

# Tristörlerle AA'da Gerilim Kontrolü

Yazan :  
Aziz UÇANTEKİN  
ODTÜ

## ÖZET

Tristörlerin AA gerilim, kontrolünde kullanılmaya bağlanması, mühendislerin problemi olan, mekanik kontakların vurması, g/anması ve kaynak olmasından ortaya çıkan temel kontak bakım problemini ortadan kaldırmıştır. Kontakların açılıp kapanırken ark yapmasından dolayı meydana gelen radyo frekans karışımı da tristörlerin kullanılmasıyla büyük ölçüde azalmıştır.

Bu yazıda AA'da gerilim kontrol yöntemleri açıklanmaktadır. Faz kontrol yönteminde, gerilim sıfırdan tepe değerine kadar istenilen değere ayarlanabilir. Periyot seçme yönteminde, gerilim sıfırdan tepe değerine kadar kademeli olarak değiştirilebilir ve yüksek harmonikler az olduğundan civardaki telsiz alıcılarını rahatsız etmez.

Yazının sonunda, AA'da gerilim kontrolü için kullanılabilecek bazı devreler izah edilmiştir.

## SUMMARY

The use of thyristors in ac voltage control eliminated the problems of engineers such as the common maintenance problems of mechanical contacts which result from pitting, burning and loading of contacts. Also the radio frequency interference caused by the arc during contact opening and closing is reduced by the use of thyristors.

In this article, the basic ac voltage control methods can be explained by giving the emphasis on phase-control which ac voltage can be varied smoothly from zero up to maximum available and cycle-selection type of control which the voltage can be changed in steps from zero to maximum available, but with less radio frequency interference noise than phase-control.

At the end of the article a number of circuit configurations are explained which can be used to control the ac voltage.

## 1. Giriş

İdeal olarak tristörler, tetiklendikleri zaman kapalı, tetiklenmedikleri zaman iki yönden açık bir anahtar gibi görev yaparlar. Bu çalışma özelliğinden

yararlanılarak tristörler birçok yerlerde AA ve DA'da güç kontrolünde kullanılırlar. Yüksek güçte çalışabilmeleri, verimlerinin yüksek olması, çok az yer işgal etmeleri üstünlüklerini teşkil eder.

Uygulamada asenkron motorların hız, elektrikli ısıtıcıların sıcaklık kontrolü gibi işlemler alternatif gerilimin kontrolü ile kolayca yapılabilir. Tristörler ateşlenerek istenilen anda yükden akım geçirilebilirler, bununla gerilimi tetikleme biçimine bağlı olarak sıfırdan tepe değerine kadar sürekli veya kesikli olarak değiştirmek mümkündür.

Şekil 1 ve 2'de alternatif gerilim kontrolü için kullanılacak devre şekillerinden birçoğu görülmektedir. Bu devrelerin kullanılacakları yerler ve sistemler 3. bölümde açıklanacaktır.

Bu yazıda en çok kullanılan tip olmasından dolayı Şekil 1 b'de gösterilen devre ele alınacaktır.

### 3. AA'da GEKİLİM KONTROLÜ İÇİN TETİKLEME YÖNTEMLERİ

#### 2.1. Temel tetikleme yöntemleri:

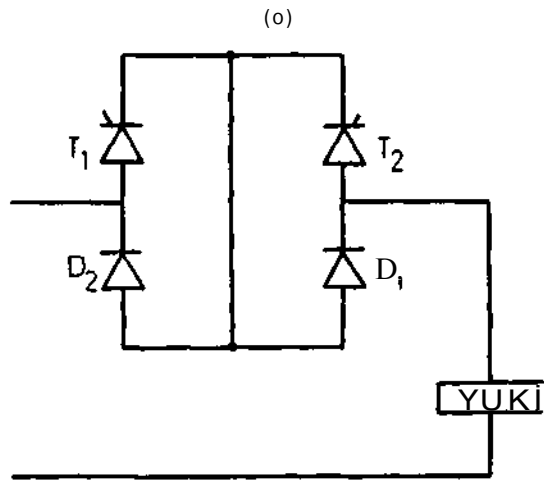
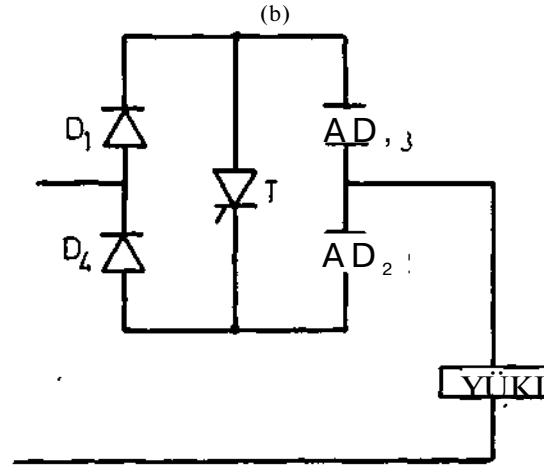
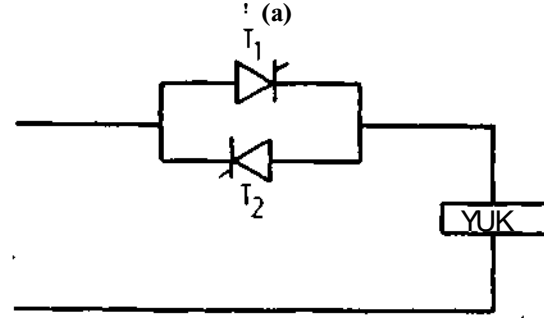
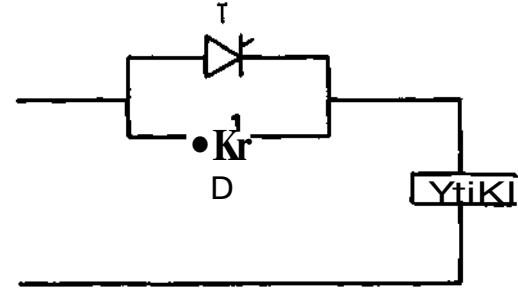
AA'da gerilim kontrolü için üç türlü tetikleme yöntemi vardır :

a. Tristörler her yarım periyotta, periyodun başlama noktasına göre  $\alpha$ 'lık bir gecikme ile ateşlenecek olursa bu yönteme «simetrik faz açısı kontrol» yöntemi denir (Şekil 3).  $\alpha$  gecikme açısı adı ile adlandırılır. Bu açının değerine göre çıkış gerilimi değişir.

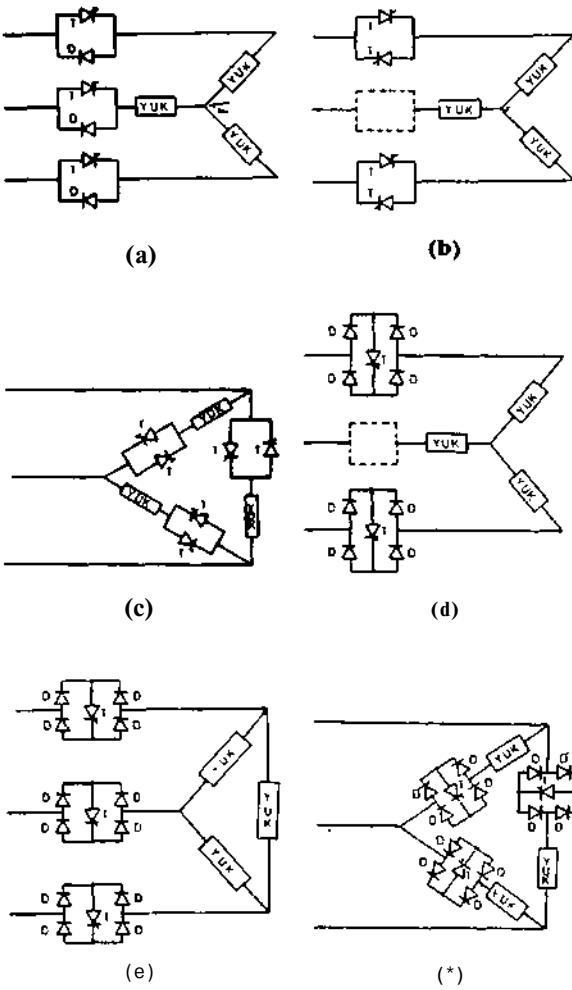
b. Tristörler, belirli sayıdaki yarım periyotta yük akımı geçecek; bundan sonraki belirli sayıdaki yarım periyotta yük akımı geçmeyecek şekilde ateşlenirse bu yönteme «entegral yarım periyod» yöntemi denir (Şekil 4). Bu yöntemde çıkış gerilimi Şekil 4'de gösterilen N ve T zaman aralıklarının oranı ile değişir.

c. Tristörler, belirli sayıdaki periyotta yük akımı geçecek; bundan sonraki belirli sayıdaki periyotta yük akımı geçmeyecek şekilde ateşlenirse bu kontrol biçimine «periyod seçme» yöntemi denir (Şekil 5). Bu yönteme, «entegral periyod kontrolü», «sıfır noktası ateşleme» yöntemi gibi isimler de verilmektedir. Periyod seçme yönteminde de çıkış gerilimi Şekil 5'de gösterilen N ve T zaman aralıklarının oranına bağlıdır.

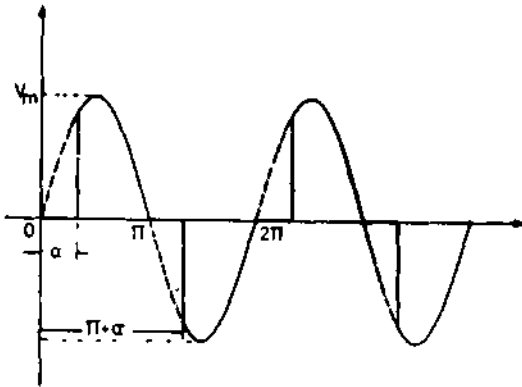
AA'da gerilimin kontrol yönteminden olan «entegral yarım periyod» ve «periyod seçme» yöntemleri birbirlerine çok benzemektedir. Bu nedenle bu yazıda faz açısı kontrol yöntemiyle periyod seçme yöntemleri açıklanacaktır.



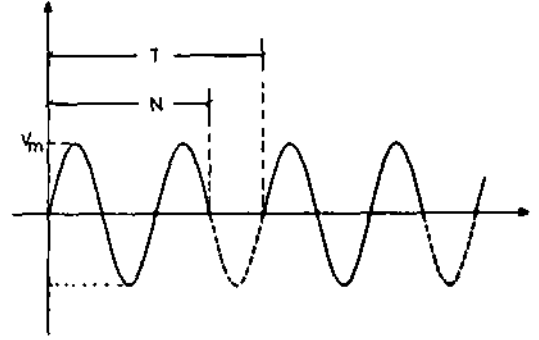
Şekil J. Tek Fazlı devrelerde AAMA gerilim kontrolü için kullanılacak devrelerin tristör ve diyot bağlantıları.



Şekil 2. Üç fazlı devrelerde AA gerilim kontrolü için kullanılabilecek devrelerin trlştör ve diyot bağlantıları.



ŞekU 8. Direnç üzerinde faz kontrolü ile ekte edilebilecek çıkış geriliminin trlştör ve diyot bağlantıları.



Şekil 4. İntegral yarım periyod yöntemi ile direnç Üzerinde elde edilebilecek dalga şekliL

## 2.2. Faz açısı kontrol yöntemi :

Şekil 3'den de anlaşılacağı gibi bu yöntemle AA'da gerilim kontrolü  $\alpha$  açısının  $0 - 180^\circ$  arasında değiştirilmesiyle elde edilir. Dağa sekli yükün dirençsel olması hali içindir. Pozitif yarı periyodda Şekil 1 b'de gösterilen  $T_1$  ateşlenir. Trlştör dirençle yüklü olduğu zaman gerilim ile akım aynı fazda olacağından pozitif yarı periyodun sonunda  $T_1$ den geçen akım tutma akımının altına düşeceğinden trlştör söner. Negatif yarı periyodda ise  $T_2$  ateşlenir, ve bu yarı periyodun sonunda trlştör kendiliğinden söner. Trlştörler istenilen anda darbe verilerek çalıştırılırlar ve tabii komutasyon denilen' olayla da kendiliğinden sönerler.

ŞekU 3'teki dalga şeklinin etkin değeri

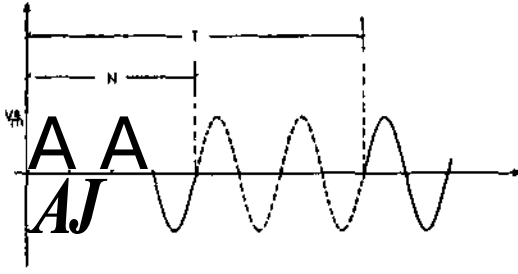
$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \cos 2\alpha} \quad (1)$$

olur. Bu denklemde  $V_m$  girişteki slnüsoidal dalganın tepe değeri,  $\alpha$  gecikme açısıdır.  $\alpha = 0$  ol-

duğu zaman çıkış gerilimi  $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$  olur. Bu değere  $V_0$  denilirse,

$$V_{01} = V_0 \sqrt{\frac{1}{\pi} (\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha)} \quad (2)$$

şekline dönüşür.  $V_0$  bu yöntemle elde edilecek en yüksek gerilimdir. Şekil 6'da  $V_{01}/V_0$ 'ın  $\alpha$  açısına göre değişimi çizilmiştir.



Şekil 5. Periyod seçme yöntemi ile direnç üzerinde elde edilebilecek dalga şekli.

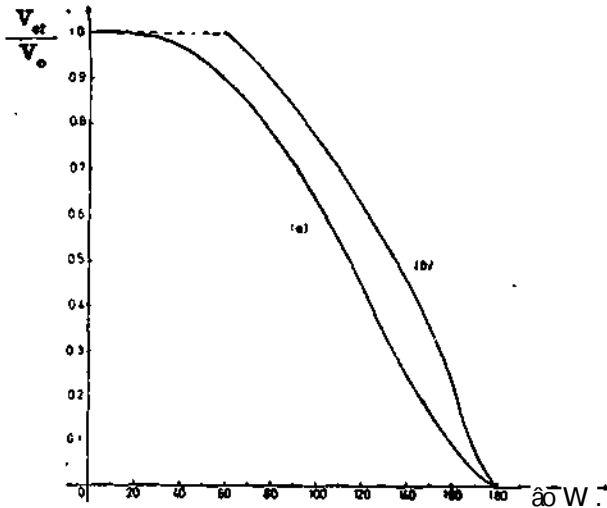
Yük endüktif ise bu tetikleme biçimi ile Şekil 7'de gösterilen dalga şekli elde edilir. Şekil 1a'da  $T_x$  pozitif yarı periyotta ateşlenir ve bu durumda anod - katot gerilimi negatif olsa bile üzerinden geçen akım tutma akımının altına düşene kadar sönmaz. Endüktif yükteki akım, gerilimin sıfır olduğu noktada  $\alpha$  faz açısı kadar sonra sıfır olacağından  $\alpha$ ,  $\pi$ ,  $\pi + \alpha$ 'de söner.  $T_x$  için dC durum aynıdır,  $w + atla$ . tetiklenirse  $2\alpha + \alpha$ 'de söner.

Şekil 7'den yararlanılarak endüktif yüklü bir devrenin çıkış gerilimi hesaplanırsa,

$\pi - \phi > \alpha \geq \phi$  için

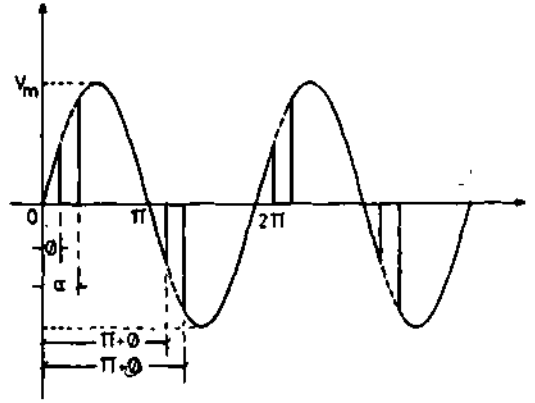
$$V_{at} = V_o \sqrt{1 - \cos(\alpha + \phi) \sin(\alpha - \phi)} \quad (3)$$

elde edilir.



Şekil 6.  $V_{at}/V_o$ 'nm gecikme açısına ( $\alpha$ 'ya) göre değişimi:

- (a) İHrençsel yük.
- (b) Endüktif yük için ( $J_v = 60^\circ$ ).



Şekil 1. Faz kontrolü Ue endüktif bir yük üzerinde elde edilebilecek çdag gerilimin dalga şekli.

$\alpha < \phi$  aralığında,  $\alpha$  açısı ile değişmediği kabul edilmiştir. Yapılan deneylerde  $\alpha$  açısı  $\alpha$ 'ya göre çok az değişmektedir. Bu denklemden  $V_o$  ile (2)'deki  $V_o$  aynıdır.

Endüktif yüklü devrenin faz açısıdır:  $\alpha < \phi$  olduğu durumda tristörleri tetiklemek için darbe dizisi kullanılırsa, tristörler  $\alpha$  ve  $\alpha + \phi$  açılarından sonra ateşlenebilirler.  $\alpha \leq \phi$  iken çıkış gerilimi  $V_{at} = V_o$  yani elde edilebilecek en yüksek gerilimdir.

Faz kontrolü ile elde edilen dalgada, genlikleri ana harmonikle (50 Hz) karşılaştırılabilecek mertebede, civardaki haberleşme ve diğer kontrol cihazlarını karıştırabilecek ve çalışmalarını bozacak yüksek frekanslı istenmeyen harmonikler vardır.

Tablo 1 ve 2'de, Şekil 3'deki dalga şeklinin,  $\alpha$ 'nın iki ayrı değeri için yapılmış harmonik analizleri görülmektedir. Gecikme açısı  $\alpha$  büyüdükçe yüksek frekanslı harmoniklerin ana harmoniğe göre yüzdeleri artmaktadır. Bu durum, çıkıştaki gerilim düştükçe kapsadığı yüksek frekanslı harmoniklerin genliklerinin arttığını gösterir.

### 2.2.1. Tristör ateşleme darbelerinin özellikleri :

Faz açısı kontrol yönteminde tristörleri ateşlemek için kullanılacak darbelerin özellikleri yükün dirençsel veya endüktif karakter taşımasına göre değişir.

Endüktif yük çalışıyorsa tristör tetiklemek için kullanılan darbe yeteri kadar uzun olmalıdır veya bir darbe yerine, darbe dizisi kullanılmalıdır. Çıktı  $a < \phi$  tristöre tek ve kısa bir darbe verilirse tetiklenmesi istenilen tristör diğer  $t_{off}$  tarafından kısa devre edildiği ve ayrıca yük akımı da tetiklenmesi istenilen tristöre göre henüz ters yönde olduğundan, tristör tetiklenemez ve çıkış geriliminde bozukluklar görülür.

Tablo 1.  
 $\alpha = 90^\circ$ ,  $V_m = 0,5000$  V,  $V_n = IV$  için yapılmış harmonik analizleri :

Harmonik No.	Genlik	Frekans	Anaharmonikliğe göre yüzdesi
1	50,00	0,592724	100,0000
2	100,00	0,0	0,0
3	150,00	0,318310	53,7028
4	200,00	0,0	0,0
5	250,00	0,106103	17,9009
6	300,00	0,0	0,0
7	350,00	0,106103	17,9009
8	400,00	0,0	0,0
9	450,00	0,063662	10,7406
10	500,00	0,0	0,0
11	550,00	0,063662	10,7406
12	600,00	0,0	0,0
13	650,00	0,045473	7,6718
14	700,00	0,0	0,0
15	750,00	0,045473	7,6718
16	800,00	0,0	0,0
17	850,00	0,035368	5,9670
18	900,00	0,0	0,0
19	950,00	0,035368	5,9670
20	1000,00	0,0	0,0
21	1050,00	0,028937	4,8821
22	1100,00	0,0	0,0
23	1150,00	0,028937	4,8821
24	1200,00	0,0	0,0
25	1250,00	0,024485	4,1310
26	1300,00	0,0	0,0
27	1350,00	0,024485	4,1310

Darbe dizisi veya uzun bir darbe kullanılırsa  $\alpha < 90^\circ$  açısından sonra da tristöre darbe gideceğinden, tristör tetiklenir ve çıkış geriliminde herhangi bir aksaklık görülmez.

Tristörlerle tetiklemek için darbe dizisi kullanmak tristörün kapı-katod eklemesinde, gereğinden fazla güç kaybını önlemek bakımından yararlıdır. Pratikte endüktif yük kullanılan tristörlü kontrol devrelerinin hemen hepsinde tetikleme için darbe dizisi kullanılmaktadır.

Tetikleme işlemi için darbe dizisi kullanılacaksa bu darbe dizisinin frekansı tristörün kapı-katod eklemesinde kaybolacak maksimum güç, gerilim kontrolü sırasında meydana gelebilecek pozitif ve negatif yarım periyodlar arasındaki denge-sizlik ve çıkış geriliminde istenilen kesinlik göz-önüne alınarak saptanır, örneğin 200 Hz gibi düşük frekanslı darbe dizisi kullanılırsa 50 Hz'lik ana güç kaynağının bir yarım periyoduna 4 darbe düşer. Tristör Şekil 7'deki  $\alpha$  açısından sonra gelecek ilk darbeye çalışacağından  $\alpha < 90^\circ$  için elde edilen en yüksek gerilim umulan değer-

den küçük olur. Darbe dizisi için en uygun frekans 10 - 20 kHz'dir.

Yükün direnç olması durumunda, tristörü tetiklemek için, endüktif durumdaki zorluklar ortaya çıkmaz. Tristörün girişindeki gereği kadar akım akıtılabilecek bir tek darbe tristörü ateşlemek için yeterli olabilir.

### 2.3. Periyöd seçme :

Bu yöntemle AA'da gerilim kontrolü yükün belirli sayıdaki periyoddaki devreye bağlanması, bundan sonraki belirli sayıdaki periyoddaki ise açık devre edilmesiyle elde edilir. Çıkış geriliminin etkin değeri  $\sqrt{2}$  öde gösterilen N (alınan alternans sayısı) ve T (seçilen periyoddaki alternans sayısı) nin oranlarına bağlıdır.

Bu tetikleme çeşidinde tristörler, gerilimin sıfır olduğu noktalarda tetiklenirler.

Tablo 2.

$\alpha = 130^\circ$ ,  $V_m = 0,2460$  V,  $V_n = IV$  için yapılmış harmonik analizi :

Harmonik No.	Frekans	Genlik	Ana harmonikliğe göre yüzdesi
1	50,00	0,222581	100,0000
2	100,00	0,0	0,0
3	150,00	0,186792	83,9210
4	200,00	0,0	0,0
5	250,00	0,129194	58,0439
6	300,00	0,0	0,0
7	350,00	0,073563	33,0500
8	400,00	0,0	0,0
9	450,00	0,047184	21,1987
10	500,00	0,0	0,0
11	550,00	0,046435	20,8621
12	600,00	0,0	0,0
13	650,00	0,041314	18,5612
14	700,00	0,0	0,0
15	750,00	0,031242	14,0365
16	800,00	0,0	0,0
17	850,00	0,027242	12,2392
18	900,00	0,0	0,0
19	950,00	0,027188	12,2151
20	1000,00	0,0	0,0
21	1050,00	0,024001	10,7831
22	1100,00	0,0	0,0
23	1150,00	0,020114	9,0366
24	1200,00	0,0	0,0
25	1250,00	0,019432	8,7305
26	1300,00	0,0	0,0
27	1350,00	0,018970	8,5226

Şekil 5'deki yükün, direnç olması durumunda elde edilebilecek çıkış geriliminin karesel ortalaması bulunursa

$$V_{et} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{N} \quad (4)$$

elde edilir.  $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$  normal sinüsoidal dalgada,

(N = T) etkin değerdir.

$\frac{V_m}{\sqrt{2}}$  yerine V koyarak (4) yeniden yazılırsa

$$V = \sqrt{2} \cdot \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

olur.

(5) den de anlaşılacağı gibi, N ve T biref tam sayı olduklarından, çıkış gerilimini kademeli olarak değiştirebilme\* mümkündür.

Sıfır gerilim seviyesi gözönüne alınmışsa bu yöntemle elde edilebilecek değişik çıkış gerilimi değerlerinin sayısı Tye (periyoddaki alternans sayısına) eşittir. Gerilim kaynağının dört alternansı bir periyod olarak seçilmişse (T = 4) N' nin dört ayrı değeri için dört ayrı değerde çıkış gerilimi elde edilir. .

Çıkışta çok gerilim değeri isteniyorsa T'nin büyük tutulması gerekir. T'nin seçiminde en önemli rolü yükün pvlmslzlığı oynar. Eğer T\* nin değeri büyük tutulur, fakat düşük bir gerilim değerinde (N «T) çalışmak istenirse, yük tristör çalışırken üzerinde topladığı enerjinin, çalışmadığı zaman tümünü harcayıp başlangıçtaki durumuna dönebilir, kJ bu istenmiyen bir durumdur. örneğin' yük bir fırın ise, N! alternansda ısınan fırın geriye kalan (T - N) alternansda soğuyarak başlangıçtaki sıcaklığına döner.

Bilindiği gibi bir değerden diğer bir değere çabucak sıçrayan dalga şekillerinde, faz kontrolündü olduğu gibi, yüksek frekanslı harmonikler meydana gelir. Bu tetikleme çeşidine trlströrler dalma ana kaynaktan alınan seviye işaretinin sıfırdan geçtiği noktalardan darbe almaya başladıkları için çıkış dalga şekli, tristörler çalıştığı sürece düzgün ve süreklidir. Dolayısıyla yüksek frekanslı harmoniklerin genlikleri faz kontrolü yöntemine göre çok düşüktür. Aslında periyod seçme yönteminin ana amacı, tristörleri sıfırda ateşliyerek, herhangi bir gerilim değerinde hızlı kapalı devre halinde meydana gelen yüksek harmoniklerin genliklerini küçük tutmaktır.

Tablo 3 ve 4'de N ve T'nin İki ayrı değeri için Şekil 5'deki dalga şeklinin harmonik analizinin sonuçları gösterilmiştir.

Faz kontrolü yönteminde çıkıştaki dalga şekli ile ana güç kaynağındaki dalga şeklinin periyodları aynı olduğu için ana harmonik frekansı 50 Hz'dir. Diğer harmoniklerin frekansları da bu frekansın bir tam sayı ile çarpılmasından elde edilir. Periyod seçme yönteminde İse Şekil 5' den de görülebileceği gibi ana güç kaynağının periyodu İle çıkıştaki dalga şeklinin periyodu değişiktir. Çıkıştaki dalga şeklinin bir periyodu T/f saniyedir, f ana güç kaynağının frekansdır.

Yukarıdaki açıklananlardan da anlaşılacağı gibi periyod seçme yönteminde yüksek harmoniklerin (frekansı ana frekansdan büyük olan harmonikler) yanında frekansları ana ifrekansdan daha düşük olan alçak harmonikler de meydana gelir. En düşük frekanslı alçak harmoniğin bir periyodu Şekil 5'deki dalga şeklinin periyoduna

Tablo 3.

N = 2, T = 4,  $V_m = 1V$ ,  $\hat{u} \hat{O} \hat{V}$  İSIn harmonik analizi :

Harmonik no.	Frekans	Genlik	Ana harmoniğe göre yüzdesi
1	12,60	0,169765	33,9530
2	25,00	0,0	0,0
3	87,50	0,363783	72,7666
4	60,00	0,500000	100,0000
5	62,60	0,282942	66,6884
6	76,00	0,0	0,0
7	87,50	0,077166	15,4332
8	100,00	0,0	0,0
9	112,50	0,039177	7,5364
10	125,00	0,0	0,0
11	137,50	0,024252	4,8504
12	160,00	0,0	0,0
13	162,50	0,016644	3,3288
14	175,00	0,0	0,0
15	187,50	0,012184	2,4368
16	200,00	0,0	0,0
17	212,50	0,009328	1,8656
18	225,00	0,0	0,0
19	237,50	0,007381	1,4762
20	250,00	0,0	0,0

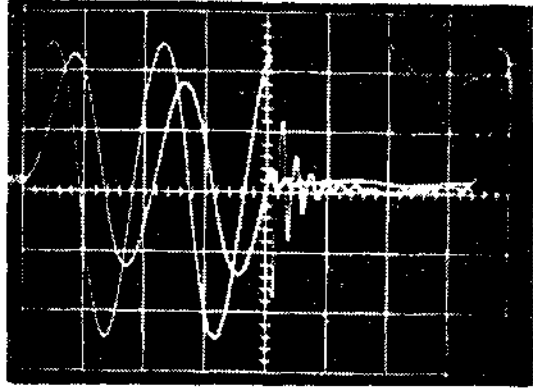
Tablo 4.  
N = 1, T = 8,  $V_m = IV$ ,  $V_{af} = 0.26V$  için yapılmış harmonik analizi :

Harmonik no.	Frekans	Genlik	Anaharmoniklere göre yüzdesi
1	6,25	0,030936	24,7488
2	12,50	0,060021	48,0168
3	18,75	0,085550	68,4400
4	25,00	0,106103	84,8824
5	31,25	0,120648	96,5184
6	37,50	0,128617	102,8936
7	43,75	0,129933	103,9464
8	50,00	0,125000	100,0000
9	56,25	0,114646	91,7168
10	62,50	0,100035	80,0280
11	68,75	0,082549	66,0792
12	75,00	0,063662	50,9296
13	81,25	0,044812	35,8496
14	87,50	0,027282	21,8256
15	93,75	0,012106	9,6848
16	100,00	0,0	0,0
17	106,25	0,008662	6,9296
18	112,50	0,013851	11,0848
19	118,75	0,015843	12,6744
20	125,00	0,015158	12,1264

eşit olacağı için bu harmoniğin frekansı  $f/T$  olur. Diğer harmoniklerin frekansları ise  $f/T$  tam sayılarla çarpılarak elde edilir. Elde edilecek alçak harmoniklerin sayısı  $(T/\dot{I})$ 'dir. Tablo 4'ten görülebileceği gibi, N ve T'nin seçimleri için bu alt harmoniklerin büyüklüklerinin ana harmonimin büyüklüğünden daha fazla olabileceği, uygulamalarda gözönüne alınmalıdır.

Tablo 1 ve 2'den de görülebileceği gibi faz kontrolü ile elde edilen dalga şeklinde  $f(x) = -f(X + T/2)$  olduğundan çift sayılı harmonikler yoktur. Fakat periyod seçme yönteminde simetrik olmadığından genel olarak çıkış dalga şeklinde bütün harmonikler vardır. Endüktif yüklenmişse, periyodun başlangıç noktasında akımın gerilimin sıfır olduğu nokta hariç, tristörlerci gerilimin sıfır olduğu noktalarda ateşlemek

mümkün değildir. 6u noktalarda akım sıfır olmadığından ateşlenmesi istenen tristör diğer tristör tarafından kısa devre edilir. Bundan dolayı bir tristörü ateşliyeblmek için diğerinin sönmesini beklemek gerekir. Bu durum çıkış geriliminde, Şekil 8'de görüldüğü gibi dalganın sonundaki ani düşüş gözönüne allamazsa fazla bir değişiklik meydana getirmez.



Şekil 8. Periyod seçme yönteminde endüktif bir yük üzerinde gerilim ve akımın dalga şekilleri.

### 2.3.1. Tristör ateşleme darbelerinin özellikleri:

Periyod seçme metodunda tristörlerle ateşleme için darbe dizisi veya  $\pi/2$ 'den daha uzun tek bir darbe kullanılması önemlidir.

Yük endüktif ise, her periyodun başında, Şekil 8'deki resimde de görülebileceği gibi, geçici olaylar meydana gelir. Bu geçici olaylar nedeniyle yük akımının sıfır olduğu noktalar, geçici olaylar tamamen yok olana kadar; çıkış geriliminin sıfır olduğu noktalara göre devamlı olarak değişmektedir. Yukarıda ve faz açısı kontrolü yönteminde açıklandığı gibi, tristörleri tetiklemek ancak akımın, sıfır olduğu noktalardan sonra olabildiğinden, çıkışta düzgün bir gerilim elde edebilmek için tetikleme işleminde darbe dizisi kullanmak gerekir.

Bu yöntemdeki darbe dizisinin frekansı da faz kontrolünde olduğu gibi seçilmelidir.

Yük dirençsel ise faz kontrolünde olduğu gibi bu yöntemde de önemli bir problem yoktur; tek bir darbe veya darbe dizisi kullanılabilir.

## â. ÂA GERİLİM KONTROLÜNDE KULLANILABİLECEK DEVRE ŞEKİLLERİ

Şekil 1 ve 2'de AA' gerilim kontrolünde kullanılabilecek devrelerde a birçoğu gösterilmiştir. Şekil 1'de tek fazlı sistemlerde, Şekil 2'de ise üç fazlı sistemlerden kuli anılabilecek tristör ve di-yot bağlantıları görülmektedir. Bu devrelerin kullanılabileceği yerler ve sistemler hakkında kısaca bilgi vermek yararlıdır.

Şekil 1a ve 2a'daki devreler hariç, diğer bütün devreler simetrik faz kontrolü, entegral yarım periyot seçme ve periyot seçme yöntemleri için kullanılabılır. Şekil 1a ve 2a'daki devreler ise sadece faz kontrolü ve entegral yarım periyot seçme yöntemlerinde kullanılabılır.

Şekil 1a'daki devre düşük güçlü ısıtıcıların kontrolü, lamba ışık şiddeti kontrolü, gibi direnç özelliği taşıyan ve pozitif ile negatif yan periyotlar arasındaki dengesizliğin önemsiz olduğu uygulamalarda kullanılabılır. Çünkü bu devrede gerilim kontrolü tristör vasıtasıyla, tristörün yönüne bağlı olarak, sadece pozitif veya negatif yarım periyotta yapılabilmektedir.

Şekil 1b'deki devre AA'da gerilim kontrolü için en uygun ve en çok kullanılan bir devredir. Yük dirençsel veya endüktif olabilir. Isıtıcı kontrolü, lamba ışık şiddeti kontrolü, asenkron motorların hız kontrolü, solenoid ve AA elektromıknatıs kontrolü gibi uygulamalarda kullanılır.

Şekil 1c ve d'deki devreler de Şekil 1b'deki devrenin kullanıldığı uygulamalarda kullanılabılır. Yalnız Şekil 1c'deki devre endüktif değeri daha düşük olan yüklerde kullanılabılır, bu devrede tristörün ortalama anma akımının değeri Şekil 1b ve d'deki tristörlerden iki kat daha fazla olmalıdır. Çünkü Şekil 1b'deki devrede tristörler sadece pozitif veya negatif yan periyotlarda çalıştıkları halde bu devrede yük akımı hem pozitif hem de negatif yarım periyotta aynı tristör üzerinden geçmektedir.

Şekil 2'de üç fazlı devrelerde kullanılabilecek tristör ve di-yot bağlantıları gösterilmiştir. Şekil 2a, b ve c'de gösterilen devrelerde yük dirençsel veya endüktif olabilir. Bu devreleri<sup>^</sup> uy-

gulama alanları Şekil 1b'deki devrenin uygulama alanlarıyla aynıdır.

Şekil 2d, ve f deki tristör ve di-yot bağlantıları ise yükün dirençsel veya hafifçe endüktif olduğu durumlarda kullanılabılır.

Şekil 2a'daki ters olarak paralel (bağlanan tristör-di-yot çifti hat tarafına veya yük ile sistemin nötr noktası arasına bağlanabilir. Bu devrede yükün nötr noktası ana güç sisteminin nötr noktasına bağlanmamalıdır, bu durum sistemde dengesizlik yaratır.

Şekil 2b ve d'deki devreler nötr noktası güç, sisteme bağlı olmayan yüklerle kullanılabılır. Yıl diz bağlı üç fazlı devrelerde nötr noktasına gelen akımların toplamı sıfır olacağı için doğrudan doğruya sisteme bağlı olan fazdaki akım kontrol edilen fazlardaki akımlara göre kendini ayarlar. Yükün nötr noktasının güç sistemine bağlanması gerekirse, doğrudan doğruya sisteme bağlı olacak şekilde içi boş, olarak gösterilen kutu, diğer fazlarda olup, tera olarak paralel bağlanan tristör-di-yot çifti veya köprü - tristör bağlantılarından yararlanılmalıdır.

Şekil 2 f'deki tristör ve di-yotların anma akımları Şekil 2e'deki Uerden % 73 daha düşüktür. Şekil 2e'deki tristör ve di-yotların ise anma gerilimleri daha düşük seçilebilir.

Şekil 2c'deki tristör bloklarda Şekil 2e'de olduğu gibi sistemden gelen uçlara bağlanabilir. Şekil 2e ve f'deki tristörlerin özellikleri bu devredeki tristörler içinde geçerlidir. Şekil 1 ve 2'deki ters olarak paralel bağlanan tristörler yerine tri-yak kullanarak da AA gerilim kontrolü gerçekleştirilebilir. Bilindiği gibi, tri-yaklar darbe verildiği zaman her iki yönde de akım geçirebilmektedirler

## 4. SONUÇ

Yukarıda açıklanan her iki yöntemin de bir takım üstünlükleri ve sakıncaları vardır.

Faz kontrolü yönteminde çıkış gerilimi sıfır Uten en yüksek değer arasında sürekli olarak değişti



riilebilir. Periyod seçme yönteminde İse ancak belirli gerilim değeri elde edilebilir.

Faz kontrolunda çevredeki diğer aletlerin çalışmasını engelliyebilecek yüksek frekanslı harmoniklerin meydana getirdiği, radyo frekans karışımı, periyod seçme yönteminde yoktur. Faz kontrolü yönteminde meydana gelen yüksek frekanslı harmonikler istenmiyorsa, çıkışa süzgeç devreleri koymak gerekir ki bu da devrenin toplam maliyetini arttırır.

Faz kontrolü yönteminde, gerilim kontrolü sırasında ana güç kaynağında çekilen akımla, gerilim arasındaki faz farkı büyümekte bu da güç faktörünün düşmesine neden olmaktadır. Bu olay, periyod seçme yönteminde görülmez. Faz kontrolü ve periyod seçme yöntemleri arasındaki maliyet farkını faz kontrolunda kullanılabilir süzgeç devreleri gözönüne alınmazsa, tetikleme devrelerinde maliyet farkları yaratır.

Faz kontrolü yönteminde darbeleri kaydırmak ve dolayısıyla açısını değiştirmek için basit yöntemler vardır. Bu nedenle periyot seçme yöntemine göre maliyeti düşüktür- Periyod seçme yönteminde tetikleme devresi oldukça karışıktır, fakat tümleşik devrelerin kullanılmasından sonra kapı tetikleme devrelerinin çok az yer kaplaması ve daha güvenilir devreler yapabilmeye olanağı, periyod seçme yöntemiyle yapılan gerilim kontrolünü çekici hale getirmektedir.

Her iki yöntem, aseniron motorların hız kontrolu, elektrikli fırınların sıcaklık kontrolü gibi İşlerde kullanılabilirler.

Periyod seçme yönteminin uygulanabilmesi için, yükün eylemsizliğinin büyük olması gerekir, örneğin ODTÜ'de ışık şiddetinin kontrolü için her iki yöntemle yapılan deneyde, faz kontrolü ile ışık şiddetinin sürekli olarak değiştiği fakat periyot seçme yöntemi ile yapılan deneyde ise ge-

rilim düşürüldükçe lambanın ışık şiddetinin gözle rahatsız edecek kadar titrediği görülmüştür. Aeniron motorun hız kontrolü her iki yöntemde de başarılı sonuç vermiştir. Yukarıda açıklanan devreler transformatörlerde kademe değiştirmek içinde kullanılabilirler. Bunun için Şekil 1 ve 2'de görülen devrelerden birini her kademe çıkışına bağlamak gerekir. Böylece mekanik kontakların ortaya çıkarmış olduğu akım problemleri yok edilebileceği gibi hızlı kademe değiştirmek olanağı da ortaya çıkar.

#### KAYNAKLAR:

1. A. UÇANTEKİN : «AC Voltage Control by Cycle-Selection Mode of Triggering and Application to Single - Phase Induction Motors», M.S. Thesis.
2. BORST, D. W., DIEBOLD, E. J., PARRISH, I. W. : «Voltage Control by Means of Power Thyristors», IEEE trans. vol. IGA - 2, no. 2, Mar./Apr. 1966, pp. 102-124.
3. C. ARIKAJST, C. TANJU : «Tristörün Çalışma Prensipleri ve Güç Konverterlerinde Kullanılması», Elektrik Mühendisliği Dergisi, S. 183, Mart 1972, s. 59.
4. SEYMOUR, J. : «Semiconductor Devices In Power Engineering», A symposium held at Woolwich Polytechnic, Pitman.
5. GALLAGHER, P. J., BARRET, A., SHEPHERD, W.: «Analysis of Single - phase Rectified Thyristor Controlled Load with Integral-Cycle Triggering», PROC. IEE, vol. 117, no. 2, feb. 1970, pp. 409.
6. LINGARD, B. W, JOHNSON, R. W., SHEPHERD, W.: «Analysis of Thyristor Controlled Single-Phase Loads with Integral-Cycle Triggering», PROC. IEE, vol. 117, 1970.