

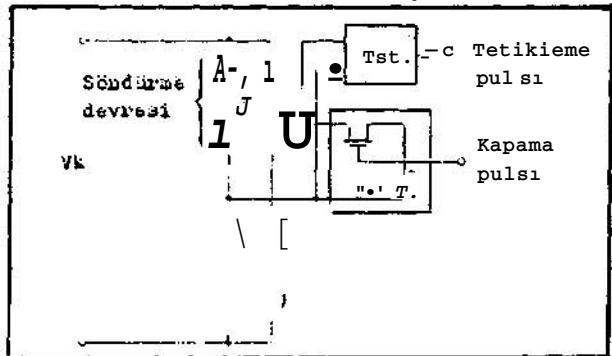
GTO (GATE TURN-OFF: KAPIDAN SÖNDÜRMELİ) TRİSTÖRLERİN KULLANILDIĞI GÜÇ ANAHTARLARININ BUGÜNÜ VE GELECEĞİ

Elek. Yük. Müh. Nurettin ABUT
Elek. Müh. Üzeyir AKÇA

Kapıdan söndürülen GTO tristörler, normal tristörler gibi kapı devrelerinden verilen bir keskin vuruş (impuls) akımıyla tetiklenirler. Fakat kapıya, ters yönde bir akım uygulandığından bu keskin vuruş (impuls) akımının etkisiyle kesime giderler. Normalde tristörler, komutasyon gerilimiyle Anot-Katod arasına etki ettirilerek kesime sokulurlar. Yani tristör iletimde iken, iletim gerilimine eşit veya bu gerilimden biraz büyük bir gerilim ters yönde anot katod arasına uygulandığında tristör kesime gider. Buna zorlamalı komutasyon da denir. GTO tristörlerde bu komutasyon yerine, Gate-Anot arasına negatif bir gerilim uygulanarak kesime sokulur.

Günümüzde kullanılan normal tristörlerin yerini, artık her alanda GTO tristörleri almaya başlıyor. Birkaç 100 KW güce kadar olan devrelerde güç şalteri olarak kullanılabilirler, örneğin 2500 V ve 600 A'de çalışan bir GTO tristörünün kapı devresine 150 A'lık bir negatif akım keskin vuruşu (impulsu) uygulandığında tristörü kesime sokmaktadır. Bu tristörler de aslında, normal tristörlerin geliştirilmesinden bu yana vardır. Fakat son zamanlarda GTO tristörlerinin kullanım kapasiteleri ve işlevleri geliştirilerek, dönüştürücüler ve anahtarlama devrelerinde yaygın olarak kullanılmaya başlandı. GTO tristörlerinin çalışma frekansı şimdilik, 2 Kv gerilimin üzerinde anahtarlama devreleri için 1 kHz dolayında sınırlandırılmıştır. GTO tristörlerinin akım yoğunluğu ve kapama geriliminin, belli bir sınırı aşmayacak şekilde korunması gereklidir. Bu değerler aşıldıkça ısı etkileri de artar. Kapama gerilimi yükselince, yarıiletken içindeki akım yoğunluğu artar. Bu artış, ısı şeklinde olumsuz etkiler gösterir. GTO tristörlerinin anahtarlama karakteristikleri, normal tristörlerden bazı farklılıklar gösterir. Şekil-1'deki devreye GTO tristör

rü kesimde iken C sığacı (kondansatörü) V_k kaynak gerilimiyle şarj olur. Gate'e bir pozitif puls geldiğinde GTO tristörü iletime geçer. C sığacını (kondansatörünü) Şekil 1'de gösterilen bir DC kıyıcı devresinde GTO tristörü anahtar devresi olarak kullanılmıştır. Tristör uygulamalarında en kritik durum göz önüne alınır. Örneğin Şekil 1'deki kıyıcı devresindeki GTO.2000 A'lık bir akım için kapama yapabilir.



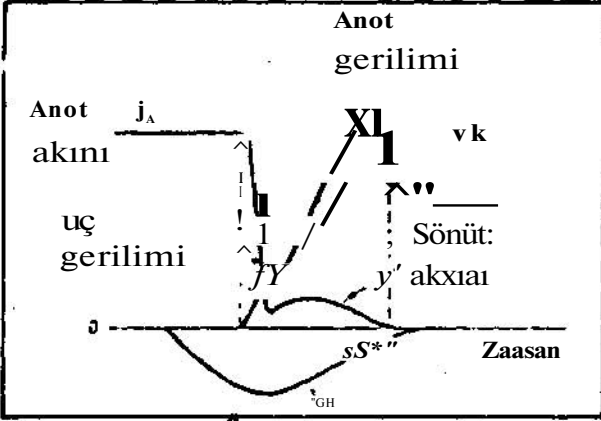
Şekil 1 GTO tristörünün kullanıldığı bir DC kıyıcı devresi

R seri direnci üzerinden boşalır. Bu enerji R üzerinde ısıya dönüşür. MOS GATE'den gelen negatif bir darbe ile GTO kesime girer. C sığacı da seri diyot üzerinden dolar. Bu devreye dv/dt oranını sınırlamak için, yüke ve gerekiyorsa söndürme devresine seri olarak bağlanır. Söndürme devresinde harcanan güç

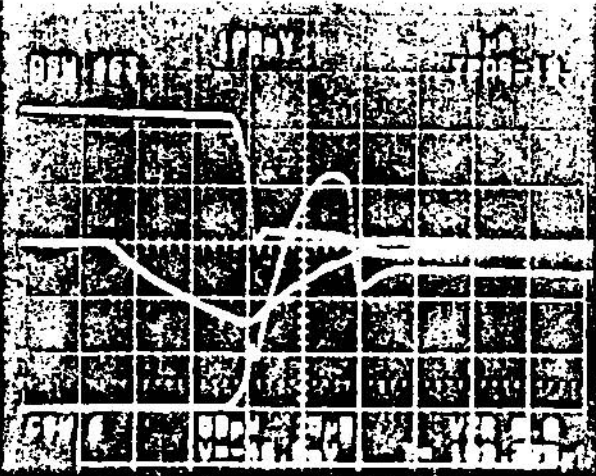
$$P_s = \frac{1}{2} C.V.k.f \quad (1)$$

denklemleriyle hesaplanabilir. Burada f, kıyıcı işletme frekansdır.

GTO tristörlerinin iletimdeki davranışları normal tristörlerdeki gibidir. Gecikme süresi ve iletime geçme zamanı, kapı akımının artırılmasıyla yükseltilebilir. Fakat GTO'nun kapama karakteristiklerinde Şekil-2'den de görüldüğü gibi bazı farklılıklar vardır. Negatif kapı akımı olan IGR'ye bağlı olarak kontrol edilen anot akımı, bir gecikme süresi sonunda düşmeye başlar. U'nun düşme süresi anidir. Genelde 1 μ s kadardır. Anot gerilimi, GTO kesimi sırasında, yükselmeye başlar. Anot akımı, söndürme devresi üzerinden dolaşmak isteyeceğinden, eğer söndürme devresinde bir sınırlama şelfi varsa, Şekil-2'den görülmekte olan bir uç gerilimi üretecektir. Akım yoğunluğu artırıp yerel ısınma oluşturacağından, bu uç geriliminin büyük olması son derece zararlıdır. Bu nedenle söndürme devresindeki sınırlama bobininin minimum olarak seçilmesi önemlidir. Anot gerilimindeki yükselme, V



Şekil 2. GTO kapama karakteristikleri



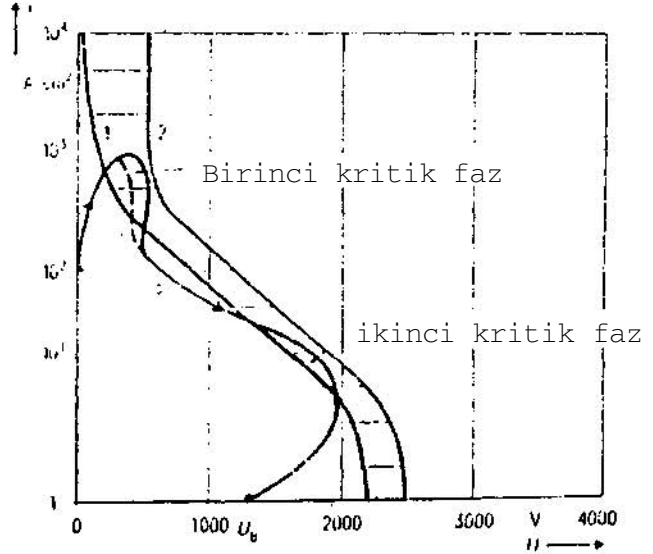
Şekil 3 125''de BGT S 2000 A 25 GTO'nun kapama karakteristikleri

Üst anot akımı 1000 A/Div
Orta kapı akımı 250 A/Div
Alt anot gerilimi 500 V/Div

kaynak değerine inmeden önce, söndürme devresinin rezonansına bağlı olarak biraz artar. Yani bir uç gerilimi oluşturur. Bu yükselme süresince, anot devresi; sönm akımı gibi bir değişken akım akıtır. Bu gerilim ve sönm akımının yükselmeleri, söndürme sığacının hacminin küçültülmesiyle azaltılabilir. Dolayısıyla (1) denklemini verilen P_s gücü de azalır. Bu kuramsal karakteristik değerler, Şekil-3'de, Siemens'in ürettiği BGT S2000 A25 tipi bir GTO tristörünün üzerinde yapılan deney sırasında osiloskoptan alınan deneysel değerlerden açıkça görülmektedir. GTO tristörünün söndürme sığacının hacmi, tristörün kendisinden birkaç kat daha büyüktür. IGR negatif kapı akımının yükselmesi azaltılırsa, kontrol edilen IA akımı azalır kapama süresi de azaltılmış olur.

Sonuç olarak pratikte kullanılan GTO tristörleri için, işletmede kolaylıklar sağlayacak özellikler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Şekil-1'deki söndürme kapasitörü, gerilim yükselme hızını 100 V/ μ s'lik kritik gerilim yükselme hızının altında tutmalıdır. Bu işlem yani yavaşlatma, söndürme kapasitörünün iletim endüktansıyla yapılmış olur. Şekil-2 veya Şekil-3'de görülen hızlı akım artışı sonunda endüklenecek gerilim görülmektedir. Şekil-4'de de akım yoğunluğu/gerilim'deki kapama faz çizimi ve güvenli işletme alanı (SOA: Safe Operation Area) gösterilmiştir. 2 rakamıyla gösterilen bölgede sığaç iletim endüktansı büyük değerdedir.



Şekil 4. GTO tristörünün kapama fazında akım yoğunluğu/gerilim diyagramı.

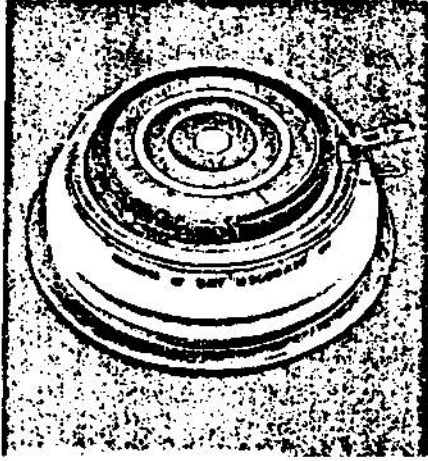
- 1 Akın düzenlemesi için SOA eğrisi
- 2 Düzeltilmiş SOA eğri düzlemi
- 3 GTO tristör akımında yaklaşık j-U eğrisi

Hızlı kapama yapılarak akım yoğunluğunun yükselmesi sınırlandırılabilir. Dolayısıyla etkisi azaltılır. Şekil-1'deki devrede kapıyı kapama gerilimi olan batarya gerilimi U_0 'u uygun seçmek çok önemlidir. Batarya gerilimi, kapı kapama gerilimi olan UGRM'B yaklaştığında, boşa kalma sü-

resi kısaldır. Fakat çığ süresi uzar. En kısa anahtarlama süresi, 12-15 V batarya gerilimi ve 20 V'a kadar olan bir UGRM değerinde elde edilir.

Bugünkü teknolojik imkanlarla üretilmiş bir GTO tristörü Şekil-5 de görülmektedir. Anahtarlama hızı ve güç kaybı göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Böyle bir GTO tristörüne ait karakteristik bilgiler Tablo-1'de gösterilmiştir.

Gelecekte GTO tristörlerinde tahmin edilen gelişmeler ise; katod yapısının daha da artırılmasıyla yanıt süresi daha uygun ve elverişli sınırlara ulaşacaktır. Toplayıcı bir MOS gate, MOSFET'lerde olduğu gibi basit şekilde tristörü tetikleme veya kapamaya sokabilir. Bu düşünceler araştırma aşamasındadır. Söndürme sıgacının hacmini küçültmek ve kayıpları minimum yapmak başta gelen amaçlardan biridir. Bugün var olan birçok GTO tristörü ve anoda bloke sıgaç üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.



Şekil 5. BGT S 2000 A 25 GTO tristörünün fiziksel boyutları

Tablo-1 BGTS2000 A 25 GTO tristörü verileri

Statik Veriler		Dinamik Veriler	
UDRM ⁽²⁾	2500 V	G	6
URRM	2500 V	C	4 [^] F
^u DOP	2000 V	UDSP	600 V
UT m	2,9 V	(4)	13 us
UGRM	-22 V	t	1,0 μs
^T GTO	2000 A	•sız	250 A
dU/dt (2,3)	1000 V/μs	VVskap (5)	1,5 Ws

d) I_T=2000 A T_J=125 °C⁽³⁾Tetikleme(•M)UDRM⁽⁵⁾U_g=1250V

(2) Kapı gerilimi •5V<⁴>dI_g/dt40A/|is

Teknolojik gelişmeler yeni bir tristör ailesini ortaya çıkarmıştır. Büyük oranda dikkate değer hız, azaltılmış kayıplar ve kolay sürme imkanları geliştirilmektedir. İşletme frekans sınırı artırılarak birkaç kHz'e kadar çıkmıştır.

Önemli bir özellik de normal tristörlerdeki zorlamalı komutasyon devrelerinde bulunan dönüştürücülere gerek kalmamasıdır. Dolayısıyla boyutlar küçülür ve maliyet de azalmış olacaktır.

Referanslar

- 1- BECHTELER, M. "GTO-Thyristors-Power switches for Today and Tomorrow" Siemens Components Volume XXII February 1987 pp 24 to 26
- 2- BOSE, B.K. "Power Electronics And AC drives" Printice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1986
- 3- NAKAGAWA, A., OHASHI, H. "A Study on GTO Turn-off Failure Mechanism -A Time and Temperature, Dependent I-D Model Analysis" IEEE Trans. on ED. Vol. ED 31. No.3 March 1984 pp 273 to 279