

## BÖLÜM 2 : DOĞRULTUCU DEVRELERİ

Bir doğrultucu devresi AC beslemesini DC yüke bağlayan devredir. Elde edilen DC gerilim aküde olduğu gibi sabit olmayıp ortalama gerilim seviyesine süper impoze edilmiş alternatif akım dalgalanma bileşeni içerir. Aşağıda bahsedilen devrelerin tamamı DC gerilim vermesine rağmen ; çıkıştaki AC dalgalanması, ortalama gerilim seviyesi, verimi ve AC beslemedeki yüklenme tesirleri açısından farklılık arz ederler.

### 2.1 Devre Tanımları ve Gruplandırma :

Doğrultucu devreleri yarım dalga ve tam dalga bağlantıları olmak üzere iki grupta tanımlanabilir.

**Yarım Dalga Devreleri :** Bu devrelerde AC beslemenin her hattına bir doğrultucu eleman bağlanır ; elemanların katodları DC yüke ve yükün diğer ucu da AC beslemenin nötr ucuna bağlanır. Akım akışı her hatta “*tek yönlü*”dür. “Tek yönlü” devre de denilir.

**Tam Dalga Devreleri :** Biri yükü besleyen, diğeri de yük akımını AC hatta döndüren iki adet yarım dalga devresinin seri bağlanmasından oluştuğundan, nötr hattına gerek yoktur. “*Köprü devreleri*” ya da “*çift yönlü devreler*” olarak da adlandırılır.

Devrelere ait kontrol karakteristikleri üç kategoride toplanabilir.

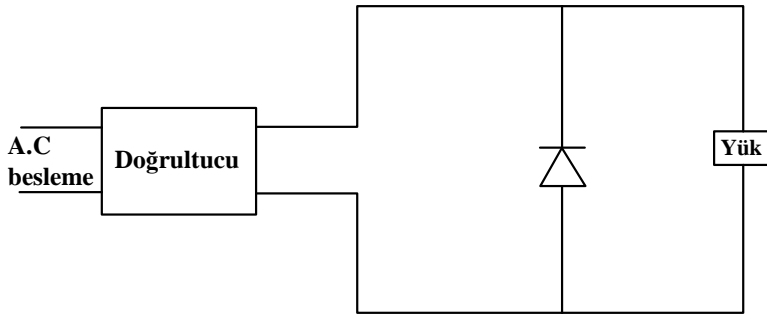
**Kontrolsüz Doğrultucu Devreleri :** Sadece diyot içerirler, AC besleme gerilimiyle orantılı sabit DC gerilim sağlarlar.

**Tam Kontrollü Doğrultucu Devreleri :** Tristör (ya da güç transistörü) kullanılır. Tristörlerin ilettime geçtiği faz açısının kontrolüyle DC yük geriliminin ortalama değeri ayarlanabilir, yönü değiştirilebilir. Tam kontrollü devreler yük ve besleme arasında iki yönde de güç transferine imkan tanıdığından “*çift yönlü konverter*” olarak da adlandırılırlar.

**Yarım Kontrollü Devreler :** Tristör ve diyot karışımı içerirler. Gerilimin yönü değiştirilemez ancak ortalama değeri ayarlanabilir. Bu sebeple yarı kontrolü ve kontrolsüz devreler “*tek yönlü konverter*” olarak adlandırılırlar.

“**Darbe Sayısı**” : AC beslemenin bir periyodunda DC gerilim dalga şeklinin tekrar sayısını ifade eden kullanılan bir terimdir. Örneğin “*6-darbeli devre*”nin çıkış dalgalanması giriş frekansının 6 katı frekansa sahiptir. Giriş 50 Hz ise, DC dalgalanma 300 Hz’dir.

## 2.2 Komütasyon Diyodu :

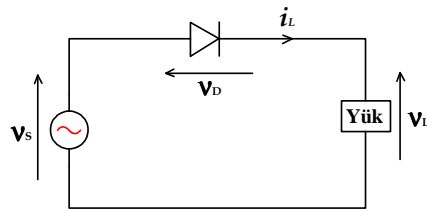


### Komütasyon diyodu

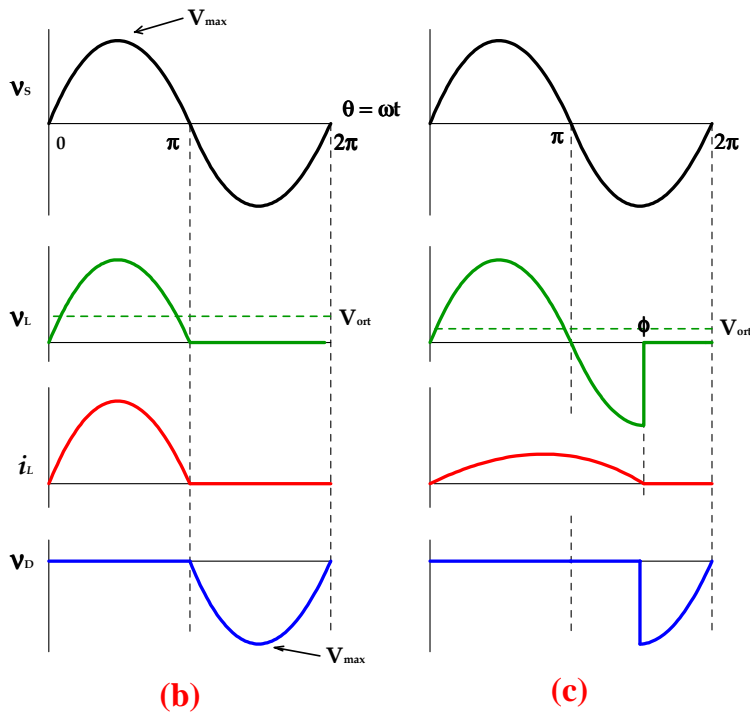
doğrultucudan akışını önleyerek doğrultucunun bloke durumuna geçmesini sağlamak.

Çoğu devreler (özellikle kontrolsüz ya da yarı kontrollü) yandaki şekilde olduğu gibi komütasyon diyodu içerirler. By-Pass diyodu da denilir. İki fonksiyonu vardır : **1-**Yük geriliminin yönünün değişmesini önlemek **2-** Yük akımının ana

## 2.3 Tek Faz Yarım Dalga (Tek Yollu) Devre :



(a)



Şekil 2.2 Tek faz yarım dalga devresi

Şekil 2.2 (a)'da kontrolsüz tek fazlı yarım dalga bağlantısı görülmektedir. Dalga şekilleri çizilirken diyodun ideal anahtar gibi davrandığı kabul edilmiştir. Şekil 2.2 (b)'de yük, saf omik iken (c)'de ise endüktans içermektedir. Omik yük için diyot gerilimi düşümü ihmal edilirse :

$$\text{Yük akımı : } i_L = V_s / R$$

(Pozitif yarı periyot) olur.

Ortalama gerilim :

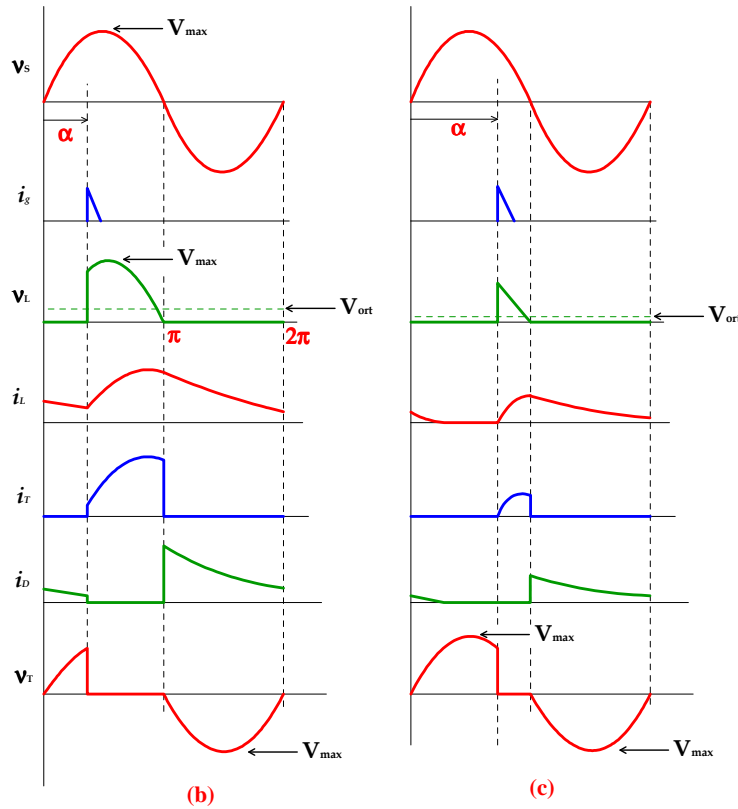
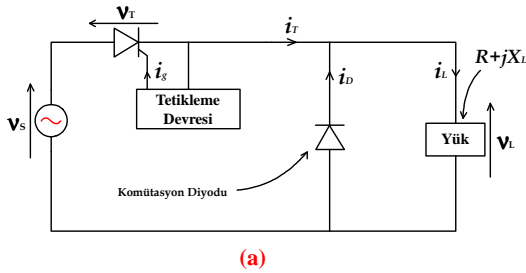
$$V_{ort} = V_{max} / \pi = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_{max} \sin \theta d\theta$$

Çoğu DC yükler (DC motorlar) gerilimin ortalama değerine tepki gösterirler, dolayısıyla RMS değerle pek ilgilenmez.

Ancak DC dalgalanmaları istemeyen kayıplara yol açar. Devredeki diyodun seçimi için hem akım hem de gerilim dikkate alınmalıdır. Yüklerin neredeyse tamamı ; endüktans içerir. Bu durumda şekil 2.2(c) dalga şekilleri elde edilir.

Yük Gerilimi :  $V_L = Ri_L + L \frac{di_L}{dt}$  'dir. Buradan akım dalga şekli elde edilebilir. Gerilimin

ortalama değeri ise :  $V_{ort} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\theta=\phi} V_{max} \sin \theta d\theta$  olup, daha düşüktür.



Şekil 2.4 Kontrollü tek faz yarım dalga devresi

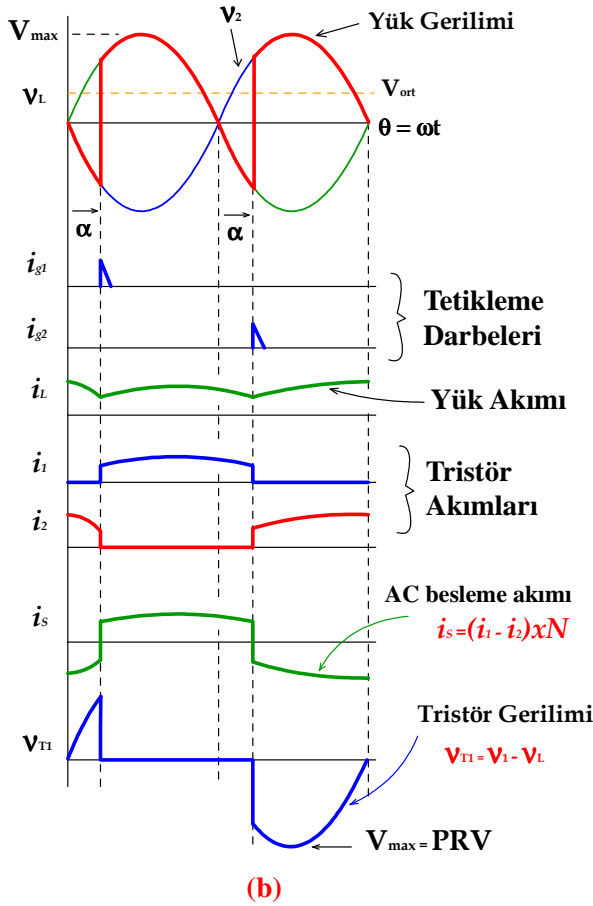
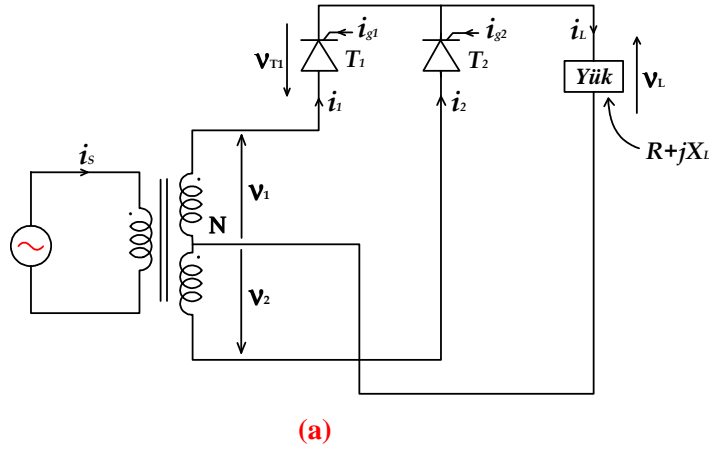
Tek faz yarım dalga devresi tristör kullanılarak kontrol edilebilir. Şekil 2.4 (a)'da devre yapısı (b) ve (c)'de ise dalga şekilleri görülmektedir.  $\alpha$  tetikleme açısına bağlı olarak yük akımı ve gerilimi değişmektedir. Akım seviyesi diyot tutma seviyesinin altına düşerse yük akımı kesintili olur. (Şekil 2.4 (c)) Yük geriliminin ortalama değeri ;

$$V_{ort} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_{max} \sin \theta d\theta$$

$$V_{ort} = \frac{V_{max}}{2\pi} (1 + \cos \alpha) \text{ olur.}$$

$\alpha$  arttıkça gerilimin ortalama değeri düşer ve  $180^\circ$ 'de sıfır olur.

## 2.4 İki Faz Yarım Dalga (Tek Yollu) Devresi :



**Şekil 2.5 İki faz yarım dalga devresi**

edilmiştir.  $\alpha = 0$  için ortalama gerilim en yüksek değerindedir. (diyot durumu),  $\alpha = 90^\circ$  için ise  $V_{ort} = 0$ 'dır. Gerilim dalga şekli bir periyotta iki kez tekrarlandığında bu devre iki darbelidir. Gerilimin ortalama değeri düştükçe yük akımı dalgalanması artar ve kesintili hal alır. AC besleme akımı da non-sinüsoidaldir ve gerilime göre geridir. (endüktif)

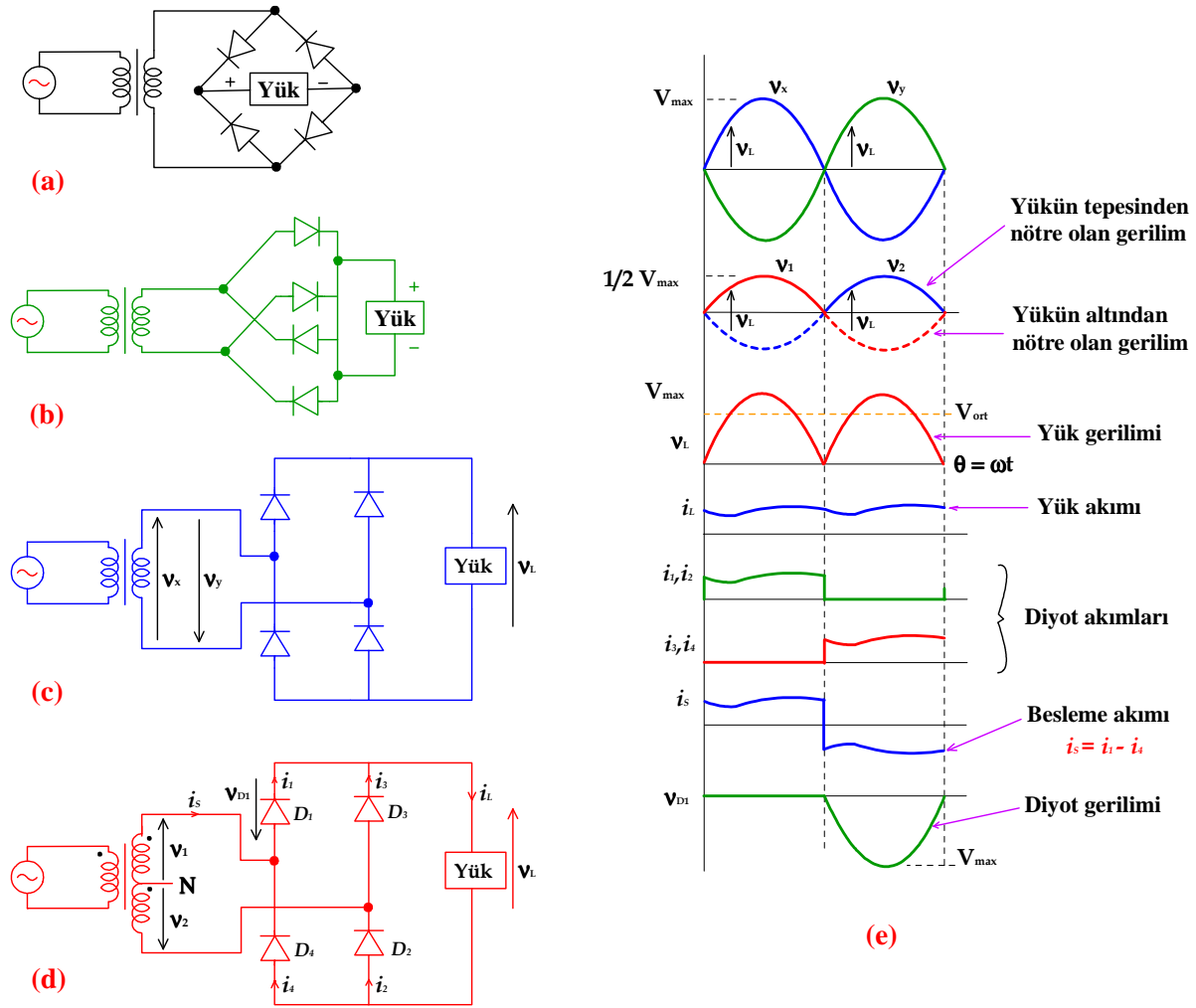
Şekil 2.5(a)'daki devrede iki faz bağlantısı görülmektedir. Yüke her besleme hattında bulunan tristörler aracılığıyla besleme yapılmaktadır. Herhangi bir anda sadece bir tristör devrededir. Şekildeki trsitörlere anto geriliminin pozitif kaldığı herhangi bir anda tetikleme uygulanabilir. Tristör yerine diyot kullanılırsa  $\alpha=0$  olmuş olur. Herhangi bir  $\alpha$  değerinde  $T_1$  tristörü iletime geçirildiğinde yük akımı  $T_1$  üzerinde akar,  $V_1$  gerilimi negatife geçtiğinde  $V_2$  pozitif olacağından yine  $\alpha$  derece sonra  $T_2$  tetiklenir ve  $T_1$  akımı komütasyonla  $T_2$ 'ye aktarılmış olur.  $T_1$  sönüme gittiği anda uçlarında  $2V_{max}$  (yani tüm sekonder sargı gerilimi) kadar gerilim bulunur. Ortalama Gerilim :

$$V_{ort} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_{max} \sin \theta d\theta = \frac{2V_{max}}{\pi} \cos \alpha$$

şeklinde olur. Bu hesaplama yapılırken yük endüktansının ; yük akımının sürekli kalmasını sağlayacak değerde olduğu kabul

## 2.5 Tek Faz Köprü (Çift Yollu) Devreleri :

### 2.5.1 Kontrolsüz :

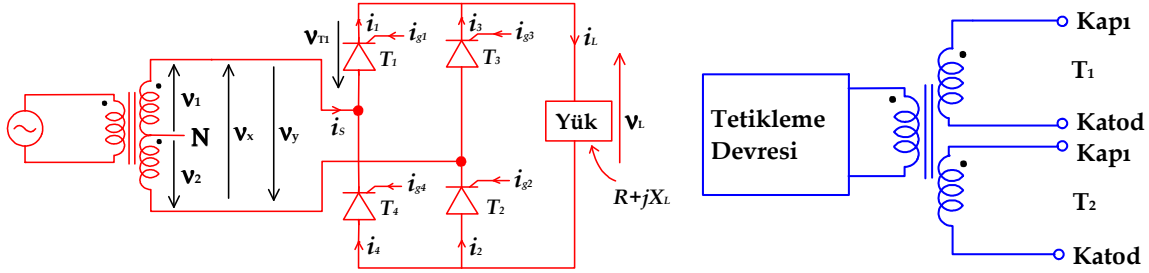


Şekil 2.7 Tek faz köprü devresi

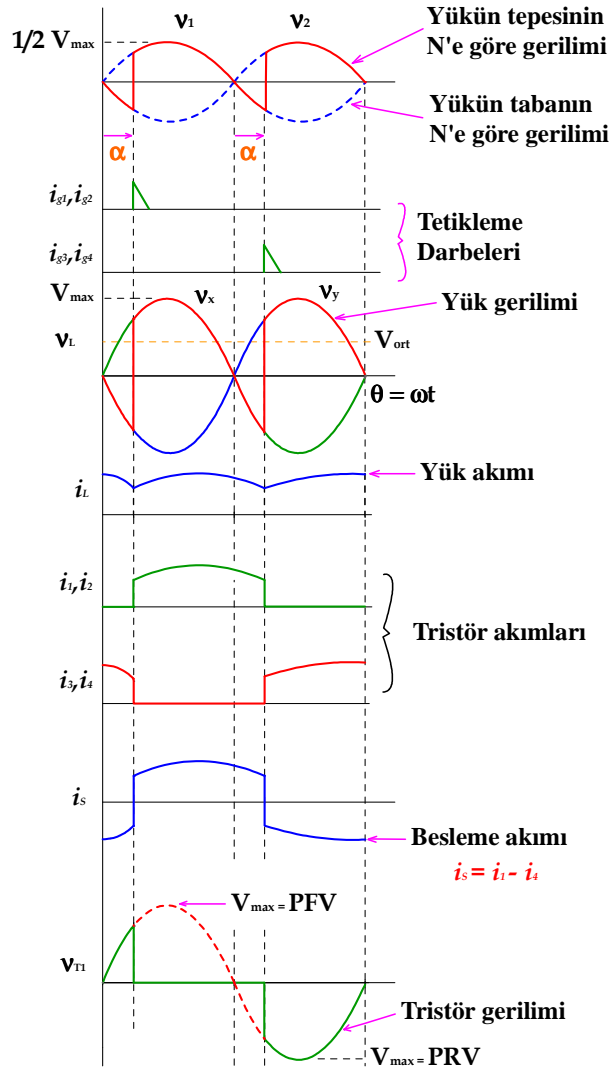
Yukarıdaki şekillerde tek-faz köprü devrelerinin değişik gösterimleri yer almaktadır. Güç uygulamalarında şekil 2.7(c) gösterimi kullanılır. Tek-Faz köprü bağlantısı iki tane yarım dalga bağlantısının seri bağlanmasından elde edilmiştir. (şekil 2.7 (b)) Şekil 2.7 (e)'de dalga şekilleri görülmektedir. Yük akımı süreklidir. Bir periyot içerisinde iki tekrar söz konusu olduğundan bu bağlantı şekli de iki darbelidir.Diyot ve besleme devresinin akım dalga şekilleri yarım dalga bağlantısıyla (şekil 2.5) aynıdır.

### 2.5.2 Tam Kontrollü :

Şekil 2.7'deki devrede diyotlar yerine tristör kullanılırsa tam kontrollü köprü devresi elde edilir. Tristörler tetiklenene kadar iletim söz konusu olmaz. Akımın geçebilmesi için şekil 2.8'deki devrede  $T_1$  ve  $T_2$ ,  $T_3$  ve  $T_4$  grup halinde her yarı periyotta aynı anda tetiklenmelidir. Bunu sağlamak için de  $T_1$  ve  $T_2$  aynı devreyle tetiklenir.



Şekil 2.9 Tetiklemeler



Şekil 2.8 Tam kontrollü köprü devresi

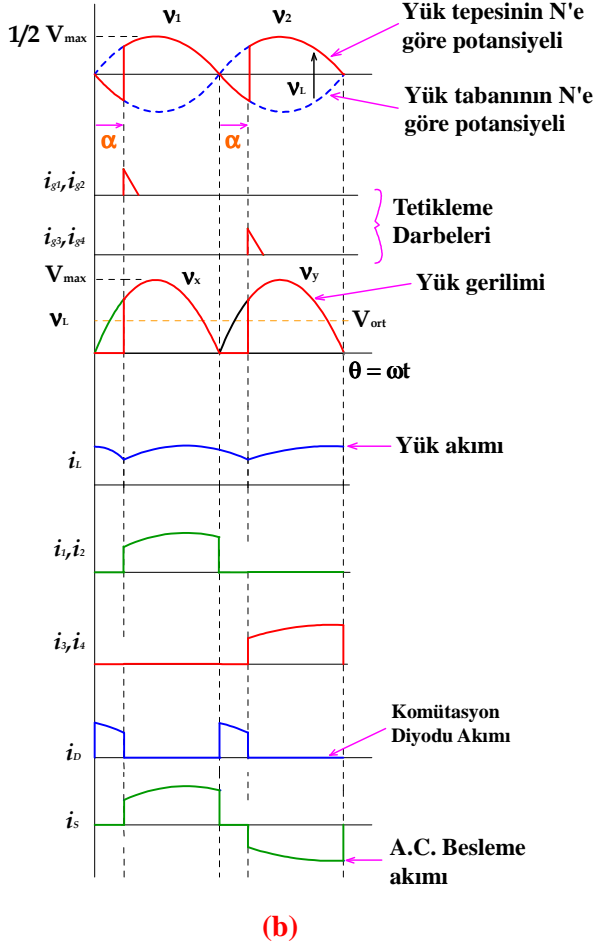
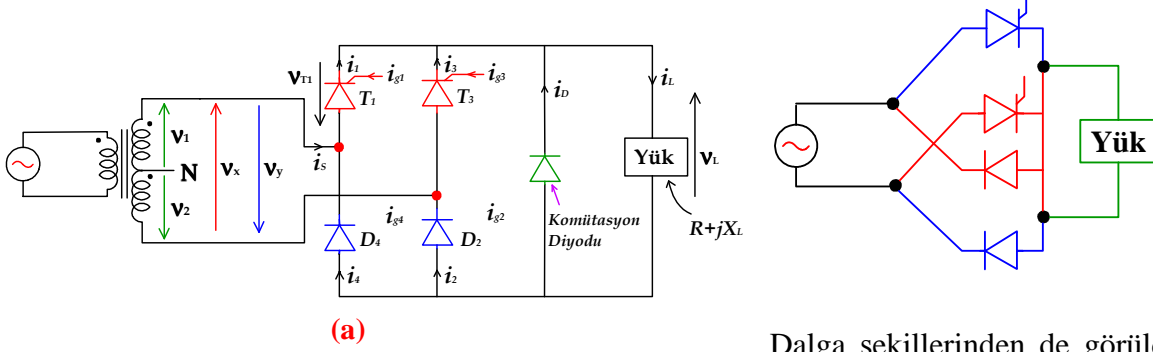
Tetikleme darbeleri şekil 2.9'da görüldüğü gibi izolasyon trafosu aracılığıyla yapılır. Yük gerilimi iki fazlı yarı dalga bağlantıyla aynıdır. Ortalama değeri ;

$$V_{ort} = \frac{2V_{max}}{\pi} \cos \alpha \text{ 'dır.}$$

Ancak devredeki iki tristörün gerilim düşümleri dahil edilmemiştir ve yük akımının sürekli olduğu kabul edilmiştir.

### 2.5.3 Yarı Kontrollü :

Şekil 2.10 (a)'daki yarı kontrollü bağlantıda görüldüğü gibi, iki tristör ve iki diyot kullanarak ortalama DC gerilimi kontrol etmek mümkündür. Şekildeki tam dalga bağlantısı aslında iki yarım dalga devresinin eklenmesinden oluşmuştur. Yüke giren akım tristörlerden geçerken dönüş yolu da diyotlarla sağlanmaktadır. Önceki konuda olduğu gibi bir N (besleme nötrü) noktası tanımlayarak ve yük uçlarının bu noktaya olan potansiyel değişimlerini inceleyerek dalga şekillerini elde edebiliriz.



Şekil 2.10 Yarı kontrollü tek fazlı köprü

Dalga şekillerinden de görüldüğü gibi yük gerilimi asla negatif olmaz. Gecikme açısı  $\alpha = 180^0$  olunca ortalama gerilim sıfıra düşer. Komütasyon diyodu hem yük geriliminin negatif olmasını önler, hem de endüktif olma durumu için yük akımını üzerine alır. Şebeke geriliminin sıfırdan geçtiği ve  $T_1$  iletimde olduğu bir durumda dönüş akımı  $D_2$  üzerinden şebekeye dönmektedir.  $T_3$  tristörü  $\alpha$  kadar tetiklenmeyeceğinden bu süre zarfında yükün endüktif akımı  $T_1$  ve  $D_4$  üzerinden akmak isteyecek ve  $D_2$  akımını  $D_4$ 'e devredecektir Aynı zamanda komütasyon diyodu da yük akımını üzerine

alacağından  $T_1$  tristörü sönecektir.

Tam kontrollünün aksine yarı kontrollü bağlantısında komütasyon diyodu sebebiyle AC akımda sıfır seviyeye düşme gözlenecektir. Yük geriliminin ortalama değeri ;

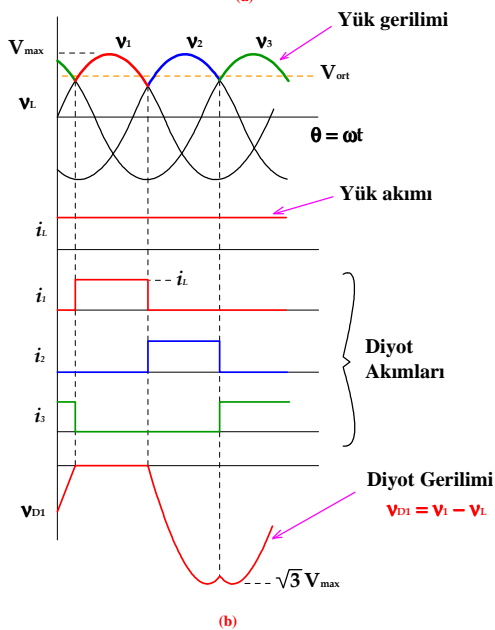
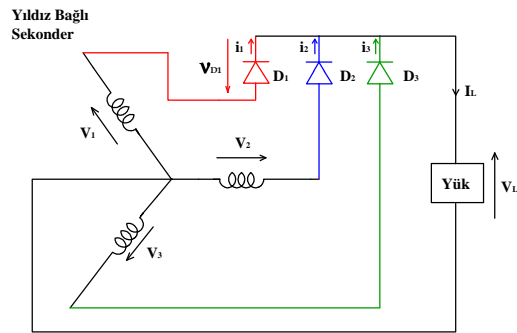
$$V_{ort} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_{max} \sin \theta d\theta = \frac{V_{max}}{\pi} (1 + \cos \alpha) \text{ olur.}$$

Yarı kontrollü devre, tam kontrollüye göre daha ucuzdur, ancak AC besleme akımı daha çok harmonik içerir. Ayrıca yarı kontrollüde ortalama gerilim negatif değer alamaz.

## 2.6 Üç Faz Yarı Dalgı (Tek Yollu) Devre :

Üç faz yarı dalgı bağlantısı çok fazlı doğrultucu devrelerinin temel elemanıdır. Ancak, besleme trafosunun sekonderinin zig-zag bağlanması gerektiğinden kullanım alanı sınırlıdır. Anlatım kolaylığı bakımından burada yıldız bağı olduğu kabul edilecektir.

Çok fazlı bağlantılarıyla DC dalgı şeklindeki dalgalanmalar daha azdır. Ayrıca endüktansı büyük güçlü yükler beslenebilir. Yük akımı dalgalanmanın azlığı nedeniyle sürekli ve sabit değeri kabul edilebilir.



Şekil 2.12 3-fazlı Yarı Dalgı Devresi

Şekil 2.12’de her faz bir diyot aracılığıyla yüke bağlanmıştır. Yük çıkışı ise sekonder sargının nört ucuyla irtibatlandırılmıştır. Herhangi bir anda sadece bir diyot iletimdedir. Şekil 2.12 (b)’deki dalgı şekillerinden de anlaşılacağı gibi,  $V_1$  gerilimi diğer sargı gerilimlerine göre daha büyük iken  $D_1$  iletimdedir.  $V_2$  gerilimi  $V_1$ ’den büyük olur olmaz  $D_1$  diyodu akımını  $D_2$ ’ye devreder. DC gerilimin ani değeri  $V_{max}$  ile  $1/2 V_{max}$  arasında değışirken 1 periyotta 3 dalgalanma görülür. Yani bu devre üç darbeli karaktere sahiptir.

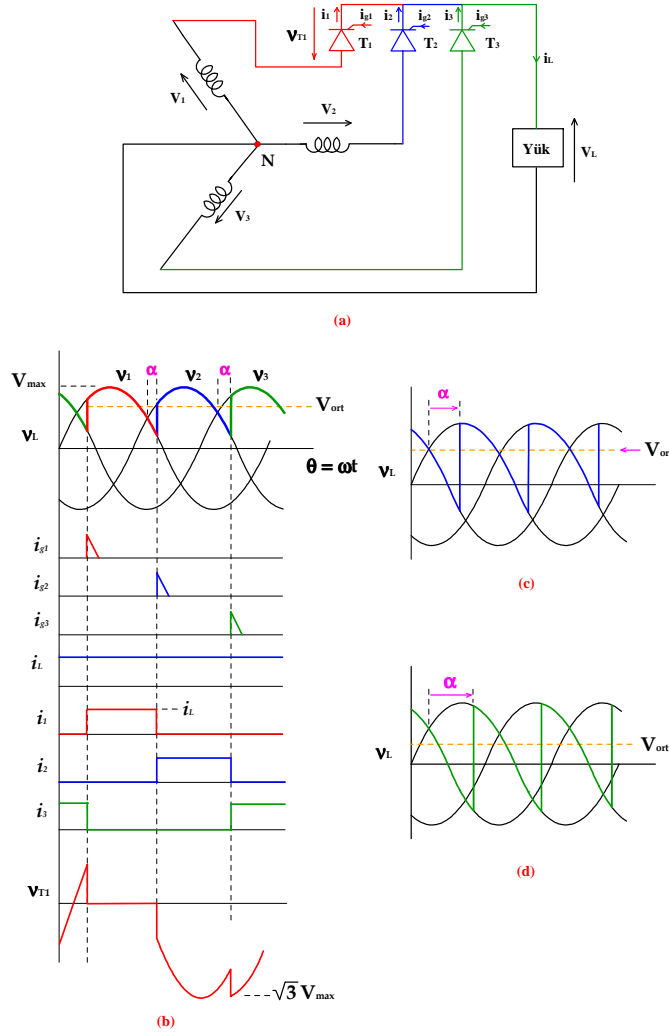
Ortalama Gerilim :

$$V_{ort} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} V_{max} \sin \theta d\theta = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{max} \text{ 'dır.}$$

Yük akımı sabit kabul edilirse, her bir diyot bir periyodun üçte birinde iletimde olacağından RMS değeri  $I_{RMS} = I_L / \sqrt{3}$  olur. Diyotların maruz kalacağı gerilim  $\sqrt{3}V_{max}$  'dır.



Yani fazlar arası gerilim kadardır. Aynı devrede diyot yerine tristör kullanılarak tam kontrollü bağlantı elde edebiliriz.  $\alpha$  tetikleme açısı  $120^\circ$  farkla her faz tristörüne uygulanarak  $V_{ort}$  ayarlanabilir.  $\alpha = 0$  için  $V_{ort}$  en yüksek değerindedir.(diyot durumu)  $\alpha$ 'nın başlangıcı iki faz



Şekil 2.14 3~lı Yarım Dalga Kontrollü Devre

## 2.7 Altı Fazlı Yarım Dalga (Tek Yollu) Devre :

Bu devre 3~lı yarım dalga bağlantısının bir uzantısıdır. Her bir tristör bir periyodun altıda biri iletimdedir. Diyot durumunda dalga şekli faz gerilimlerinin tepesi olup 6 darbelidir. Tristör bağlanırsa  $\alpha$  gecikme açısına bağlı olarak ortalama gerilim :

$$V_{ort} = \frac{1}{2\pi/6} \int_{(\pi/3)+\alpha}^{(2\pi/3)+\alpha} V_{max} \sin \theta d\theta = \frac{3}{\pi} V_{max} \cos \alpha \text{ 'dır.}$$

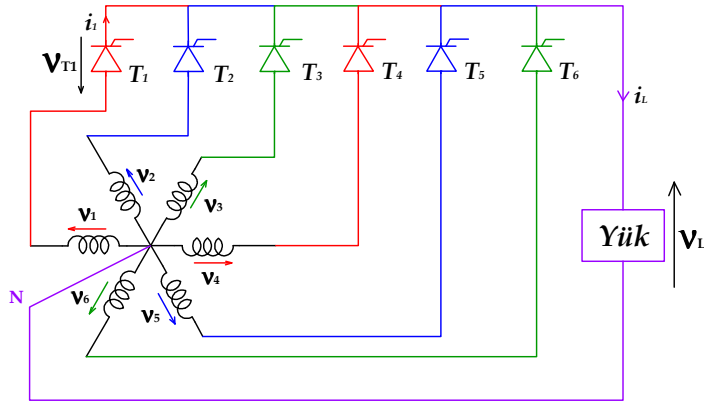
geriliminin kesiştiği noktadadır. (faz geriliminin 0'dan geçişi değil) Bu bağlantı sebebiyle gerilim dalgalanması artmıştır (yine de 3 darbelidir) Ancak akım şekilleri aynı kalmıştır, sadece  $\alpha$  kadar ötelenmişlerdir. Şekil 2.14 (c) ve (d)'deki dalga şekilleri incelenirse ;

$\alpha > 30^\circ$  'den itibaren negatif ani değerler aldığı görülür.

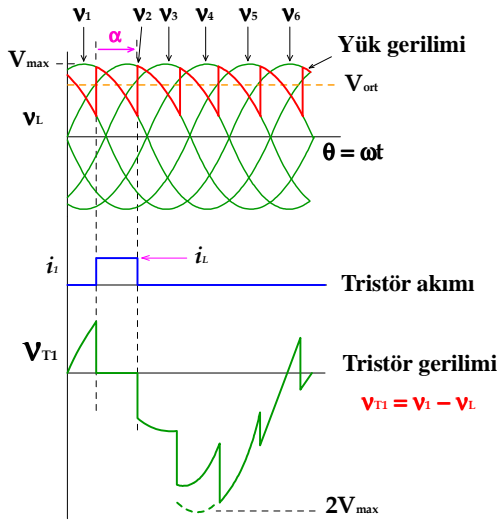
Gerilim ortalama değeri :

$$V_{ort} = \frac{1}{2\pi/3} \int_{(\pi/6)+\alpha}^{(5\pi/6)+\alpha} V_{max} \sin \theta d\theta = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{max} \cos \alpha$$

olup tetikleme açısı  $\alpha$ 'nın cosinüsüne bağlıdır.  $\alpha = 90^\circ$  'de ortalama değer sıfır olur. Sıfıra yaklaştıkça DC gerilim dalgalanması artacağından yük akımının sürekliliği kabulü azalacaktır.



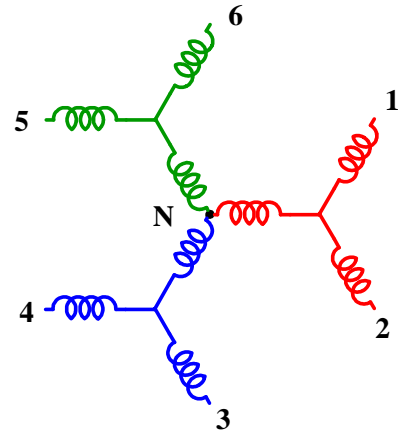
(a)



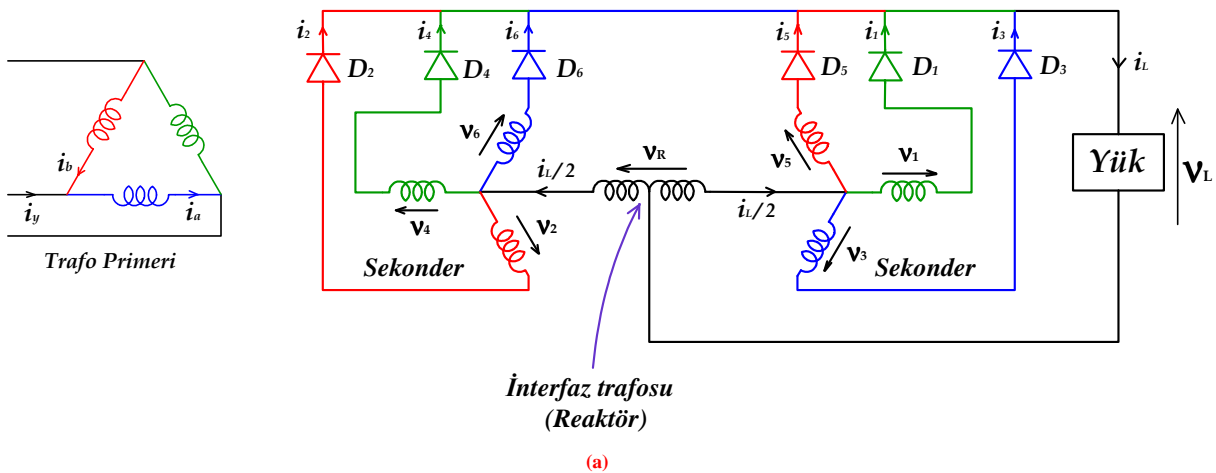
(b)

Şekil 2.15 6 Faz Yarım Dalga Devresi

Tristör geriliminin dalga şekli  $V_{PRV}$ ,  $V_{PPV}$  'nin  $2V_{max}$  olduğu görülür. Yarı iletken eleman sadece 1/6 periyot iletimde olabileceğinden verimsiz kullanılmış olur ve  $I_{RMS} = I_L / \sqrt{6}$  'dır. ( $I_L$  sabit) Şekil 2.15'deki basit yıldız bağlantı AC primer sargıda büyük 3. harmonik oluşturacağından bunun yerine şekil 2.16'daki "fark bağlantısı" ya da şekil 2.17'deki "çift-yıldız bağlantısı" kullanılır.



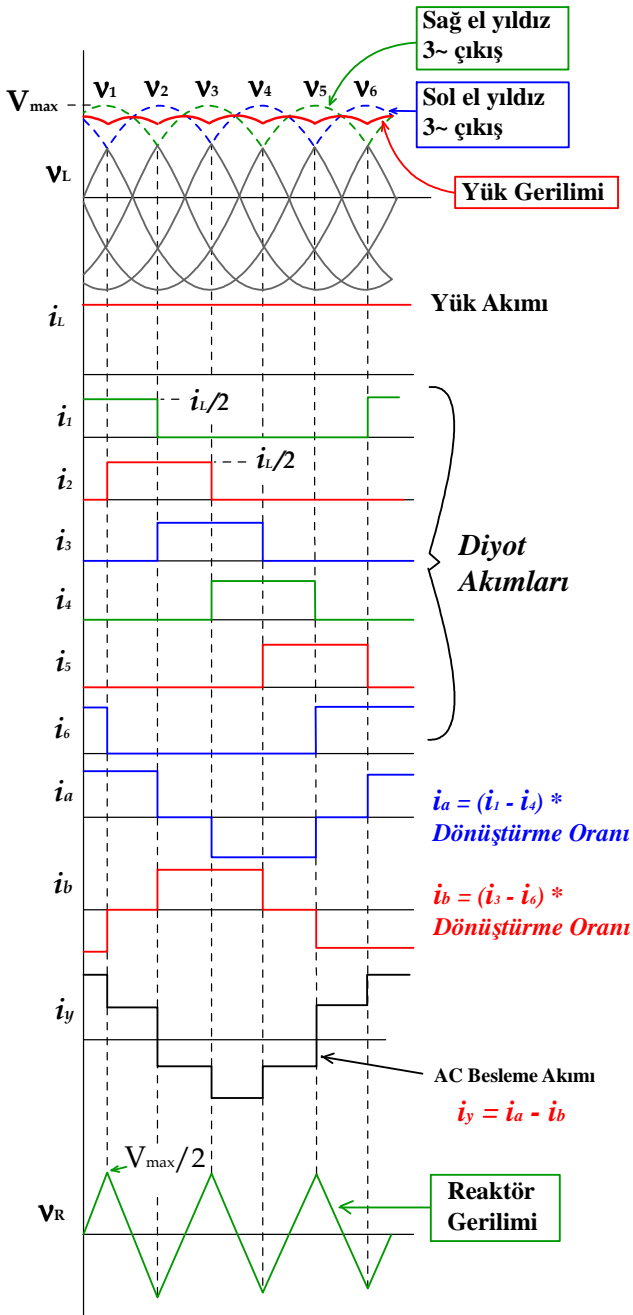
Şekil 2.16 6 Faz Fork Bağlantısı



(a)

Şekil 2.17 Çift - Yıldız 6 Faz Yarım Dalga Devresi

Çift yıldız bağlantısı : İki bağımsız 3 fazlı yarım dalga devresinin 6 darbeli çıkış vermek üzere paralel çalışmasından ibarettir. Her bir yıldız grubu birbirine  $180^\circ$  faz farkıyla beslenir. Eğer yıldız noktalı interfaz trafosu yerine doğrudan irtibatlandırılırsaydı, basit 6~ yıldız bağlantı yapılmış olurdu. İnterfaz trafosu aslında bir reaktördür ve yük akımının dönüşü reaktörün orta ucuna yapılmaktadır.



**Şekil 2.17 (b) Dalga Şekilleri**

gerilim indüklenebilmesi için bir mıknatıslama akımına ihtiyaç vardır. Bu da yük akımıdır. Yük akımı değeri bu mıknatıslama akımı değerinden az ise aralarında gerilim indüklenmeyeceğinden reaktör yok gibidir, yani iki yıldız noktası birleşmiş gibidir. Devre

Şekil 2.17(b)'deki dalga şekilleri incelendiğinde her bir yıldız grubuna ait 2 adet 3-darbeli dalga şekli görülür. Reaktör ; bu iki yıldız grubun, yıldız noktaları arasındaki gerilim farkı nedeniyle aynı anda iletimde olmasını sağlar ve yük geriliminin değişimi bu iki grup dalga şekillerinin orta yollarını takip eder. Böylece yük geriliminin ulaşabileceği max ani değer sekonder sargı

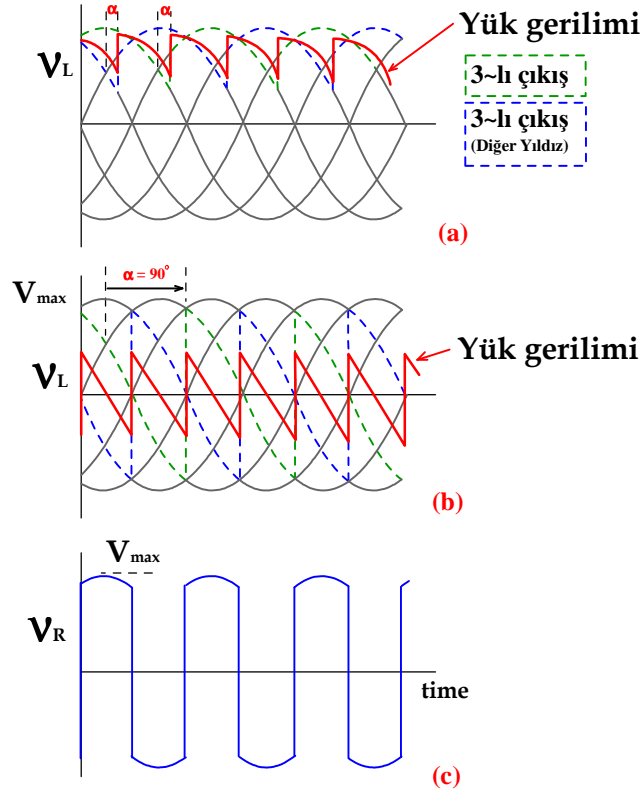
max değerinden küçük olur :  $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)V_{max}$

Diyot kullanılmama durumu için ortalama gerilim sadece bir yıldız grubun dalga şeklinden veya doğrudan yük gerilimi dalga şeklinden elde edilebilir :

$V_{ort} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{max}$  İki grupta birbirinden

bağımsız olduğundan her bir diyot 1/3 periyot iletimde kalır ve 1/2 yük akımı taşır. Bu devrenin AC besleme akımı sinüsoidale daha yakındır. Şekil 2.17 (b)'deki reaktör gerilimi  $V_R$ , iki yıldız grubu gerilimleri arasındaki farktır. Yaklaşık üçgen şekli vardır ve max değeri, faz gerilimi max değerinin yarısına eşittir. Reaktör uçlarında

yıldız bağlı 6~lı devreye dönüşmüş olur. Bunu önlemek için doğrultucu uçlarına küçük değerli daimi bir yük bağlı bulundurulur. Reaktörün görevini yerine getirmediği durumda devre 6~lı devre gibi davrandığından diyotlar  $2V_{max}$  'a dayanacak şekilde seçilir.

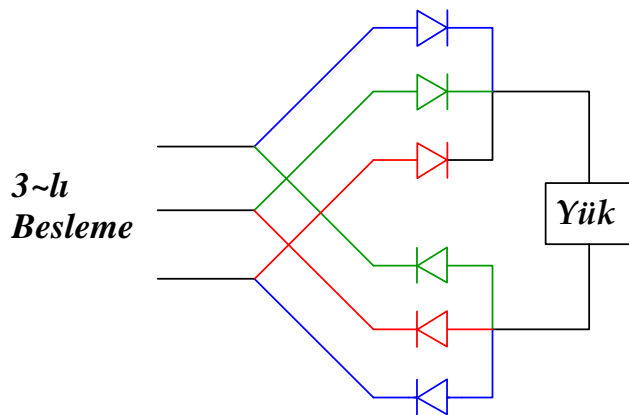


**Şekil 2.19** *Kontrollü Çift Yıldız Devre*

Diyot yerine tristör kullanılırsa tam kontrollü çift-yıldız devresi elde edilir. Şekil 2.19(a)'da  $\alpha$  açısının küçük olması hali için dalga şekilleri görülmektedir. Yük gerilimi yine iki yıldız grup gerilimleri arasında orta yolu takip ederken, gerilim ortalama değeri yük akımının sürekli olması durumu için  $\cos\alpha$  ile orantılı olacaktır.  $\alpha = 90^\circ$  olduğunda  $V_{ort} = 0$ 'dır ve yük gerilimi dalga şekli 2.19 (b)'deki gibidir. Bu durumda interfaz trafosunun gerilim değişimi kareye benzer. Reaktördeki akı değişimi bu gerilim değişiminin altında kalan alanla orantılıdır. Bu alan diyot devresindeki üçgene göre 3 kat fazla olduğundan akı değişimi 3 kat fazla olacaktır. Bu nedenle

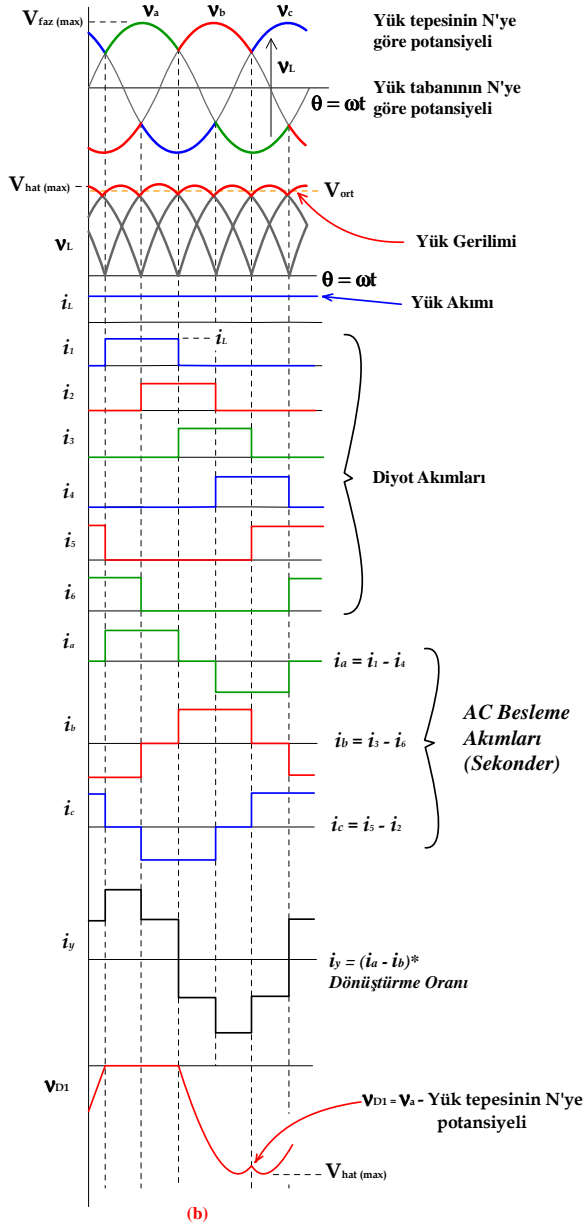
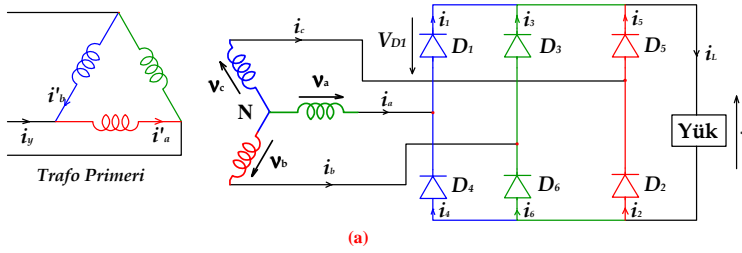
tam kontrollü devrede kullanılacak interfaz trafosu fiziksel olarak 3 kat büyük olacaktır.

### 2.8 3 Faz Köprü (Çift-Yollu) Devresi :



**Şekil 2.20** *3~ Tam Dalga Devresi*

3 faz köprü (tam dalga) devresi şekil 2.20'de görülmektedir. Yük bir adet 3~lı yarım dalga bağlantısıyla beslenirken dönüş yine diğer bir 3~lı yarım dalga bağlantısıyla sağlanmaktadır. Nötr bağlantısına gerek yoktur. Aslında şekil 2.21'deki bağlantı daha uygundur.



**Şekil 2.21 Üç Faz Köprü Devresi**

görülmektedir. Dalga şekilleri küçük bir  $\alpha$  değeri için çizilmiştir.

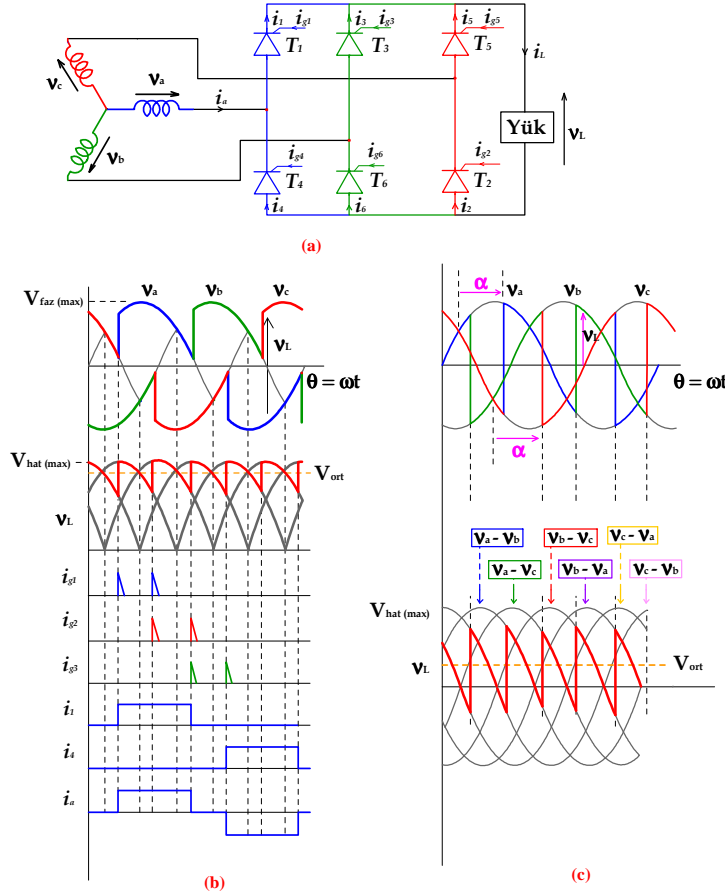
Şekil 2.21 (b)'deki dalga şekilleri incelenirse; yük geriliminin, yükün üst noktası ile alt noktasının yıldız noktasına potansiyelleri arasındaki fark olduğu görülür. Maksimum değeri, fazlar arası (hat) geriliminin max değerine eşittir. Devre 6 darbelidir.  $V_{HAT} = \sqrt{3}V_{FAZ}$

Şekil 2.21 (a)'daki trafonun sekonderi yıldız bağlıdır, ancak üçgen bağlama da yapılabilir. Yıldız-Üçgen trafo kullanmanın sebebi 3. harmoniği azaltmaktır. Yük geriliminin ortalama değeri :

$$V_{ort} = 2 \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{FAZ(max)} = \frac{3}{\pi} V_{HAT(max)}$$

Aynı anda iki diyot iletimdedir, ancak bunların gerilim düşümü ihmal edilmiştir. Diyotlar 1/3 periyot ( $120^\circ$ ) boyunca yük akımının tamamını iletirler. AC besleme akımı simetrik olmasına rağmen basamaklı yapıdadır. Ancak, dalga şekli 1~lı köprü devresine göre daha sinüsoidaldir.

Diyot yerine 6 adet tristör kullanılarak 3~lı köprü devresi tam kontrollü yapılabilir. Dolayısıyla ortalama gerilim  $\alpha$ 'ya bağlı olarak ayarlanabilir. Bu devre şekil 2.22'de



Şekil 2.22 Tam kontrollü 3~ lı köprü devresi

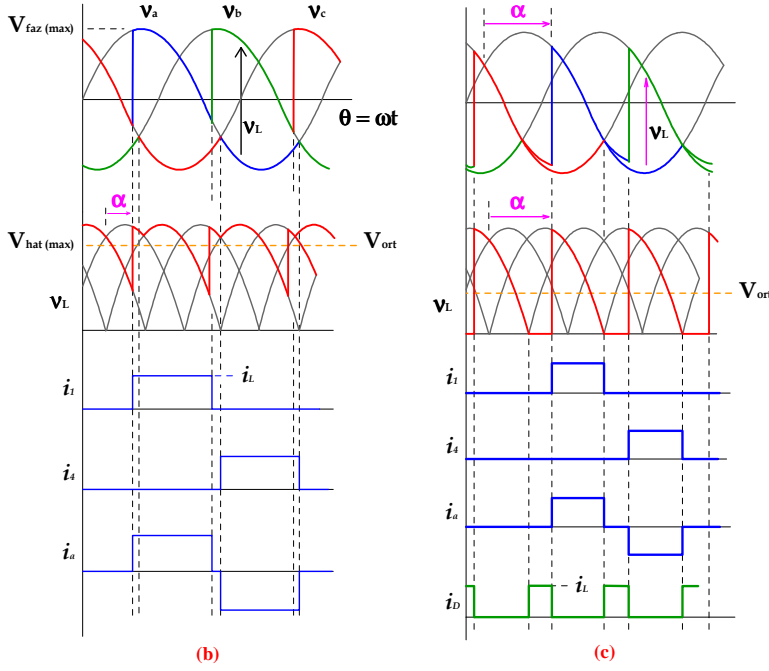
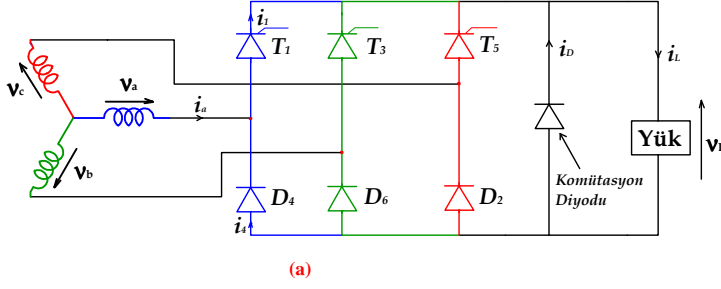
gibi diğer tristör iletme alınırken bu tristöre yine tetikleme uygulanması zorunluluğu vardır. Bu sebeple başlangıçta her bir tristöre iki kez (fakat belirli aralıklarla) tetikleme uygulanır. Çalışma düzene kavuşunca bu uygulamaya gerek kalmaz, ancak devam edilmesi de sakınca oluşturmaz.

Tetikleme gecikmesi artarsa (şekil 2.22 (c)) 3 darbeleri iki dalga şekli çizerek yük geriliminin dalga şekli değişimini anlamak güçleşir. Bu sebeple faz geriliminin farkından oluşan 6 hat gerilimleri ile dalga şekli elde edilebilir. Yük geriliminin ortalama değeri :

$$V_{ort} = \frac{3}{\pi} V_{HAT(max)} \cos \alpha \text{ 'dır. (İki adet seri tristör gerilim düşümü ihmal edilirse) 6 tristör yerine}$$

3 tristör ve 3 diyot kullanılarak ve 3~ lı yarı dalga bağlantısı yaparak yük gerilimi kontrol edilebilir. 1~ lı yarı dalga bağlantısında olduğu gibi komütasyon diyonu kullanılarak şekil 2.23 (a)'daki devre edilir. Gerilim dalga şekilleri incelendiğinde; iki adet 3 darbeleri dalganın üstte olanı küçük tetikleme darbesi gecikmeli olduğu, diğerinin ise diyot durumu dalga şekli olduğu gözlenir. Aradaki fark yük gerilimi  $V_2$  'yi verir. Bu durumda dalga şekli 3 darbeleri olup tam kontrollüye göre daha fazla harmonik içerir.

Şekil 2.22'de küçük bir  $\alpha$  gecikme açısının uygulandığı tam kontrollü 3~ lı köprü devresi görülmektedir. 6 darbeleri yük gerilimi dalga şeklini oluşturmak için iki 3 darbeleri bağlantı bir araya getirilmiştir. Akım dalga şekilleri diyot çalışma durumuna benzer; ancak,  $\alpha$  açısı kadar geciktirilmişlerdir. Bu köprü devresinde diğer devrelerde rastlanmayan bir problem söz konusudur. Devrenin ilk çalıştırılması sırasında iki tane tristör aynı anda iletimde olması gerekeceğinden iki tetikleme bir tristöre yapıldıktan bir müddet sonra şekil 2.22 (b)'de görüldüğü



Şekil 2.23 3~ lı yarı kontrollü köprü devresi

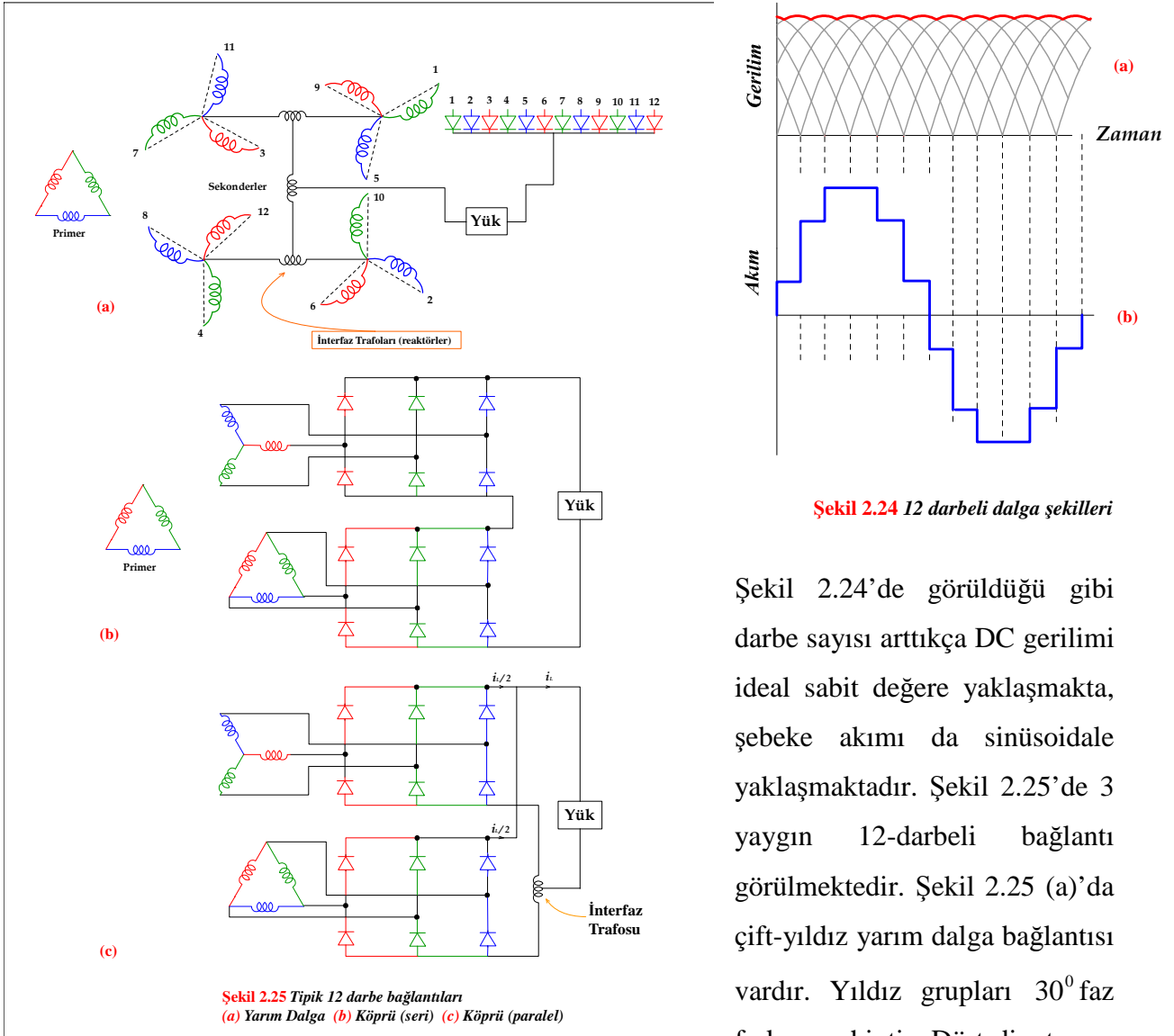
Akım dalga şekilleri incelendiğinde ise  $T_1$  tristörü akımının gerilimine göre geciktirilmiş, ancak devreyi tamamlayan  $D_4$  diyodunun akımının ise gerilimi ile aynı fazda olduğu görülür. Bu nedenle  $i_a$  şebeke akımında simetrisizlik oluşacaktır. Bu da çift harmoniklerin oluşması demektir. Tetikleme açısını  $90^\circ$  den büyük olduğu durumlarda üst dalga formu alt dalga formuna göre daha negatif olur. Bu durumda yük gerilimi dalga şekli değeri sıfır olan bölgeler içerir. Sıfır bölgelerde yük akımı komütasyon diyodu üzerine alır.

$\alpha = 180^\circ$  için yük gerilimi ortalama değeri sıfırdır. Yük geriliminin ortalama değeri:

$$V_{ort} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{FAZ(max)} (1 + \cos \alpha) = \frac{3}{2\pi} V_{HAT(max)} (\cos \alpha) \text{ 'dır. Tam kontrollü devreyle}$$

karşılaştırıldığında ; Yarı kontrollü devresi daha ucuz, başlangıç çalıştırma problemleri olmayan, fakat yük gerilimi ve besleme akımında daha çok harmonik oluşturan bir devredir.

## 2.9 12 Darbe Devreleri :



Şekil 2.24 12 darbeli dalga şekilleri

Şekil 2.24’de görüldüğü gibi darbe sayısı arttıkça DC gerilimi ideal sabit değere yaklaşmakta, şebeke akımı da sinüsoide yaklaşmaktadır. Şekil 2.25’de 3 yaygın 12-darbeli bağlantı görülmektedir. Şekil 2.25 (a)’da çift-yıldız yarım dalga bağlantısı vardır. Yıldız grupları  $30^0$  faz farkına sahiptir. Dört diyot aynı

anda iletimdedir. Şekil 2.25 (b) ve (c)’de tam dalga bağlantıları 2 adet 3~lı köprü devresinin çıkışlarının seri veya paralel balanmasından elde edilmiştir. Bu iki bağlantıda da trafo biri üçgen diğeri yıldız bağlı olmak üzere iki adet sekonder sargısına sahiptir. Bu sebeple iki köprü devresini besleyen gerilimler arasında  $30^0$  faz farkı vardır. Şekil 2.25(b)’deki bağlantı yüksek gerilim eldesi için kullanılır. Diyot seçimi bulunduğu köprü devresinin değeri dikkate alınarak yapılır. Yüksek akım gerektiren uygulamalarda şekil 2.25(c) tercih edilebilir. Bu 12 darbeli bağlantıda olduğu gibi 3 faz blokları kullanılarak daha yüksek darbeli bağlantılar yapılabilir. Şekil 2.25’deki devrelerde tristör veya tristör-diyot kombinasyonları kullanılarak tam veya kısmi kontrollü devreler oluşturulabilir.



## 2.10 Besleme Trafosunun Boyutlandırılması :

Doğrultucu devrelerinin besleme trafoları nonsinüsoidal akım taşırlar ve sekonder sargıları trafo çekirdeğinin farklı ayarlarına bağlanabilir. Bu nedenle trafo boyutlandırılmasında bu faktörler dikkate alınmalıdır. Trafo sargılarının boyutlandırılması : Sargı sayısı, RMS gerilim değeri ve RMS akım değerinin çarpımıyla belirlenir. Primer sayısının boyutları sekonder sargıdan farklı olabilir ; Özellikle yarım dalga devrelerinde, akım dalga şeklinin daha iyi olması ve farklı ayaklarla irtibatlı sargılardan oluşmuş fazların olması sebebiyle böyledir. Fork bağlantısında sekonder sargı primer sargıdan daha büyük boyutludur.

İki faz, interkonnekte yıldız veya çift-yıldız sekonder sargılarında olduğu gibi ; İki veya daha fazla sekonder sargının bir tek primer sargıyla irtibatlı olduğu trafolarında; sargı dizaynında, sargılar arası ortalama mesafenin aynı olması sağlanmalıdır. Sekonderler bu sebeple bölümlendirilir ve aynı boşluğu verecek şekilde karşılıklı irtibatlandırılırlar. Böylece primer ve sekonder sargılar arasında kaçak akı aynı olur. Her bir sekonder sayısı primerle aynı uzunlukta olmalıdır, böylece magneto motor kuvvet dengesi sağlanır. Aksi takdirde aşırı mekanik zorlamalar söz konusu olur.

## 2.11 ÖZET :

Bu bölümde birkaç doğrultucu devresi anlatılmıştır. Böylelikle verilen bir uygulamada doğru seçimi yapabilmek için değişik devreler üzerine karşılaştırma yapma imkanı sağlanmıştır.

Bir düşük gerilimli yük için (mesela 100V), gerilim değerleri diyot ve tristör etiket değeri açısından önemli bir gerilim stresi oluşturmayacaktır. Ancak bu gerilim seviyesinde; yarım dalga bağlantısındaki bir diyot gerilim düşümü ile tam dalga bağlantısındaki iki diyot gerilim düşümü önemli olacaktır. Ayrıca yarım dalga bağlantısında daha az güç kaybı söz konusudur.

Bir yüksek gerilimli yük için (mesela 2kV) köprü devresi tercih edilmelidir. Çünkü yarım dalga devresinde diyot ya da tristör etiket değeri daha büyük seçilecektir. Yüksek gerilim seviyesinde köprü devresinin iki diyot gerilim düşümü önemsiz kalacaktır.

Orta gerilim seviyesinde karmaşık trafo dizaynları kullanarak maliyet düşüncesiyle yarım dalga bağlantısı düşünülebilir.

1~lı devreler için düşük güç uygulamaları söz konusudur. (15kW) Çünkü beslemeden çekilecek akımın gürültü oranı sınırlandırılır. Ek olarak daha büyük yüklerin üç fazda beslenmesi için sebepler vardır.

Ortalama gerilimin ters çevrilmesi istenen yerlerde tam kontrollü bağlantısı kullanılmalıdır. Bu gerekmiyorsa yarı kontrollü kullanmak daha ucuzdur, ancak akım ve

gerilim dalga şekillerindeki büyük gürültüler sebebiyle kullanımlarında teknik sınırlamalar getirilmiştir.