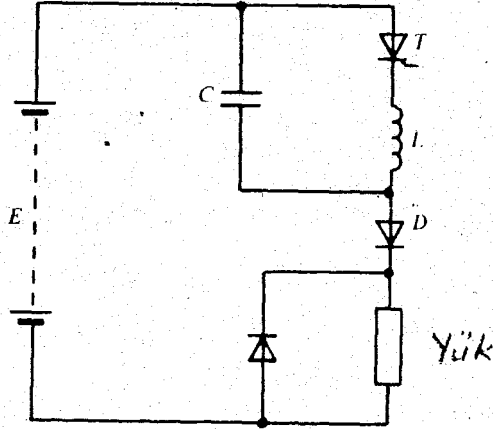
lama şarj akımını önler. D diyodu kondansatör şarjının bir aktif (motor) yük tarafından bozulmasını önler. Diğer bazı devrelerdeki hızlı şarj değerinin aksine akım seviyesi düşük olursa, yük üzerindeki kondansatörün bağıl şarj değeri DC beslemede ani şarj değeri, DC beslemede ani gerilim düşümüne sebep olmaz.



Şekil 3.11 Doymumlu reaktörlü paralel rezonans yalıtımlı devrenin dalga şekilleri.



Şekil 3.12 Diyotlar eklenmiş paralel rezonanslı yalıtım.



Şekil 3.13 Büyük endüktanslı yük için rezonans kontrolü.

3.3 ÇİFT DARBE

Yük akımını taşıyan tristör, DC beslemeden büyük ve ona ters olarak geliştirilen bir gerilim üzerine bir selfin seri bağlanmasıyla yalıtıma geçirilebilir. Bu durumda ters gerilim tristör uçlarına uygulanır ve bu gerilim yeterince uzun bir süre sağlanırsa tristör yalıtıma geçer.

Şekil 3.14b'deki şarjlı kondansatörün yük devresinde karşılıklı birleştirilmiş bobinden nasıl bir gerilim meydana getirilebildiğini göstermektedir. Yük devresinde meydana gelen gerilim batarya besleme geriliminden daha büyük olmalıdır. Bu kısım devrede karşılıklı birleştirilmiş bobine gerek yoktur. Bağlantı şekil 3.14a'da görüldüğü gibi doğrudan sefle yapılabilir.

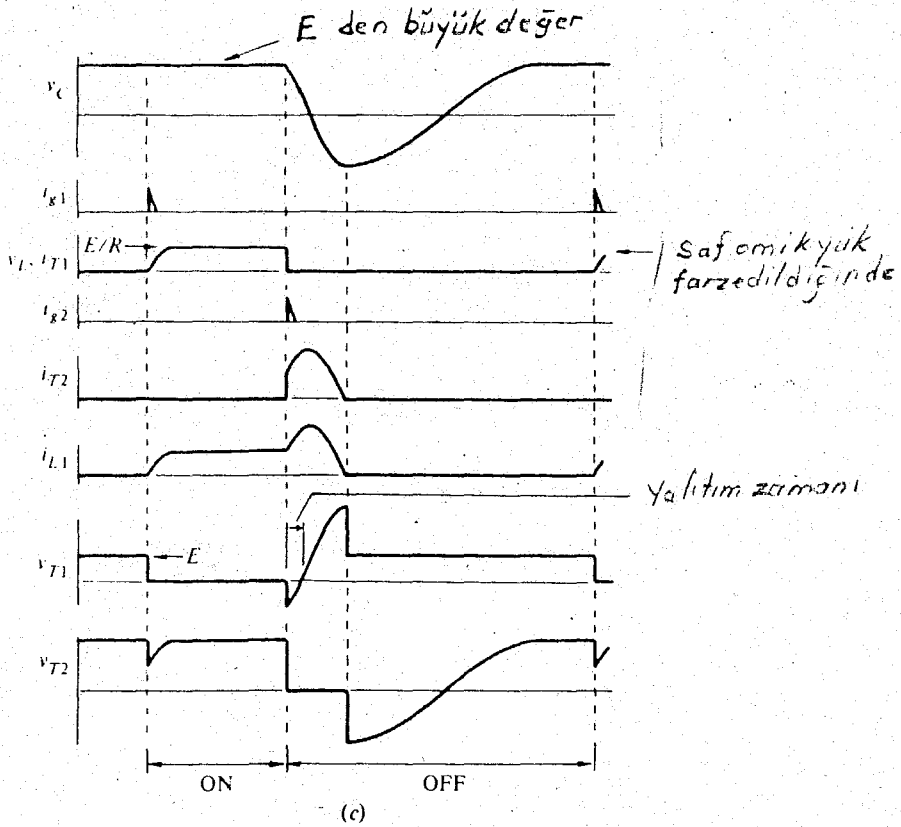
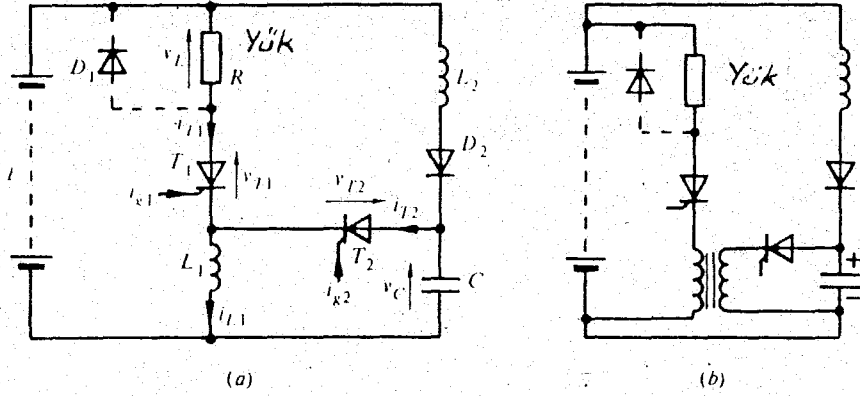
Şekil 3.14a'daki devre bataryaya bağlandığında L_2 , D_2 ve C üzerinden kondansatörü yaklaşık batarya geriliminin iki katına şarj edecek bir akım akacak, D_2 diyodu herhangi bir ters akımı engelleyecektir. T_1 'in iletme geçmesi, yükü L selfi üzerinden bataryaya bağlayacaktır. T_2 tristörü ateşlendiğinde C üzerindeki şarj (gerilim) T_1 tristörü üzerinde ters bir gerilim meydana getirecek biçimde L_1 selfi üzerine boşalır. Bu onu yalıtıma geçirir. L_1 ve C den meydana gelen rezonans devresi T_2 tris-

törünün ters akımı tıkamasıyla durduruluncaya kadar yaklaşıp olarak bir saykılın yarısında titreşim yapacaktır. Kondansatör şimdi bir sonraki sıra için hazır olmak üzere L_2 ve D_2 üzerinden deşarj olacaktır. Bahsedildiği gibi olayın meydana geldiği bir durum, C kondansatörü L_1 selfine deşarj olduğunda, L_2 selfinden bağımsız olması için, L_2, C arasının rezonans frekansı L_1, C halkasınınkinden çok daha az olandır. Bu nedenle L_2, L_1 'den çok daha büyük olmalıdır. D_2 diyodu, T_2 tristörü yalıtıma geçtikten sonra ateşlenen bir tristör tarafından devreye girerse, ozaman L_2 , yükten yalıtım zamanını en aza indirerek daha küçük olabilir.

Şekil 3.14c'de görülen dalga şekilleri incelendiğinde, yük akımının daha önce bahsedilen devrelerin bazılarında olan kondansatör akım bileşeni olmaksızın, bir kare blok olduğu görülür. Yalıtım sırasında L_1 selfindeki akım E/R yük değerinden yükselecektir. Çünkü C kondansatörünün depolanmış enerjisi L_1 selfine aktarılır. T_2 tristöründeki akım, derhal E/R ye yükselecek ve sinusoidal bir biçim izleyecektir. T_1 tristörünün yalıtıma geçmesi için gerekli zaman C kondansatörü üzerindeki gerilimin E seviyesine düşmesi için alınan zamandır. Dalga şekilleri, keza L_2, C halkasındaki çok daha yavaş titreşimlerde gösterirler.

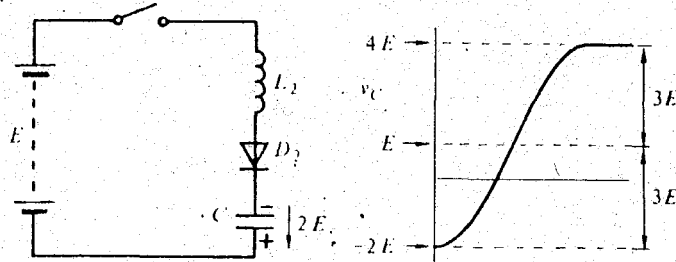
Şekil 3.14a'daki devrenin açıklanmasında yapılmayan bir nokta bileşenlerin kayıpsız olduğu kabul edilirse o zaman C kondansatörü üzerindeki her bir anahtarlama gerilimi $2E$ tarafından oluşturulacaktır. Şekil 3.15'de T_2 tristörü yalıtımda iken kondansatörün yaklaşık $2E$ lik bir gerimle (alt plaka pozitif) karşı karşıya bırakılması olayının nedenini gösterir, Bu nedenle L_2, C batarya devresinde titreşim, D_2 diyot'u ters akım akışını durdurduğu zamanda C kondansatörü üzerinde sonuç olarak $4E$ 'lik bir gerimim verecek, yaklaşık $+3E$ olacaktır.

Uygulamada, kayıplar en son gerilim yükselişini sınırlayacaktır. T_2 tristörü üzerine ters paralel bağlan



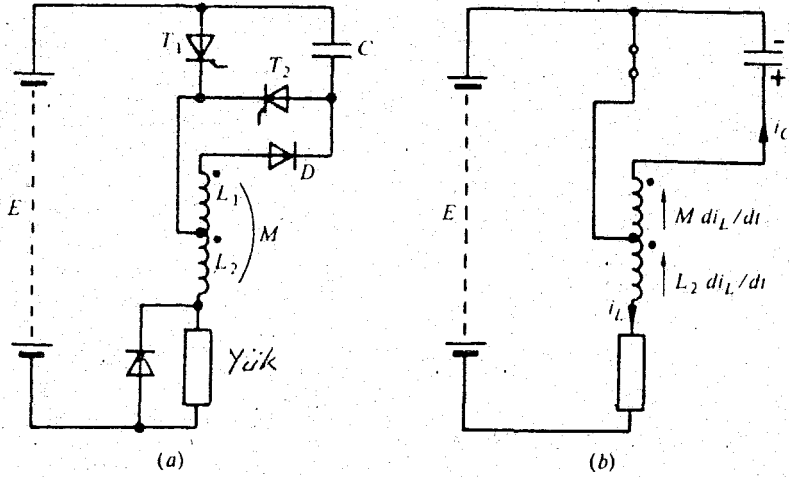
Şekil 3.14 Harici darbe ile komutasyon (a)Bağlantı (b) Karşılıklı etkileşen bobinden (c) Dalga şekilleri,

nan bir diyot, L_2C titreşiminin tam bir saykılını verecektir ve batarya daha sonra ancak yaklaşık $2E$ ye şarj olacaktır.



Şekil 3.15 T_1 'in ilk yalıtımından sonraki durum.

Şekil 3.16'da görülen çift darbeleri devre, yük bataryaya bağlandığında komutasyon kondansatörünün otomatik olarak yalıtım için hazır doğru durumda şarj edilme özelliğine sahiptir.



Şekil 3.16 Çift darbeleri komutasyon. (a) Devre.
(b) T_1 'in ateşlenmesinden sonraki durumlar.

Şekil 3.16b'ye bakarak T_1 tristörü ateşlendiği zamanki olayları düşünelim. yük akımının büyüklüğünü, dönüştürme karşılıklı sarılmış L_1 bobininde bir gerilim indükleyen L_2 de bir gerilim indükleyecektir. karşılıklı

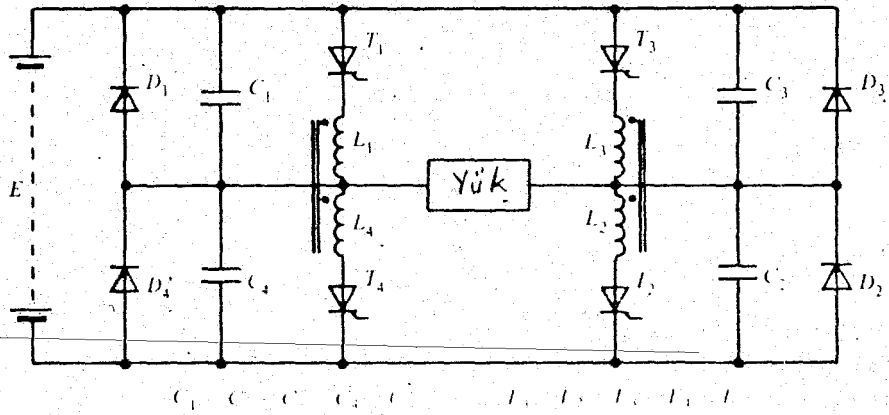
daki akımın anahtarlanması nasıl olduğu düşünülmeğe değer. Eşit zaman aralıklarında, iki tristörün sırası ile anahtarlanması yükü beslemek üzere bir alternatif gerilim verecektir.

Şekil 3.19'da Mc.Murray-Bedford'a göre tam bir impuls yön değiştirmesi, köprü devresi görülmektedir. T_1 ve T_2 iletimde ise batarya yüke bağlanır. Seçenek olarak batarya, T_3 ve T_4 tristörlerinin iletimde tutulmasıyla yüke ters olarak bağlanabilir. Bu nedenle alternatif bir gerilimin yüke görülmesi sağlanabilir. Şekil 3.19'daki komutasyona uygun olarak, (örneğin T_1 ve T_2 tristörü iletimde ise) yük akımını taşıyorsa o zaman T_4 tristörünün ateşlenmesi otomatik olarak yük akımının, T_1 'i yalıtıma geçirerek, T_4 'e aktaracaktır. Eğer T_1 tristörü diğer taraftan (T_2, T_3) herhangi bir değişiklik olmaksızın yalıtıma geçirilirse o zaman yük bataryadan ayrılır. Eğer her nasılsa T_3 tristörü, T_4 tristöründe olduğu gibi aynı zamanda ateşlenirse, o zaman her iki T_1 ve T_2 yalıtıma geçirilir ve batarya yüke ters durumda bağlanır.

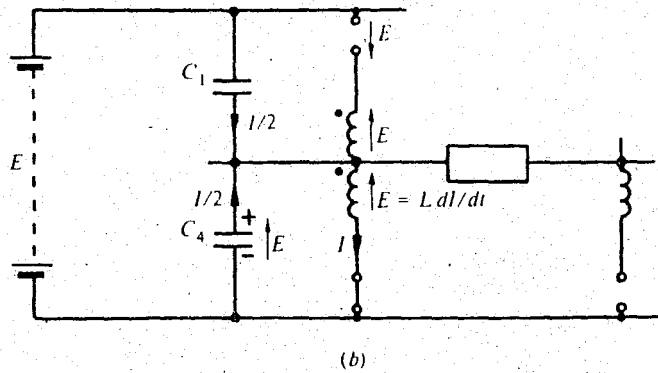
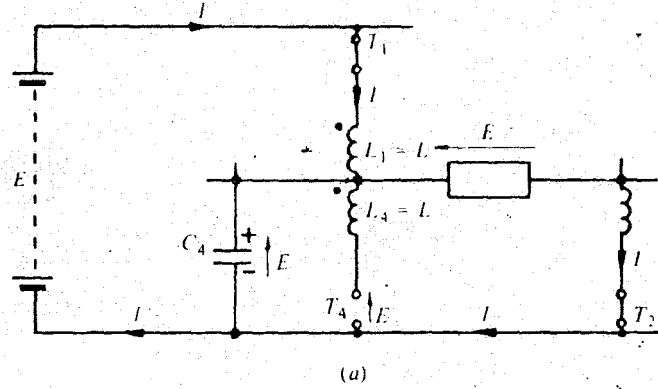
Komutasyon sırasındaki olayları açıklamak için T_4 tristörünün ateşlenmesinden önceki durumu gösteren şekil 3.20'yi düşününüz. C kondansatörü E batarya gerilimine şarj olur. Selfin manyetik alanında depolanmış olan enerji $(1/2)LI^2$ dir. T_4 tristörünün aniden ateşlenmesi durumunda şekil 3.20b'deki gibi durum oluşur. Kapalı etkileşmiş L_1 bobini üzerinde bir E gerilimi indükleyen L_4 bobini üzerinde C_4 kondansatörü gerilimi görülür. Diyagramın incelenmesi T_1 tristörünün E gerilimi tarafından ters kutuplandığını, bundan dolayı yalıtıma geçtiğini gösteriyor.

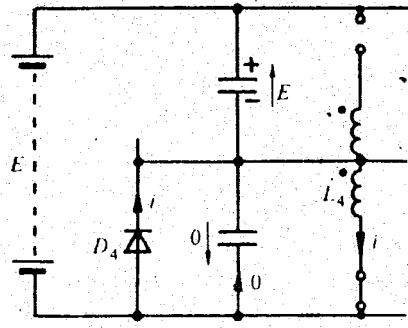
Şekil 3.20b' de görülen akım dağılımı, T_4 tristörünün ateşlenmesinden hemen sonra, L_1, L_4 'ün depolanmış manyetik alan enerjisi durumundaki artış değişmez. Bu

nedenle L_1 'deki I akımı L_4 'e çevrilir, böylece enerji $(1/2)LI^2$ seviyesinde tutulur. Yük akımının geçtiği omik bir yük ele alındığında, o zaman I akımı f frekansında $f=1/2\pi\sqrt{L_1C_1}$, L_4 'lü bir titreşimin başlamasını sağlamak üzere paralel olan C_1 ve C_4 kondansatörlerinden eşit akım çekilecektir. C_4 kondansatörü üzerindeki şarj



Şekil 3.19 Tam impuls-komutasyonlu köprü (Mc Murray-Bedford)

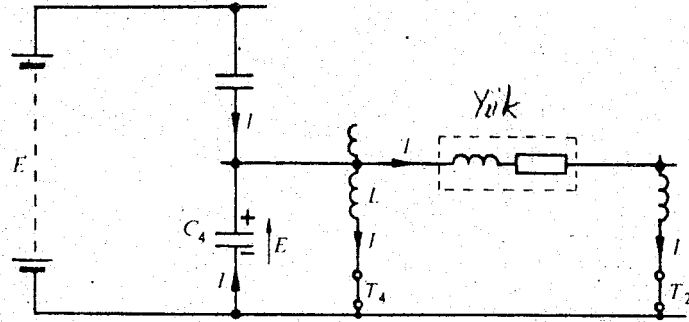




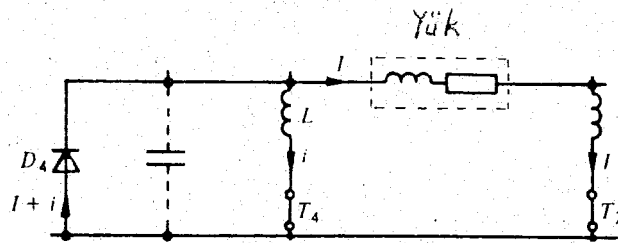
(c)

Şekil 3.20 Yalıtım sırasındaki durumlar. (a) T_4 ateşlendikten sonra. (b) D diyodu iletirken.

$(1/2)E$ 'ye düştüğünde, T_1 tristörü üzerindeki gerilim an not pozitif olacaktır, bu nedenle T_1 tristörünün yalıtımı için uygun zamanı verir. Eğer diyod yoksa, o zaman bu titreşin sonuç olarak, sonunda E 'ye dolacak olan C_1 kondansatörü üzerindeki $2E$ 'nin üzerindeki bir gerilim



(a)



(b)

Şekil 3.21 Yalıtım sırasındaki durumlar (Endüktif yük) (a) Tam T_4 ateşlendikten sonra (b) D' diyodu iletirken.

genliğini bulacaktır. Her nasılsa, D_4 diyodunun varlığı C_4 üzerindeki yön değiştiren gerilimi önleyecektir, diod şekil 3.20c'de görüldüğü gibi L_4 deki azalan akımı üzerine alacak, C_1 'in E'ye şarjını sağlayacaktır. T_4 tristöründeki akım şimdi, D_4 ve L_4 deki kayıplara göre sıfıra düşecektir.

Birçok durumda, (komutasyon devrelerinde) yük, L' den daha büyük bir endüktansa sahip olan endüktif bir yük olacaktır. Bu durumda, yük akımı şekil 3.21a'daki T_4 tristörünün ateşlenmesinden hemeh sonraki akım dağılımını vererek devam edecektir. Şimdi, T_4 ve yükteki her iki akımı geliştirmesi gerektiğinde, şekil 3.20b'de görülen C_4 kondansatöründeki deşarj akımı çifttir. yük akımının komutasyon periyodunda değişmediği varsayıldığında, o zaman D_4 diyodu ilettime başladığında, durum T_4 deki akımın azalması ile ve yük akımını sıfır gerilini ile T_2 ve D_4 üzerinden yük akımını dolaştırması ile, şekil 3.21'deki gibi olacaktır.

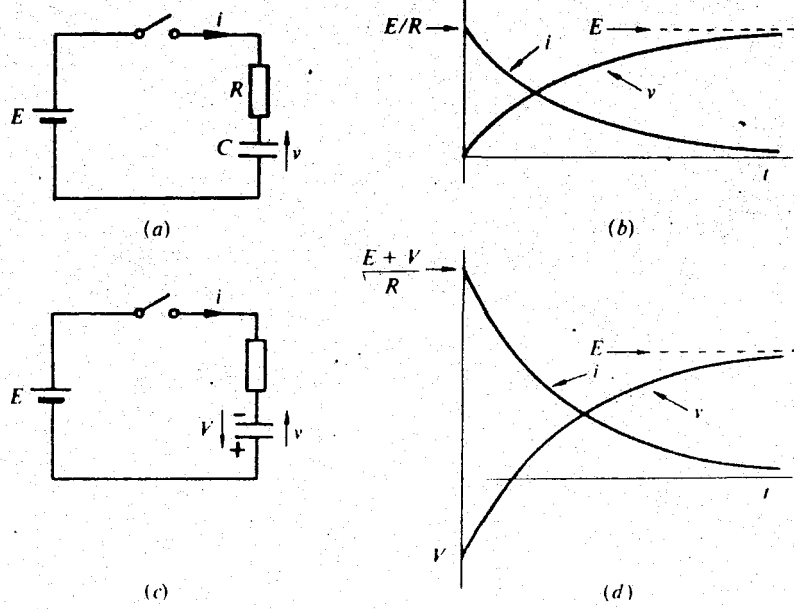
Şekil 3.19'daki devrenin bir çevirici olarak rolü bu bölümde, sadece besleme olarak bir DC kaynağın yalıtım metotlarına dikkat edilecektir.

3.5 FORMÜLLERLE ÖZET

Bu bölümde bahsedilen devrelerin, D.C, bir kaynağa bağlı tristörlerin yalıtıma geçme yetenekleri bakımından hemen hemen tümünden bahsedilmiştir. Kontrol ettikleri yükün türüne uygun olarak devre uygulamaları bölümün sonunda verilecektir.

Tüm devrelerin ya omik direnç kondansatör yada k kondansatör self bileşenini içerdiğinde, bu devrelere deki olaylara bağlı formüller aşağıda gösterilmiştir.

Gerilim ve akımın zaman değişim eşitlikleri, sabit durum değeri ($t = \infty$ iken) azalan eksponansiyel bileşene eklendiğinde şekil 3.22 için şöyle yazılabilir.



Şekil 3.22 RC devresinde şarj etme durumları
(a),(b) ani şarjsız C'li (c),(d)
V'ye şarjlı C ile.

$$i = B \cdot e^{-t/T}, \quad v = E + A e^{-t/T}$$

$$T = RC$$

Ave B'nin belli bir durum için değerleri $t=0$ zamanında i ve v 'ye değerler vererek bulunabilir. omik direnç self kondansatör seri devresi Şekil 3.23'de görülen üç durumdan birini verecektir. yalıtım devrelerine uygun olanların çözümleri sönümlüdür. Şekil 3.23'deki i akımı ve v kondansatör gerilimi için eşitlikler: $R^2 < 4L/C$

$$i = A \cdot e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \delta)$$

$$\frac{di}{dt} = A \left[e^{-\alpha t} \cdot \omega \cos(\omega t + \delta) - \alpha e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \delta) \right]$$

$$v = E + B \cdot e^{-\alpha t} \sin(\omega t + k)$$

$$\frac{dv}{dt} = B \left[e^{-\alpha t} \cdot \omega \cos(\omega t + k) - \alpha e^{-\alpha t} \sin(\omega t + k) \right]$$

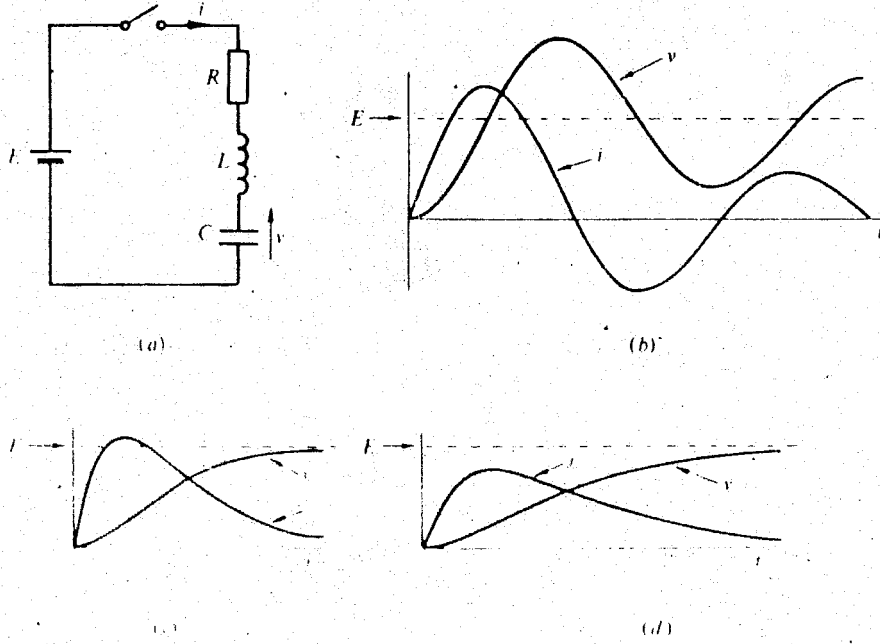
$$\alpha = \frac{R}{2L}, \quad \omega = \left[\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$t=0$ 'daki ani durumdan A, B, S ve K sabitleri tayin edilebilir. Sönümlü frekasta olduğu gibi bilinir.

Direnç örneğin $R=0$ gibi ihmal edilebilirse, ozaman eşitlik (4-4) (4-7) $R=0$ gibi alınan durumda sönümlü durum meydana gelir.

$$i^o = A \sin(\omega_n t + \delta), \quad v = E + B \sin(\omega_n t + k), \quad \omega_n = \left(\frac{1}{LC}\right)^{1/2}$$

ω_n sönümsüz doğal frekans olarak bilinir. $R^2 > 4L/C$ ise



Şekil 3.23 Sıfır ani durumları olan RLC devre
(a) Devre (b) sönümlü (c) kritik sönümlü (d) sönümsüz.

$$i^o = A \cdot e^{-at} + B \cdot e^{-bt}, \quad v = E + C \cdot e^{-at} + D \cdot e^{-bt}$$

$$a = \frac{R}{2L} - \left[\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC} \right]^{1/2}, \quad b = \frac{R}{2L} + \left[\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC} \right]^{1/2}$$

$$R^2 = 4L/C \text{ ise ;}$$

$$i^o = e^{-\alpha t} (At + B)$$

$$v = E + e^{-\alpha t} (Ct + D)$$

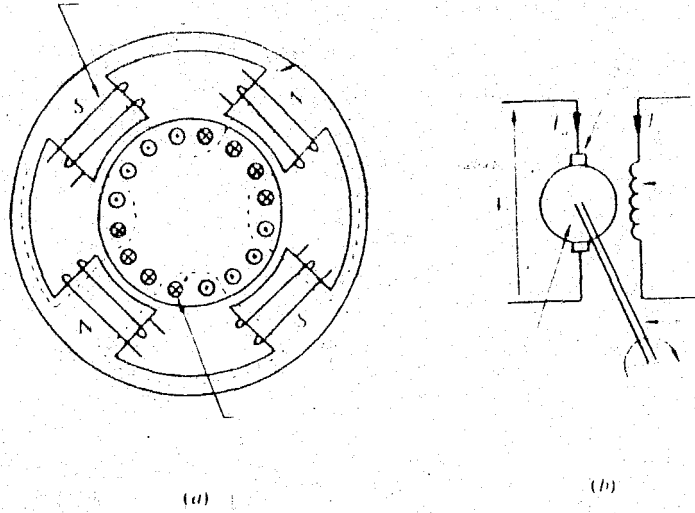
$$\alpha = \frac{R}{2L} \text{ dir.}$$

4. D.C. MAKİNALARIN KONTROLU

Elektrik makinalarının kontrolunda tristörler ve diğer yarı iletken elemanlar çoğu zaman kullanılmaktadır. D.C. motorların geniş sınırlar içinde devir ayarları yine tristörlerle yapılabilmektedir. ayrıca motorların frenlenmesi, yavaş durdurulması veya motorlara yol verme tristörlerle yapılabilmektedir.

4.1 Basit D.C. makinalar

D.C. makinalar endüvi ve endüktörden oluşur. endüktör sargıları D.C. bir gerilimle uyarıldığında makina içinde Şekil 4.1a'da görüldüğü gibi kutuplar oluşur. Fırça ve kollektörlerin görevi alan içinde dönmekte olan endüvi sargılarından akım geçmesini sağlayıp endüviyi döndürmeye yardımcı olmaktadır.



Şekil 4.1 D.C. makina. (a) konstrüksiyon
(b) sadeleştirilmiş devre

Bir D.C. makina devresinin diyagramı Şekil 4.16'da görülmektedir. Dönme sırasında manyetik alan içinde dönmekte olan endüvi sargılarında zıt EMK denilen bir \mathcal{E}

gerilim üretilir. Motora uygulanan V gerilimi ile endüvide üretilen E gerilimi birbirinden farklıdır. Yük- γ momenti arttığında endüvi akımı artar çünkü moment akımının ve manyetik akının fonksiyonudur.

Basit bir makinada eşitlikler:

$$\text{Uygulanan gerilim } V = E + I_a \cdot R_a \quad (4.1)$$

$$\text{Zıt E.M.K. } E = k_1 \cdot N / \phi \quad (4.2)$$

$$\text{Moment } T = k_2 \cdot I_a \cdot \phi \quad (4.3)$$

$$\text{Akı } \phi = k_3 \cdot I_f \quad (4.4)$$

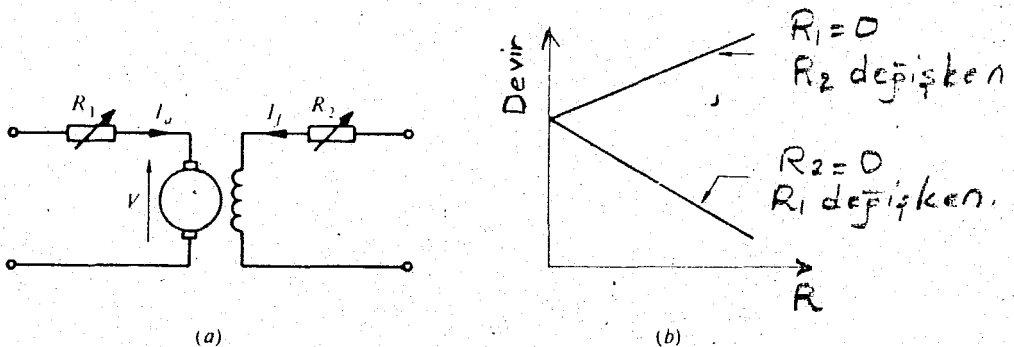
$$\text{mekanik güç } = T \cdot N = E \cdot I_a \quad (4.5)$$

burada I_a ve I_f sara ile endüvi ve endüktör akımları, R_a - endüvi direnci, N 'de devir sayısıdır. k_1 , k_2 , k_3 orantılı katsayılarıdır. (4.4) eşitliği manyetik alan doyuma gitmediği düşünülüğünde doğrudur.

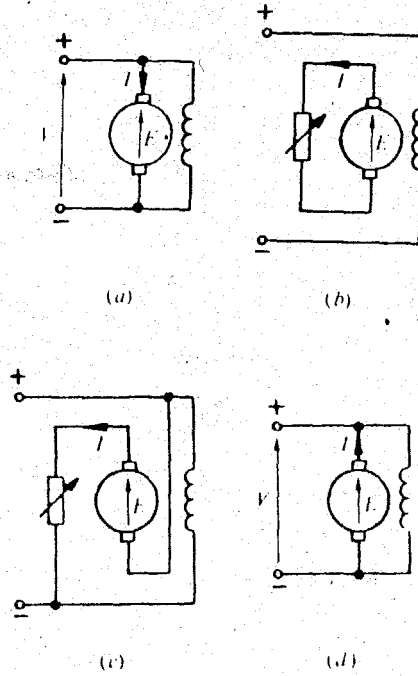
Akım değişikliği olduğu zaman endüvi ve endüktör endüktansları göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 4.1b motor durumu için doğru yönlerdir. Genaratör olarak moment ters olacaktır. Aynı zamanda - akım pozitif terminalden dışa doğru akacak ve $V = E - I_a \cdot R_a$ olacaktır.

Şekil 4.2 endüvi ve endüktör devrelerinin ayrı ayrı kaynaklardan beslendiği harici uyartımlı bir motor devresini göstermektedir. Moment, endüvi akımı ve manyetik akı ile orantılı olarak değişir. Endüvi akımı veya uyartım akımı değiştirilerek moment değiştirilebilir. Başlamada, R_2 sıfır olur ve R_1 yavaş yavaş azaltılarak motor devir sayısı arttırılabilir. Devir sayısının orantılı olarak artması sonucu zıt E.M.K.'te sıfırdan başlayarak artar.



Şekil 4.2 Dirençli devir ayarı (a) Devre (b) Tam momentte değişim eğrileri.

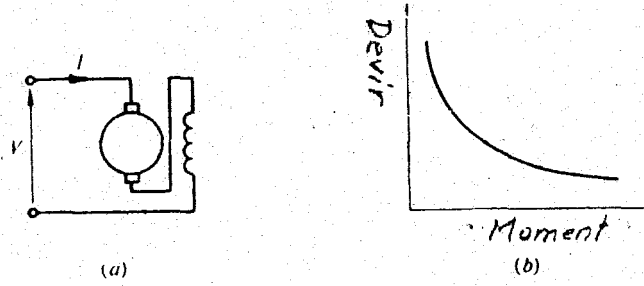


Şekil 4.3 D.C. Makinaların frenlenmesi (a) Motor $V > E$. (b) Dirençli veya dinamik. (c) Yavaş frenleme. (d) Ani frenleme.

R_1 direnci endüvi geriliminde bir azaltmaya sebep olacağından motor devir sayısında azalacaktır. Tam uyartın akımında endüvi gerilimi yaklaşık olarak devir sayısı ile orantılıdır. R_2 direncinin arttırılması sargı akımında zayıflama yapacağından, manyetik akıda zayıflar ve böylece motor devir sayısı artar.

Elektriksel frenleme şekil 4.3'de görüldüğü gibi üç şekilde uygulanabilir. Şekil 4.3a'daki durum normal motor durumuna referans olarak alınmıştır. Endüvi besleme gerilimi kesilerek, endüvi uçlarına bir direnç bağlanır, böylece makina şekil 4.3b'de görüldüğü gibi generatör durumuna dönüşür. Şekil 4.3c'de görüldüğü gibi motor uçları ters çevrildiğinde dönüş yönü değişmek isteyecek ve motor devir sayısı hızla düşecektir. Bu durumda, motorun aşırı akım çekmesini önlemek için endüvi devresine bir direnç ilave etmek

gerekir. Eğer motor çalışırken besleme gerilimi azaltılırsa zıt E.M.K. gerilimi besleme geriliminden büyük olacağı için makina genaratör olarak çalışır ve endüvi akımı ters döner. Bu durum şekil 4.3d'de görülmektedir. Motorlarda uyartım sargısı ile endüvi seri bağlanarak seri motor elde edilir. Seri motorların karakteristiklerinden dolayı trenlerde ve yüksek devir sayısı istenen yerlerde kullanıma uygundur. Şekil 4.4'de seri motor ve karakteristiği görülmektedir.



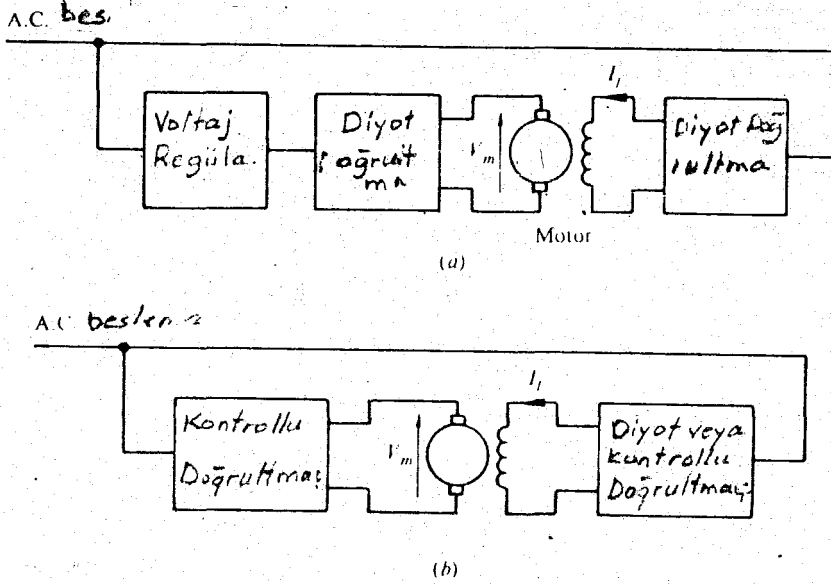
Şekil 4.4 Seri motor (a) Bağlantı (b) Karakteristik.

4.2 Devir sayısının değişimi

Bu bölümün başında D.C. motorların devir sayılarının endüvi gerilimi değiştirilerek ayarlanabileceğinden söz edilmişti. Şekil 4.5a'da bir plana göre hazırlanmış, voltaj regülatörü ile bir arada kullanılmış didot doğrultmaçtır. Burada kullanılan voltaj regülatörü değeri değiştirilebilen bir transformator veya bir indüksiyon regülatörü olabilir. voltaj regülatörünün çıkış voltajı kontrol edilerek endüvi gerilimi ve devir sayısı kontrol edilebilir. Genellikle uyartım sargılarının diyod doğrultmaçtan elde edilen sabit D.C. gerilimle beslenir.

Şekil 4.5b'de görülen tasarım, çok genel bir tasarımdır. Burada motorun endüvisini beslemek için kontrollü doğrultmaç kullanılmıştır. Bu metotlar, A.C. beslemeden motorun devir sayısının ayarlanması için ge-

çerlidir. Fakat bazı uygulamalarda, motorun bulunduğu yere kadar gelen gerilim D.C. gerilimdir. Bu durumda devir sayısının ayarlanabilmesi için harici komutasyon devreleri gereklidir.

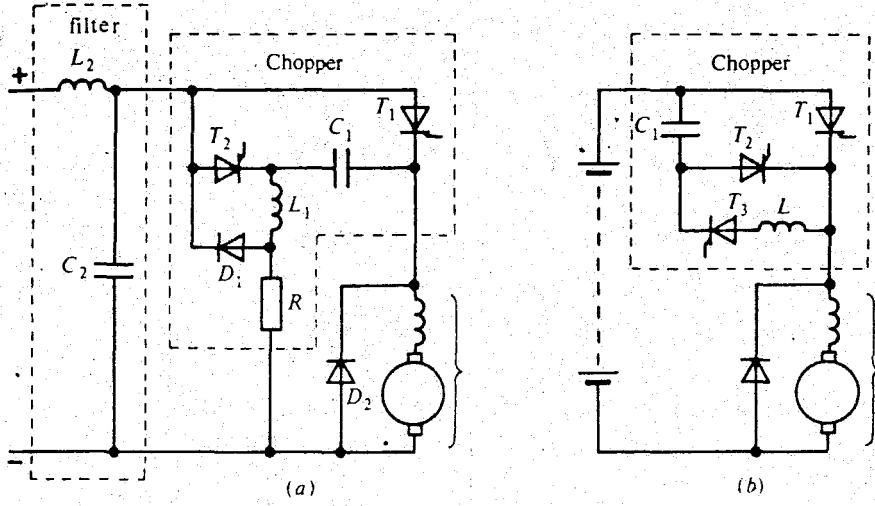


Şekil 4.5 Basit devir değiştirici (a) Regülatör ile voltaj ayarı (b) Kontrollü doğrultmaç ile voltaj ayarı.

4.3 Yük çekici motorların devir ayarları.

Genel olarak, yük çekiciler için, D.C. seri motor kullanılmaktadır. Seri motorların karakteristikleri yük çekme işlemi için idealdir, çünkü, alçak devir sayılarında yüksek moment, yüksak devir sayılarında alçak moment elde edilir. Elektrikli trenler ve elektrikli taşıt araçlarında kullanıma uygundur. Elektrikli trenlerde hatlardan alınan A.C. gerilim önce, doğrultmaç ve filtreden geçirildikten sonra chopper'lara uygulanır. Fakat, akü ile beslenen araçlarda gerilim doğrudan chopperlara uygulanarak motor, endüvi gerilimi ve devir sayısı kontrol edilir. Bu kontrol sistemleri şekil 4.6'da görülmektedir.

Şekil 4.6'daki devrede, üçüncü bölümde açıklandı-



Şekil 4.6 Chopper sistemleri. (a) Elektrikli trenler (b) Taşıt araçları için.

ğı için burada tekrar açıklanmayacaktır.

Chopper'ların çalışma frekansı, chopper'ın kayıpları ve elemanların özellikleri ile sınırlandırılır. Ayrıca, frekans motor momentinde pils oluşturmamalı ve kullanılan frekans haberleşme ve sinyal kaynaklarının çalışmalarına karışmamalıdır. Tipik olarak, chopper'lar da frekans 1 KHz. olabilir.

Şekil 4.7'de ideal bir chopper verilmektedir. Motora uygulanan gerilim bir seri on, off periyodundan oluşmaktadır. Burada, on periyodu t_1 , off periyodu t_2 olarak gösterilmektedir. Yük uçlarındaki gerilimin ortalama değeri:

$$V_{ort} = V_s \cdot \frac{t_1}{t_1 + t_2} \quad \text{dir.} \quad (4.6)$$

Besleme kaynağından gelen akım pilsleri motor akımını eksponansiyel bir biçimde arttırır.ve azaltır. Chopper off periyodu esnasında, indüktif motor akımı komutasyon diyoduna yönelecektir. Motorun eşdeğer devresi şekil 4.7.ç 'deki gibi gösterilebilir. Motor, bir L-indüktansı, R direnci bir de zıt E.M.K, E gerilimine sa-

hiptir. Seri motorda E motor akımına bağlıdır. Fakat - motor akımındaki küçük değişmeler için yaklaşık olarak sabit kabul edeceğiz.

On periyodu esnasında akım için geçici rejim cevabı yazılabilir. $t = 0$ 'da akım I 'min değerinden başlar ve devam ederek $(V_s - E) / R$ değeri ine doğru artar. Exponansiyel olarak değişimin başlangıcı $\left[\frac{(V_s - E)}{R} - I_{min} \right]$ dir. Chopper'in bütün kayıpları ihmal edildiğinde im motor akımının on periyodu esnasındaki eşitliği

$$i_m = \frac{V_s - E}{R} - \left(\frac{V_s - E}{R} - I_{min} \right) e^{-\frac{R}{L}t} \quad (4.7)$$

buradan $t=t_1$ de $i_m = I_m$ olacaktır.

off-periyodu esnasında da o n-periyoduna benzer olarak diyot kayıpları ihmal edildiğinde motor akımı

$$i_m = -\frac{E}{R} + \left(\frac{E}{R} + I_m \right) e^{-\frac{R}{L}t} \quad (4.8)$$

$t=t_2$ de, $i_m = I_{min}$ dir.

ortalama motor akımı aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$I_{ort} = \frac{V_{ort} - E}{R}$$

Ayırı yük sonucunda chopper'in kesime gitmesi için chopper kontrolü geri beslemeli olarak yapılmalıdır. Normal sabit çalışma durumunda istenilen devir sayısı? Sını sabit tutabilmek için geri besleme tarafından on periyodu değiştirilebilmelidir.

4.3 Chopperların kumanda metotları :

Chopperlara muhtelif şekillerde kumanda edilerek akım ayarlanabilir. Bunlardan en önemlileri Darbe genişliği kumandası, Darbe periyodu kumandasıdır.

Şekil 4. a da darbe genişliği kumandasında V_2 ve i_1 akımının değişimi görülmektedir. Darbe frekansı ve dolayısı ile darbe periyodu sabittir. Ana tristör ile yardımcı tristörün tetiklenmeleri arasındaki akımın geçme süresi T_1 değiştirilmek suretiyle akımın ortalama

değeri ayarlanır.

Darbe peryodu kumandasında ise ana tristör ile yardımcı tristörün tetiklenmesi arasında geçen T_1 süresi sabit tutulur. Buna karşılık darbe peryodu değiştirilir.

Açık-kapalı kumandada ise ana tristörün tetiklene ve söndürülme anları, yükteki akım veya gerilimin ani değerine bağlanmıştır. Yükteki akım veya gerilim belirli bir referans değerine ulaştığında yardımcı tristör ateşlenir. Ana tristör ise akım vye gerilim önceden belirlenmiş bir başka referans değerine düştüğünde tetiklenir. Yük akımı veya gerilimi kontrol sistemi tarafından sürekli olarak ölçülerek referans değeri ile karşılaştırılır. Bu tü kumanda sadece, yük devresinde enerji depo etme özelliği bulunması halinde kullanılabilir.

5. CHOPPER' LARIN HESAPLANMASI

5.1 Söndürme Kondansatörünün Hesabı:

Şekil 5.1'de t_2 anında anot akımı sıfır olduktan sonra tristör, Δt süresine daha negatif kapama durumunda kalır. Koruma zamanı adı verilen bu süre,

$$\frac{dU_c}{dt} = \frac{i_c}{C}$$

bağıntısından bulunabilir.

Kondansatör akımının I yük akımına eşit ve sabit olduğunu kabul edersek,

$$\Delta t = \frac{C U_c}{I}$$

bulunur.

Korunma süresi mutlaka t_q tristör serbest kalma zamanından büyük olmalıdır. Emniyet yönünden t , en az t_q 'nin 1,3 ilâ 1,5 katı olmalıdır. Tristörün serbest kalma zamanı bilindiğine göre, $t =$ yazılarak söndürme kondansatörünün kapasitesi,

$$C = \frac{I \cdot t_q}{U_c}$$

den bulunabilir. Bağıntıdan görüldüğü gibi gerekli kondansatör kapasitesi, yük akımına I ve tristörün serbest kalma zamanı t_q ile orantılıdır. Bu sebepten kendinden denetimli dönüştürücülerde tercihen serbest kalma zamanları çok düşük olan ($t_q \ll 60 \mu s$) hızlı tristörler kullanılır.

Kendinden denetimli dönüştürücülerin tyatron ve cıva buharlı tüplerden yararlanarak da gerçekleştirilmesi teorik olarak mümkündür. Fakat bu elemanların serbest kalma zamanları tristörlere göre çok yüksek olduğundan pratikte büyük kayıplara ve masraflara yol açarlar.

Örnek 5.1:

Şekil 5.2'deki yarı iletken şalterin kullanıldığı doğru akım şebekesinin gerilimi 440 V , yük direnci $8\ \Omega$, endüktansı $2\ \mu\text{H}$ ve ana tristörün serbest kalma zamanı $120\ \mu\text{s}$ 'dir Besleme hattının direnci ve endüktansı ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

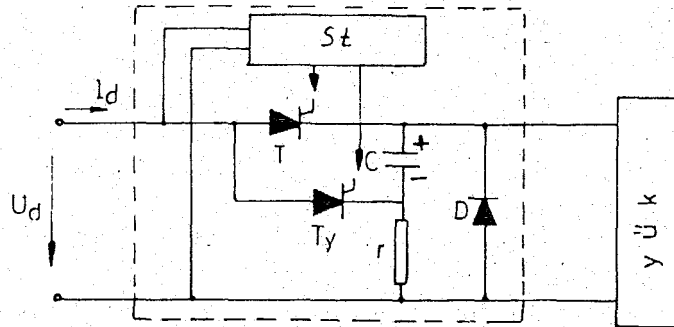
a) Emniyet katsayısını 1,4 olarak söndürme kondansatörünün kapasitesini hesaplayınız.

b) Ana tristörün kritik akım yükselme hızı en az hangi değerde olmalıdır?

c) Yardımcı tristörün kritik akım yükselme hızı $250\ \text{A}/\mu\text{s}$ olduğuna göre söndürme devresinin self endüksiyon katsayısı hangi değerde olmalıdır?

d) Şalter kapatılıp yük devreye alındıktan $0,5\ \mu\text{s}$ sonra şalter açılarak devrenin kesilebilmesi için r direnci hangi değerde seçilmelidir? (Not: Söndürme için $U_c = 0,9\ U_d$ 'nin yeterli olacağı kabul edilecektir.)

e) Yardımcı tristör tutma akımı $200\ \text{mA}$ olduğuna göre r direnci en küçük hangi değerde seçilebilir.



Şekil 5.2 Tristörlü bir doğru akım şalterinin prensip bağlantı,

Çözüm:

a) Yük akımı,

$$I = \frac{440V}{8\Omega} = 55A,$$

dir.

Formül 5.3'de yerine konursa,

$$C = \frac{55A \cdot 1,4 \cdot 120\mu s}{440V} = 22\mu F.$$

bulunur.

$C=22\mu F$ 'lik bir kondansatör seçilebilir.

b)

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{krit} \geq \frac{440V}{2,45}$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{krit} \geq 250 A/\mu s.$$

olmalıdır.

c)

$$L_k \geq \frac{440V}{250A/\mu s.}$$

$$L_k \geq 1,76\mu H$$

olmalıdır.

d) Walter kapandıktan sonra, kondansatör r direnci üzerinden dolmağa başlar.

$$u_c = U_d (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$0,9 U_d = U_d (1 - e^{-t/T})$$

$$e^{-t/T} = 0,1, \quad \frac{t}{T} = \ln 10$$

$$T = \frac{0,5}{2,3}, \quad T = 0,22s$$

$$r = \frac{0,22s}{22\mu F} = 10K\Omega.$$

e) Yardımcı tristör iletimde iken bir miktar akım, devresini r direnci üzerinden tamamlar. Yardımcı tristörün sönebilmesi için bu kaçak akım, tristör tutma akımının altında kalmalıdır.

$$I_H > \frac{U_d}{r}$$

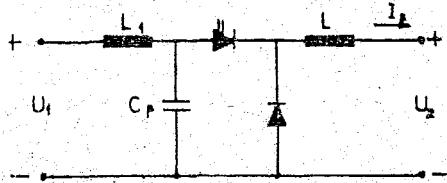
$$r > \frac{U_d}{I_H}, \quad r > \frac{440V}{200mA}, \quad r > 2,2k\Omega$$

5.2 Şok Bobininin Hesabı:

Doğru akım ayarlayıcısında, gerilim veya akımın ortalama değerlerinin değiştirilmesi için en az bir enerji deposuna ihtiyaç vardır. Bu maksatla gerilim ortalama değerinin küçük olduğu tarafta bir şok bobini kullanılır. buraya kadar olan etütlerimizde I_2 yük akımını sabit kabul etmek için, bu bobinin yeteri kadar büyük olduğunu farketmiştik.

Şekil 5.3'den yararlanmak suretiyle şok bobininin şimdi de büyüklüğünü hesaplayalım. Ana transistör iletimde iken,

$$L \frac{di_2}{dt} = U_1 - U_2$$



Şekil 5.3 Şok bobinli D.C. ayarlayıcı.

Yarı iletken şalter kapatılıp akım yüke paralel diyottan geçmeye başlayınca,

$$L \frac{di_2}{dt} = -U_2$$

yazabiliriz.

Darbe frekansı f_p ve yük akımında müsaade edilen dalgalanma bilindiği taktirde (5.4) ve (5.5) bağıntılarından faydalanarak gerekli şok bobininin L self endüksiyon katsayısı bulunabilir.

(5.4)bağıntısında,

$$\frac{di_2^0}{dt} = \frac{\Delta i_2^0}{\Delta t}$$

kabul eder ve $\Delta t = T_1$ koyarsak

$$L = \frac{(U_1 - U_2) T_1}{\Delta i_2^0} \quad (5.6)$$

bulunur.

(5.5)bağıntısında ise,

$$L = \frac{U_2 T_2}{\Delta i_2^0} \quad (5.7)$$

yazılabilir.

Enbüyük akım dalgalanması,

$$T_1 = T_2 = T = \frac{1}{2f_p}$$

halinde meydana gelir. Bu durumda

$$U_2 = \frac{U_1}{2}$$

dir.

(5.6) dan

$$L = \frac{U_1 T_1}{2 \Delta i_2^0}$$

(5.7)den ise

$$L = \frac{U_1 T_2}{2 \Delta i_2^0}$$

elde edilir.

Taraf tarafa toplar ve $T_1 + T_2 = T$ olduğunu dikkate alırsak,

$$2L = \frac{U_1}{2 \Delta i_2^0} (T_1 + T_2)$$

bulunur.

$$L = \frac{U_1}{4 f_p \Delta i_2^0} \quad (5.8)$$

Örnek 5.2:

Bir doğru akım ayarlıyıcısının giriş gerilimi $U_1 = 400 \text{ V}$, darbe frekansı $f_p = 1000 \text{ Hz}$ ve yük akımının nominal değeri $I_{2N} = 200 \text{ A}$ dir. Yük akımında müsaade edilen en büyük dalgalanma nominal akımın % 20'si olduğuna göre, gerekli şok bobininin self endüksiyon katsayısını hesaplayınız.

(5.8)'den

$$L = \frac{400 \text{ V}}{4 \cdot 1000 \cdot \frac{1}{5} \cdot 0,2 \cdot 200 \text{ A}}$$

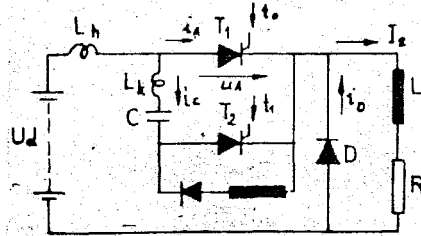
$$L = 2,5 \text{ mH.}$$

bulunur.

Yük devresinin mevcut endüktansı bu d egeri karşılıyorsa ek bir bobin koymak gerekli değildir. Aksi halde yük devresinin toplam endüktansı $L = 2,5 \text{ mH}$ olacak şekilde devreye seri olarak bobin eklemek gerekir.

5.3 Kondansatörlü Bir Söndürme Olayının Hesabı:

Şekil 5.4 'de çok kullanılan bir söndürme devresi ile bu devredeki akımların ve anot geriliminin değişimi görülmektedir. Yük omik endüktif olup R ve L 'nin seri bağlanmasından oluşmuştur. U_d gerilimli doğru akım kaynağının self endüksiyon katsayısı L_h , söndürme devresininki ise L_k 'dir. Bir örnek üzerinde söndürme olayını hesaplayalım. Gerilim ve akımların değişimini sonuçların hassasiyetini etkilemeyecek ve çözümü kolaylaştıracak bazı kabuller yaparak bulalım.



Şekil 5.4 Kondansatörle söndürme.

Örnek 5.3

Kaynak gerilimi $V=500$ V, yükün direnci $R=5\ \Omega$, self endüksiyon katsayısı $L=1$ mH, kaynak self endüksiyon katsayısı $L_K=5\ \mu$ H, olarak verilmiştir.

a) Kullanılan ana tristör T_1 'in serbest kalma zamanı $30\ \mu$ s. arzulanan emniyet katsayısı 1,5 olduğuna göre gerekli söndürme kondansatörün kapasitesini,

b) Akımın ana tristörden yardımcı tristöre komutasyon süresi (t_2-t_1) 'i ve bu süre içinde kondansatör gerilimindeki düşmeyi,

c) Elde edilen gerçek emniyet katsayısını,

d) I_2 akımının T_2 tristöründen akma süresi (t_3-t_2) yi,

e) Akımın T_2 yardımcı tristöründen D diyoduna komutasyon süresi (t_4-t_3) değerini,

f) Kondansatörün uçlarında oluşan maksimum gerilimi hesaplayınız.

Çözüm:

a) Yük akımı,

$$I_2 = \frac{500\text{V}}{5\ \Omega} = 100\text{A.}$$

Formül 5.3'den yararlanarak söndürme kondansatörünün kapasitesini bulabiliriz.

$$C = \frac{100\text{A} \cdot 1,5 \cdot 30\ \mu\text{s.}}{500\text{V}} = 9\ \mu\text{f.}$$

seçilebilir.

$$C = 10\ \mu\text{f.}$$

b) t_1 anında kondansatör gerilimi $U_{c1} = -U_d$ 'dir. T_2 tristörü tetiklenince T_1 ana tristöründeki I_2 yük akımını kendi üzerine alır. Bu komutasyon sırasında akımın değişme hızı,

$$\frac{di_c}{dt} = \frac{500}{5\ \mu\text{H}} = 100\text{A}/\mu\text{s.}$$

t_2 anında bu komutasyon olayı sona erer ve I_2 akımı, T_2 tristörü ve söndürme kondansatörü üzerinden geçmeğe başlar. Komutasyon sırasında i_c artarken i_A aynı hızla aza-

lır. Buna göre,

$$(t_2 - t_1) = \frac{I_2}{\left(\frac{dI}{dt}\right)}, \quad (t_2 - t_1) = \frac{100 \text{ A}}{100 \text{ A}/\mu\text{s}} = 1 \mu\text{s}.$$

bulunur. Bu süre içinde C kondansatörünün gerilimi ΔU_C kadar düşer. kondansatör yükündeki azalmaya ΔQ dersek,

$$\Delta U_C = \frac{\Delta Q}{C}, \quad \Delta U_C = \frac{\frac{1}{2} I_2 (t_2 - t_1)}{C} = \frac{\frac{1}{2} 100 \cdot 1}{10}$$

$$\Delta U_C = 5 \text{ V.}$$

olur. t_2 anında kondansatörün uçlarındaki gerilim,

$$U_{C2} = U_{C1} - \Delta U_C = 500 - 5 = 495 \text{ V.}$$

dur.

c) t_2 den t_3 'e kadar kondansatör takriben lineer olarak boşalır ve ters yönde şarj olur. Bu zaman aralığındaki kondansatör gerilimi,

$$U_C = -U_{C2} + \frac{I_2 (t - t_2)}{C}$$

dir.

u_C ifadesini sıfıra eşitlemek suretiyle u_C eğrisinin zaman eksenini kestiği noktayı ve dolayısıyla gerçekte elde edilen Δt korunma süresini bulabiliriz.

$$-U_{C2} + \frac{I_2 \Delta t}{C} = 0$$

$$\Delta t = \frac{U_{C2} \cdot C}{I_2} = \frac{495 \cdot 10}{100} \quad \Delta t = 49,5 \mu\text{s}.$$

Elde edilen emniyet katsayısı ise,

$$\sigma_s = \frac{49,5}{30} = 1,65$$

bulunur.

d) t_3 anından sonra kondansatör gerilimi kaynak gerilimini aştığı için, yükün uçlarına paralel bağlı olan D diyodundan i_D akımı geçmeye başlar. t_2 anından,

$$(t_3 - t_2) = \frac{C (U_{C2} + U_d)}{I_2} = \frac{10 (495 + 500)}{100}$$

$$(t_3 - t_2) = 99,5 \mu\text{s}.$$

sonra i_D akmaya başlar.

e) t_3 anından sonra i_C akını $1/4$ sinüs dalgası şeklinde azalır ve akımı D diyodu üzerine alır.

$$(t_4 - t_3) = \frac{T_2}{4} = \frac{1}{4 f_0}$$

Burada f_0 ; Endüktansı $(L_h + L_k)$, kapasitesi C olan rezonans devresinin doğal frekansıdır.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_h + L_k)C}}, \quad (t_4 - t_3) = \frac{\pi\sqrt{(L_h + L_k)C}}{2}$$

$$(t_4 - t_3) = \frac{\pi\sqrt{15 \cdot 10}}{2} = 19,3 \mu s.$$

bulunur.

f) Kondansatör gerilimi ve akımı t_3 ve t_4 anları arasında $1/4$ sinüs dalgası şeklinde değiştiğine göre,

$$u_C = U_d + \sqrt{\frac{(L_h + L_k)}{C}} I_2 \sin \omega_0 (t - t_3)$$

bağıntıları ile ifade edilebilir.

Kondansatörün uçlarında maximum gerilim, t_4 anında oluşmaktadır,

$$U_{cm} = U_d + \sqrt{\frac{L_h + L_k}{C}} I_2$$

$$U_{cm} = 500 + \sqrt{\frac{15}{10}} \cdot 100$$

$$U_{cm} = 622,5 V.$$

Görüldüğü gibi $(L_h + L_k)$ kaçak endüktansı nedeni ile söndürme işleminin sonunda kondansatörün uçlarında U_d kaynak geriliminden takriben %25 fazla bir aşırı gerilim oluşmaktadır. Tristörler bu kapama gerilimine kadar dayanabilmelidir. O halde $(L_h + L_k)$ değeri mümkün olduğu kadar küçük tutulmalıdır. Bu amaçla uçlarına paralel olarak C_p kondansatörü bağlanarak kaynağın iç endüktansı azaltılabilir.

KULLANILAN KAYNAKLAR

1. Güç elektronığıne giriş
Prof. Yük. Müh. Remzi GÜLGÜN 1980
2. An Introduction to Thyristors and Their Applications
M. Ramamoorty
Professor of Electrical Engineering
Indian Institute of Technology
Kanpur 1977
3. Power Electronics
Cyril W.Lander
McGRAW-HILL Book Company (UK) Limited 1981