YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

GÜÇ ELEKTRONİĞİ 2

2017-2018 DERS NOTU

YAZAN: MERT ÖZGEL

www.ytukampus.com

Sürme Devreleri

SCR
- Yarı kontrollüdür. (Kesim kontrolsüz)
- Tam iletim ve tam kesimde çalışır.
- AC şebekeye bağlı doğrultucu (doğal komütasyonlu) ve AC kıyıcı devrelerinde kullanılır.
- Akım kontrollüdür.
- Doğal komütasyonludur.

BJT
- Tam kontrollü
- Tam iletimde veya doyumda çalışır.
- DC kıyıcı ve inverter devrelerinde kullanılır.
- Zorlamalı komütasyonludur.

MOSFET
- Tam kontrollü
- Tam iletimde veya doyumda çalışır.
- DC kıyıcı ve inverterlerde kullanılır.
- Zorlamalı komütasyonludur.

Mert Özgel

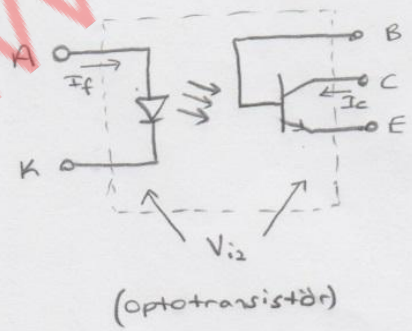
Sürme Devreleri: Sinyali gerilim olarak değiştirme, akım sinyaline dönüştürme, güçlendirme, hızlandırma, izole etme gibi işlemleri gerçekleştirir.

Sinyal İzolasyonu: Sinyalin sağlıklı bir şekilde ilgili elemanın giriş uçlarına ulaşmasını kısa devre ve bozulmaların olusmamasını sağlar.

İzolasyon işlemi optik bağlayıcı veya manyetik bağlayıcı vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Optik Bağlayıcı: (Diyot) Led + ışık etkili eleman. Örnek olarak; opto transistör, opto darlington, opto tristör ve opto triyak.

$a = I_c/I_f$ — a: Opto transistörün akım kazancı, I_c: Transistörün kollektör akımı, I_f: Diyodun iletim akımı



(optotransistör)

Manyetik Bağlayıcı: Primer ve sekonder sargıdan oluşan küçük transformatördür.

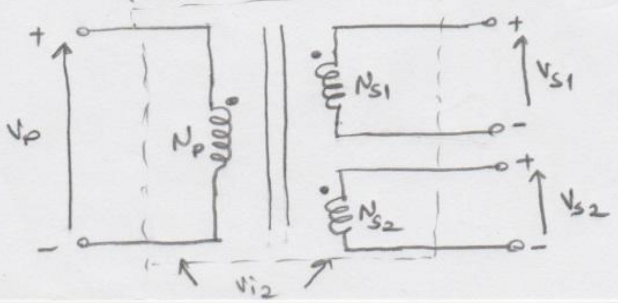
(Darbe transformatörü)

$a = V_p/V_s$

V_p: Primer gerilimi

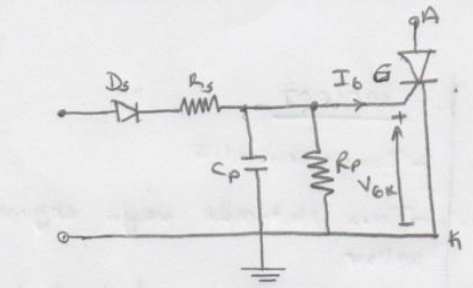
V_s: Sekonder gerilimi

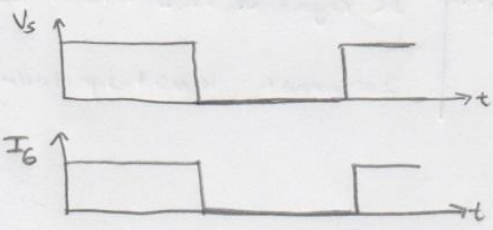
a: Gerilim dönüştürme oranı



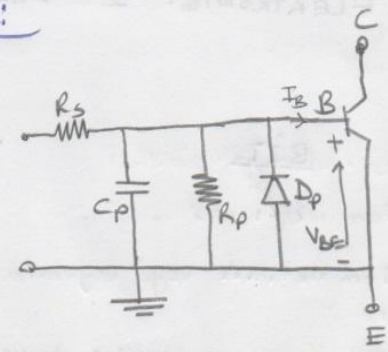
www.yildizkampus.com

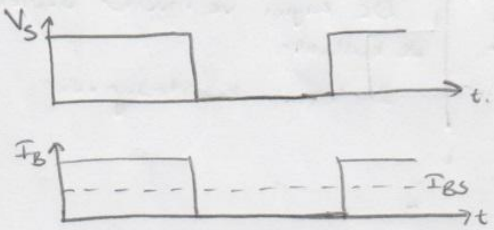
Temel Sürme Devreleri





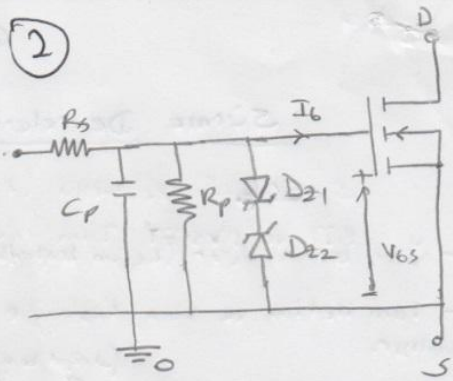
(SCR)

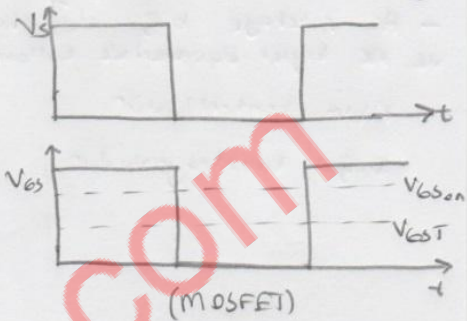




(BJT)

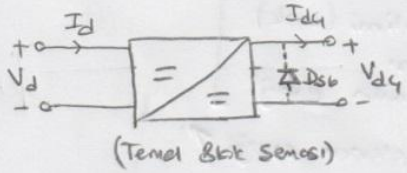
(2)





(MOSFET)

www.ytukampus.com



(Temel Blok Şeması)

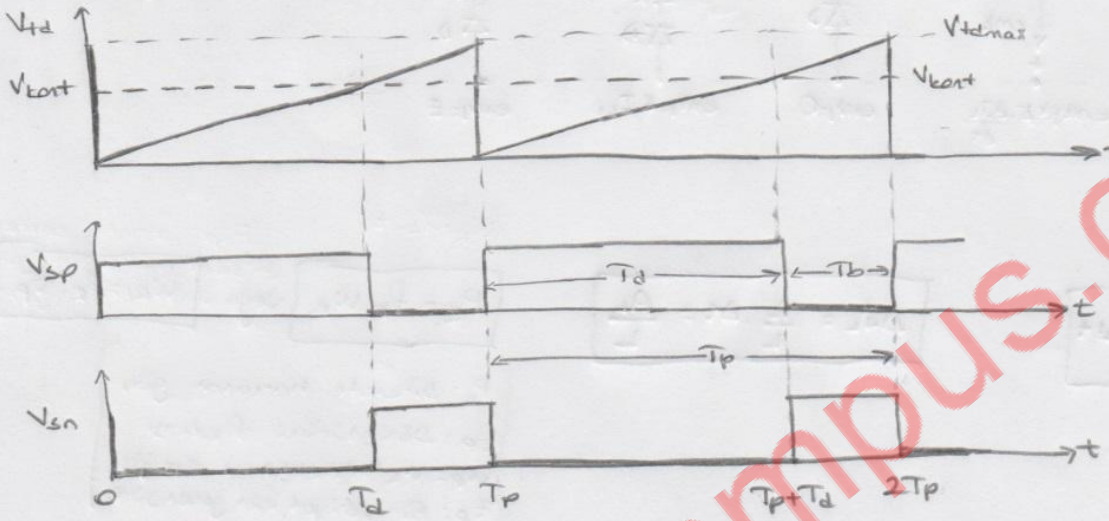
Uygulama Alanları

DC motor kontrolü
DC kaynak makineleri
DC gerilim kaynakları
Akümülatör şarjı

Temel Özellikleri

Zorlamalı komütasyonludur.
Tam kontrollü elemanla gerçekleştirilir.
DC-PWM yöntemiyle kontrol edilir.
DC gerilim üretilir.
DC çıkış gerilimlerinde dalgalanmalar oluşur.

Kontrol Yöntemi



(DC-PWM kontrol yöntemi)

DC-PWM kontrol yöntemi: DC-Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM-PWM)

Testere dişi sinyal ile kontrol gerilimi karşılaştırılarak, pozitif ve negatif iki sinyal üretilir.

$$\lambda = \frac{T_d}{T_p} = \frac{V_{kont}}{V_{tdmax}}$$

λ: Dolulук oranı
T_d: Darbe süresi
T_p: Periyot

$(0 < \lambda < 1)$

Dolulук oranı (λ): Kontrolü genellikle frekansın sabit tutulması ve darbe genişliğinin değiştirilmesiyle sağlanır. Buna (DGM-PWM) denir.

Bazende darbe genişliği sabit tutulup frekans değiştirerek kontrol sağlanır. Buna da Frekans modülü (FM) denir.

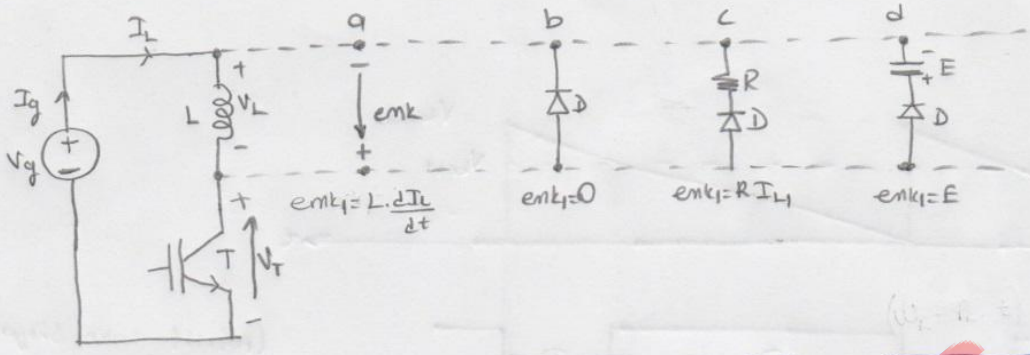
www.yildizkampus.com

Endüktansta Anahtarlama ve Enerji Aktarımı

$$V_L = L \cdot \frac{dI_L}{dt} \qquad W_L = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_L^2$$

V_L: endüktans gerilimi (emk)
I_L: " akımı
W_L: " depolanan enerji

Bir endüktansa pozitif gerilim uygularsan akım ↑, depolanan enerji ↑
negatif " " akım ↓, depolanan enerji ↓, emk üretir.



$$I_L = \frac{1}{L} \cdot \int V_L \cdot dt$$

$$\Delta I_L = \frac{V_L}{L} \cdot \Delta t = \frac{A_L}{L}$$

$$P_R = f_p \cdot W_R \quad \text{veya} \quad W_R = P_R \cdot t_p$$

P_R: Dirençte harcanan güç
f_p: Dönüştürücü frekansı
$W_e = W_L$: Endüktans enerjisi
t_p: Bir periyot için geçen süre

www.ytukampus.com

DÜŞÜRÜCÜ

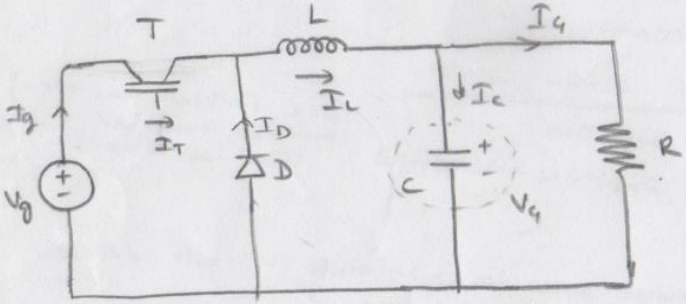
$$V_ç = \lambda \cdot V_g$$

$$I_g = \lambda \cdot I_ç$$

$$I_L = I_ç$$

$$\Delta I_L = \lambda \cdot (1-\lambda) \cdot \frac{V_g}{f_p \cdot L}$$

$$\Delta V_c = \frac{\Delta I_L}{8 f_p \cdot C}$$



$$I_ç = \begin{cases} > \Delta I_L/2 & | \text{ CCM} \\ = \Delta I_L/2 & | \text{ Sınırda} \\ < \Delta I_L/2 & | \text{ DCM} \end{cases}$$

YÜKSELTİCİ

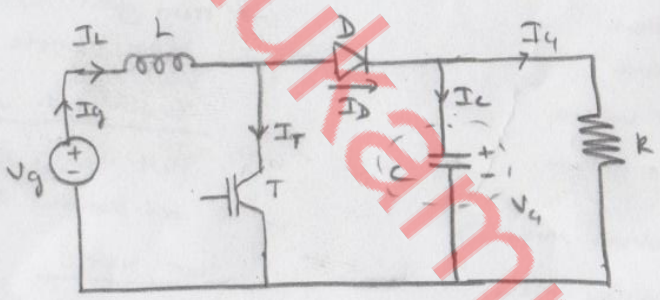
$$V_ç = \frac{1}{1-\lambda} \cdot V_g$$

$$I_g = \frac{1}{1-\lambda} \cdot I_ç$$

$$I_L = I_g$$

$$\Delta I_L = \lambda \cdot (1-\lambda) \cdot \frac{V_ç}{f_p \cdot L}$$

$$\Delta V_c = \frac{\lambda \cdot I_ç}{f_p \cdot C}$$



$$I_g = \begin{cases} > \Delta I_L/2 & | \text{ CCM} \\ = \Delta I_L/2 & | \text{ Sınırda} \\ < \Delta I_L/2 & | \text{ DCM} \end{cases}$$

DÜŞÜRÜCÜ - YÜKSELTİCİ

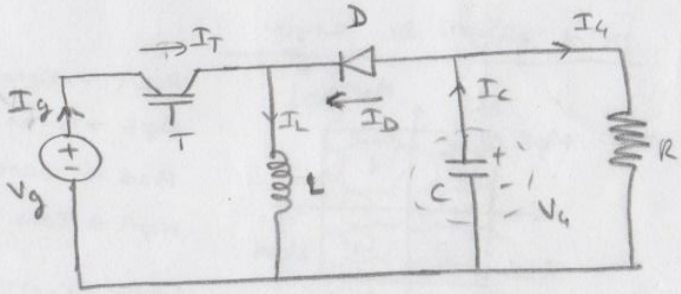
$$V_ç = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot V_g$$

$$I_g = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot I_ç$$

$$I_L = I_g + I_ç$$

$$\Delta I_L = \lambda \cdot (1-\lambda) \cdot \frac{V_g + V_ç}{f_p \cdot L}$$

$$\Delta V_c = \frac{\lambda \cdot I_ç}{f_p \cdot C}$$



$$I_ç + I_g = \begin{cases} > \Delta I_L/2 & | \text{ CCM} \\ = \Delta I_L/2 & | \text{ Sınırda} \\ < \Delta I_L/2 & | \text{ DCM} \end{cases}$$

www.yturkampus.com

Mert Özgel

Bir Bölgeli Dc Kıyıcı

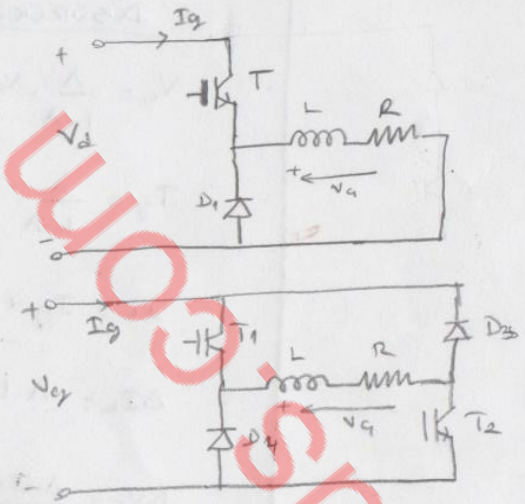
$$V_a = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_d} V_d \, dt$$

$$V_a = \lambda . V_d$$

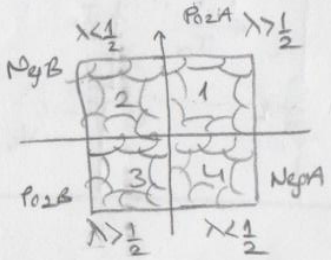
İki Bölgeli Dc Kıyıcı

$$V_a = \int_0^{T_d} V_d \, dt + \int_{T_d}^{T_p} (-V_d) \, dt$$

$$V_a = (2\lambda - 1) V_d$$



Dört Bölgeli Dc Kıyıcı



PozA → Motor Calisma
NegB → Fren Calisma
PozB → Generatör Calisma
NegA → Ters Fren Calisma

λ > 1/2 Redresör Calisma Modu
λ < 1/2 Negatif Calisma Modu

Yükseltici

$$V_g . T_d = V_a - V_g . T_b$$

$$V_a = \frac{1}{1-\lambda} . V_g$$

$$\Delta I_L = \lambda . (1-\lambda) . \frac{V_a}{f_p . L}$$

$$\Delta V_c = \frac{\lambda . I_a}{f_p . C}$$

I. aralık
Dc kaynak → endüktans ve yük

II. aralık
Endüktans → yükü besler

→ Endüktansın girişte olması nedeniyle giriş akımında dalgalanma azdır. Çıkış akımında dalgalanma yüksektir.
→ Bu devreler PWC amaçlıyla kullanılır.

Düşürücü - yükseltici

$$V_g . T_d = V_a . T_b$$

$$V_a = \frac{\lambda}{1-\lambda} . V_g$$

$$\Delta I_L = \lambda . (1-\lambda) . \frac{V_g + V_a}{f_p . L}$$

$$\Delta V_c = \frac{\lambda . I_a}{f_p . C}$$

I. aralık
Dc kaynak → endüktans
C → yükü

II. aralık
Endüktans → yükü

→ Hem giriş hem de çıkış akımındaki dalgalanmalar yüksektir.
Bu devre boşta çalıştırılamaz.

Endüktanslı ve izoleli DC-DC Dönüst.

İleri yönlü D. → Düşürücü
Geri Dönüslü D. → Düşürücü - Yükseltici

(Tek farkları bu elemanlarda trafo var (yani izoleli hali)

İleri Yönlü

→ İletim aralığında Dc kaynak gerilimin bir trafo ile izole edilerek endüktansa uygulanması olayıdır.

$$V_a = \lambda . \frac{V_g}{a}$$

Düşürücü

$$(V_g - V_a) . T_d = V_a . T_b$$

$$V_a = \lambda . V_g$$

$$\Delta I_L = \lambda . (1-\lambda) . \frac{V_a}{f_p . L}$$

$$\Delta V_c = \frac{\Delta I_L}{8 f_p . C}$$

I. Aralık
Dc kaynak → Endüktans ve yük

II. Aralık
Endüktans → yük

(Endüktans ters emk üretiyor)

→ Endüktans çıkışta olduğu için çıkış akımında dalgalanma azdır. Giriş akımında dalgalanma yüksektir.

Geri Dönüslü

$$V_a = \frac{\lambda}{1-\lambda} . \frac{V_g}{a}$$

$$I_g = \frac{\lambda}{1-\lambda} . \frac{I_a}{a}$$

$$I_{LP} = I_g + \frac{I_a}{a}$$

$$I_{LS} = a . I_g + I_a$$

$$I_T = I_g$$

$$I_D = I_a$$

$$V_T = V_g + a . V_a$$

$$V_D = \frac{V_g}{a} + V_a$$

$$\Delta I_{LS} = \lambda . (1-\lambda) . \frac{\frac{V_g}{a} + V_a}{f_p . L_S}$$

$$\Delta V_c = \frac{\lambda . I_a}{f_p . C}$$

Inverter Ara Devreli ve izoleli DC-DC Dönüst.

$$I_T = \lambda . I_L$$

$$I_D = (1-\lambda) I_L$$

$$V_L = L . \frac{dI_L}{dt}$$

www.yukyampus.com

Bir Bölgeli DC Kıyıcıda; RL ve R-L-E yüklü de;

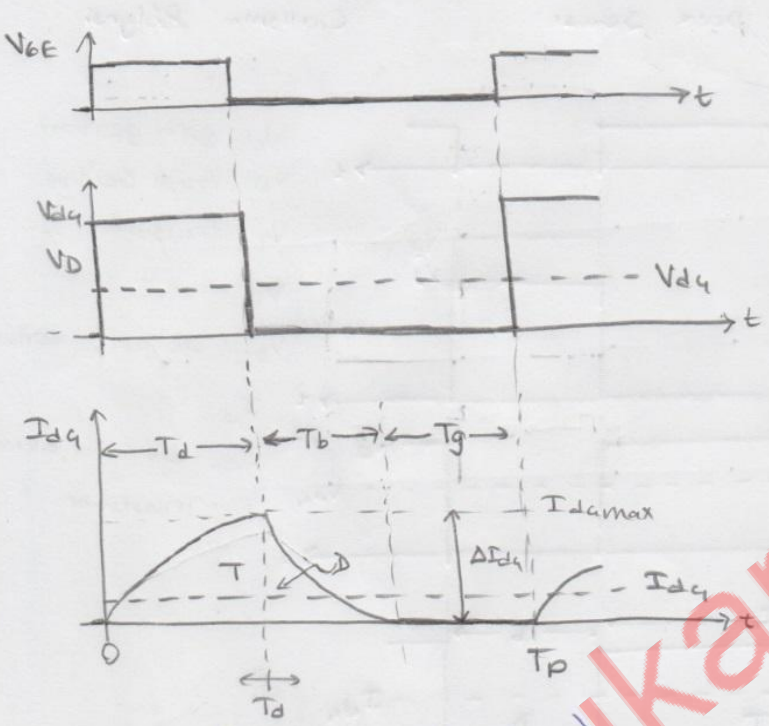
CCm Modu

Frekans ve endüktans'a göre çıkış akımı sürekli yani sıfır olmaz.

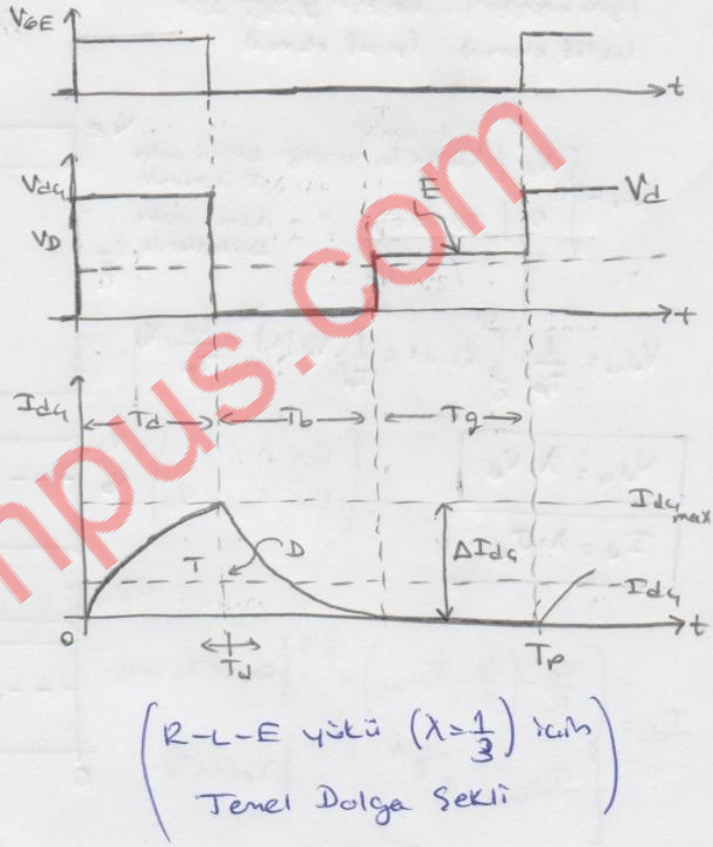
DCm modu

Frekans veya endüktans değerinin düşük olması durumunda yük akımında kesinti oluşur.

Kesintili Çalışma Durumlarda (DCm mod)



(R-L yükü ($\lambda=\frac{1}{3}$) için Temel Dalga Şekli)



(R-L-E yükü ($\lambda=\frac{1}{3}$) için Temel Dalga Şekli)

Sıfır Akımda Anahtarlama (Yumuşak Anahtarlama): DCm ile çalışmada T'nin iletime, D'nin kesime girmesi sıfır akım altında oluşur ve kayıplar sıfıra yakındır. Bu duruma yumuşak anahtarlama denir.

CCm Mod

- Çıkış akımı süreklidir. ($I_{dç} \neq 0$)
- Enerji aktarımı mükemmeldir.

DCm mod

- Frekans ve endüktans düştüğünde yük akımında kesinti oluşur.
- Düşük güçlü devrelerde anahtarlama kayıplarını engellemek için tercih edilir.
- DC motor kontrolünde E'nin bulunması sağlar.

DC-PWM Yöntemi: DC kıyıcı kontrol yöntemidir. Bu yöntemde testere dişi bir sinyal ve bir kontrol gerilimi ile karşılaştırılır ve kontrol sinyali üretilir.

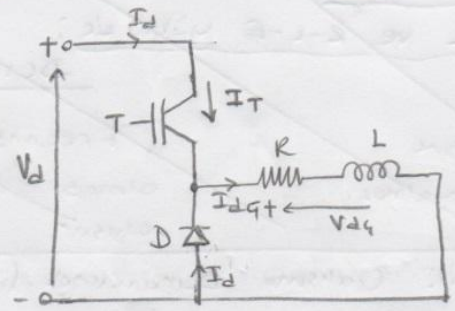
www.yukampus.com

Kıyıcı Türü DC-DC Dönüştürücüler

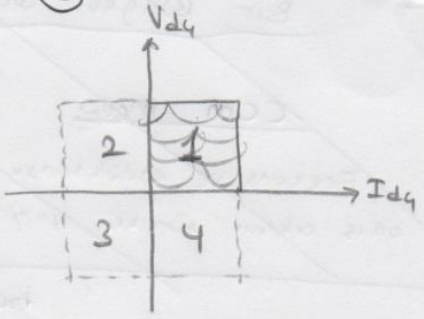
Bir Bölgeli DC Kıyıcı
İki Bölgeli " "
Dört Bölgeli " "

1) Bir Bölgeli DC Kıyıcı

IGBT + Diyot
(güç anahtarı) (serbest geçiş diyotu)
(aktif eleman) (pasif eleman)



Temel Devre Şeması



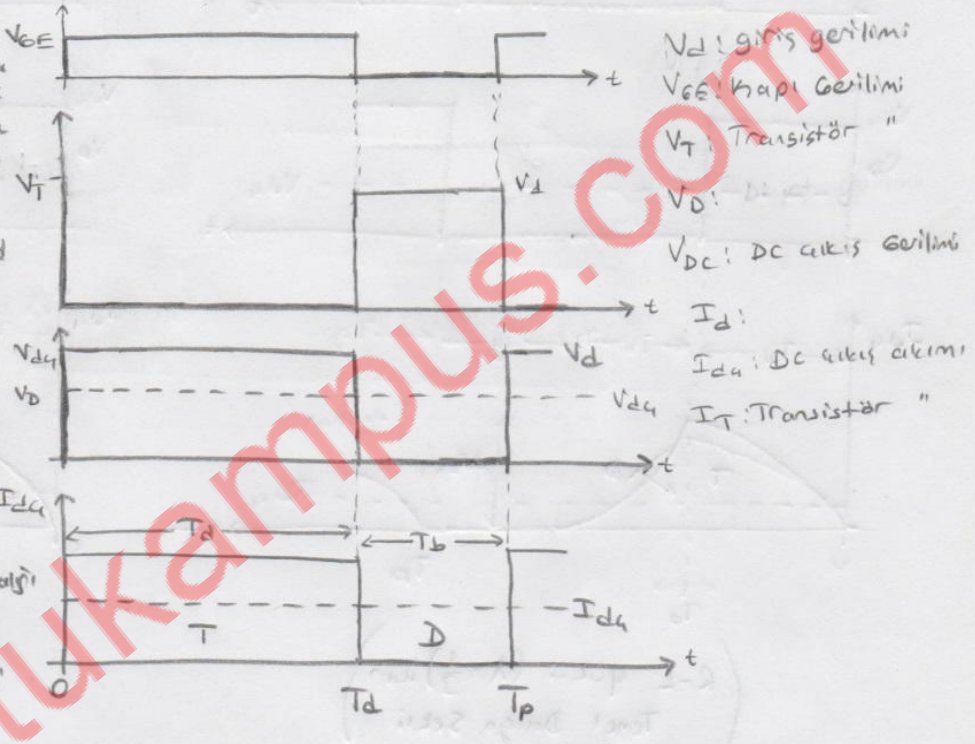
Çalışma Bölgesi

$$V_{dç} = \begin{cases} V_d & \text{iletim aralığı } 0<t<T_d \text{ aralığı birinci anahtar T iletimde} \\ 0 & T_d<t<T_p \text{ " ikinci anahtar D iletimde} \\ & \text{kesim aralığı} \end{cases}$$

$$V_{dç} = \frac{1}{T_p}\cdot\int_0^{T_d} V_d\,dt = \frac{1}{T_p}\cdot V_d|t|_0^{T_d} = \frac{T_d}{T_p}\cdot V_d$$

$$V_{dç} = \lambda \cdot V_d \qquad \left[\begin{array}{l} 0<\lambda<1 \\ 0<V_{dç}<V_d \end{array}\right]$$

$$I_d = \lambda \cdot I_{dç}$$



Vd : giriş gerilimi
VGE : kapı gerilimi
VT : Transistör "
VD :
VDC : DC çıkış gerilimi
Id :
Idç : DC çıkış akımı
IT : Transistör "

Ohmik Tenci Dalga Şekli ($\lambda = 2/3$ için)

$$I_{dç} = \begin{cases} \frac{V_d}{R} - \left(\frac{V_d}{R} - I_{dç_{min}}\right)\cdot e^{-\frac{1}{\tau}\cdot t} & 0<t<T_d \text{ aralığı} \\ I_{dç_{max}}\cdot e^{-\frac{1}{\tau}\cdot t} & T_d<t<T_p \text{ "} \end{cases}$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

→ Çıkış akımının sabit old. kabul edilirse;

$$I_T = \lambda \cdot I_{dç}$$

$$I_D = (1-\lambda)\cdot I_{dç}$$

$$I_d = I_T$$

$$I_{dç} = I_T + I_D$$

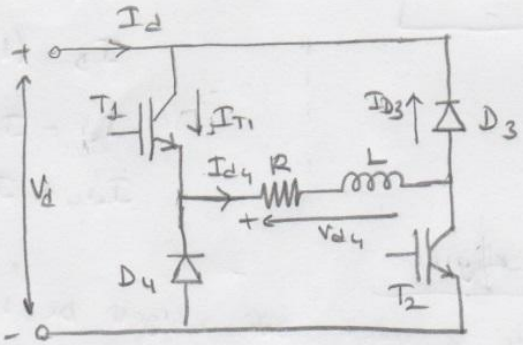
Bir Bölgeli DC Kıyıcı Özellikleri

- Tek yönlü bir gerilim ve akım sağlar.
- DC motor kontrolünde kullanılırlar.
- $0 < V_{dç} < V_d$
- Motor endüktansının yüksek olması nedeniyle genellikle çıkış akımı sabit kabul edilir.

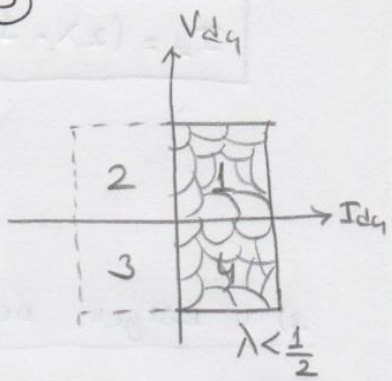
www.ytukampus.com

2) İki Bölgeli DC Kıyıcı

- İki güç anahtarı ile iki ters-akım diyodundan oluşmaktadır.
- İki yönlü gerilim ve tek yönlü akım sağlar. Bu yüzden bu DC kıyıcı ile dinamik frenleme sağlanamaz.



(Devre Şeması)



(Çalışma Bölgesi)

Çalışma Prensibi

① Giriş sinyali verdin. T_1 ve T_2 iletime geçti. Yük giriş gerilimi V_d ile beslendi.

② T_d anında sinyali kestin. T_1 ve T_2 kesime D_3 ve D_4 iletime geçti (endüktansın ürettiği enk ile)

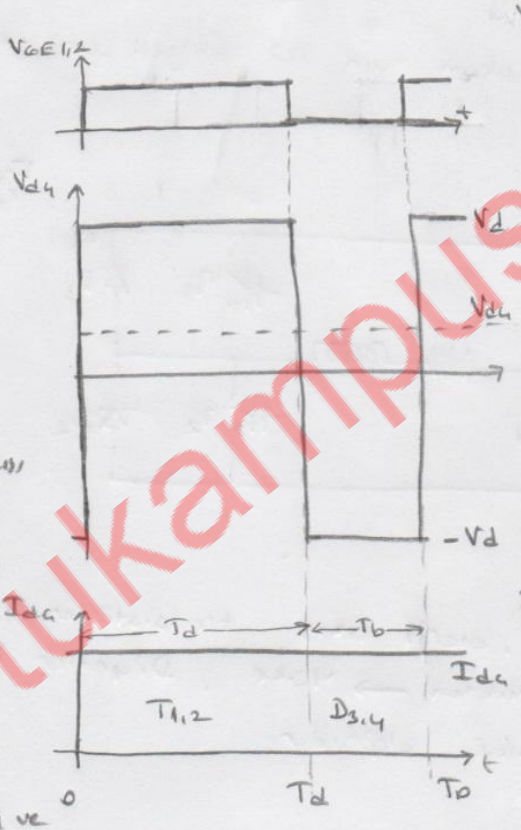
③ Böylece akım T'den D'ye aktarılır. Gerilim $-V_d$ olur.

④ I. aralıkta akım veya enerji akışı
DC kaynaktan → Yüke doğru

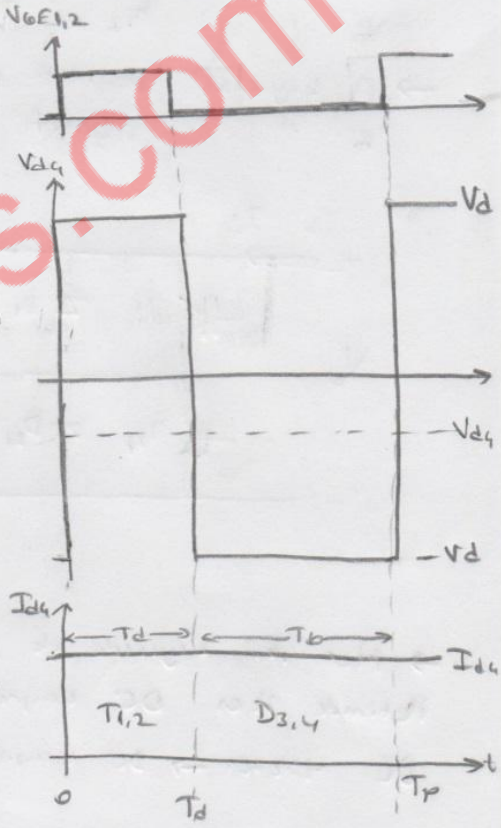
II. aralıkta akım veya enerji akışı
Yükten → DC kaynağa doğrudur.

Yani Kısaca;

$$V_{dc} = \begin{cases} V_d \;|\; 0 < t < T_d \text{ aralığı, I. aralık, } T_1 \text{ ve } T_2 \text{ iletimde} \\ -V_d \;|\; T_d < t < T_p \text{ aralığı, II. aralık, } D_3 \text{ ve } D_4 \text{ iletimde} \end{cases}$$



$\lambda > \frac{1}{2}$ için Temel Dalga Şekilleri



$\lambda < \frac{1}{2}$ için Temel Dalga Şekilleri

Vdc hesaplanması

$$V_{dc} = \frac{1}{T_p}\left[\int_0^{T_d} V_d \cdot dt + \int_{T_d}^{T_p} -V_d \cdot dt\right] = \frac{1}{T_p} \cdot V_d \left[|t|_0^{T_d} - |t|_{T_d}^{T_p}\right] = \frac{1}{T_p} \cdot V_d \cdot \left[T_d - T_p + T_d\right]$$

$$= \frac{1}{T_p} \cdot V_d \cdot \left[2T_d - T_p\right]$$

$$\boxed{V_{dc} = (2\lambda - 1) \cdot V_d}$$

$$V_{dc} = \begin{cases} < 0 \;|\; \lambda < 1/2 \text{ için} \Rightarrow \text{Negatif çalışma modu (DC kaynağa enerji verilir)} \\ > 0 \;|\; \lambda > 1/2 \text{ için} \Rightarrow \text{Pozitif çalışma modu (DC kaynaktan enerji alınır.)} \end{cases}$$

www.yildizkampus.com

$$I_d = (2\lambda - 1) \cdot I_{dç}$$

$$I_T = \lambda \cdot I_{dç}$$

$$I_D = (1-\lambda) \cdot I_{dç}$$

$$I_d = I_T - I_D$$

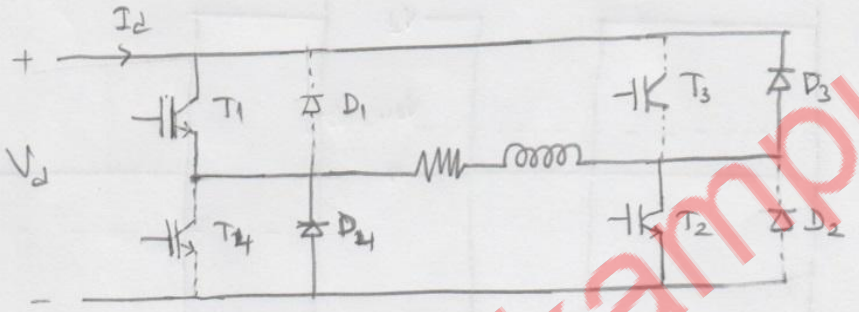
$$I_{dç} = I_T + I_D$$

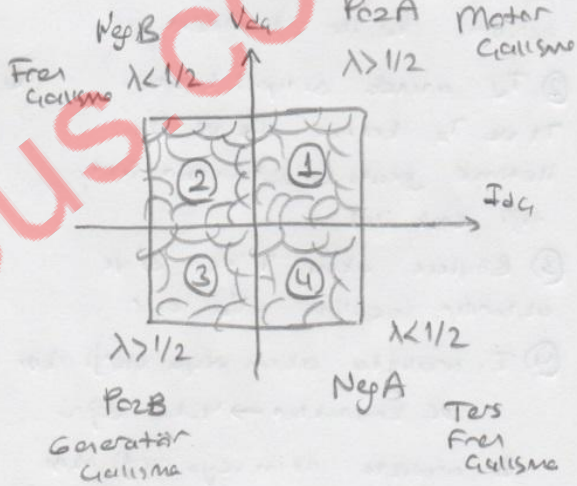
3) 4 Bölgeli DC Kıyıcı

→ Ters-paralel bağlı 2 adet iki bölgeli DC kıyıcıya eşdeğerdir.

→ A kıyıcısı T_1 ve T_2 transistörleri ile D_1 ve D_2 diyotlarından oluşur.
B " T_3 ve T_4 " " D_3 ve D_4 " "

→ A kıyıcısı pozitif akım için iki bölgeli bir gerilim üretir.
B " negatif " " " " " "





→ Her iki kıyıcıda da, enerji akış transistörler iletimde iken DC kaynaktan → yüke, Diyotlar iletimde iken DC yükten → DC kaynağa doğrudur.

www.yildizkampus.com

Endüktanslı ve İzolesiz DC-DC Dönüştürücüler

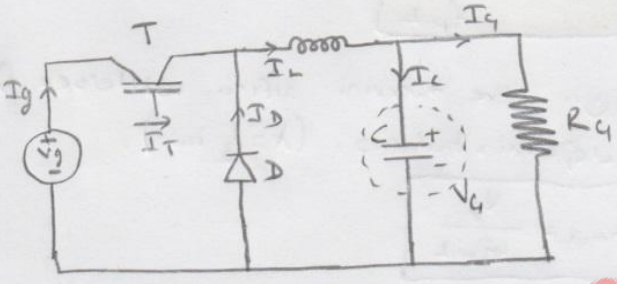
- Bir aktif + bir pasif + bir endüktanstan oluşur.
- DC-PWM ile kontrol edilir.
- Çalışma frekansı şebeke frekansından oldukça büyüktür.
- Genellikle CCM ile çalışırlar.

$T_p = \frac{1}{f_p}$, $T_d = \lambda . T_p$, $T_b = (1-\lambda).T_p$, $I_L = I_T + I_D$, $I_T = \lambda . I_L$, $I_D = (1-\lambda).I_L$

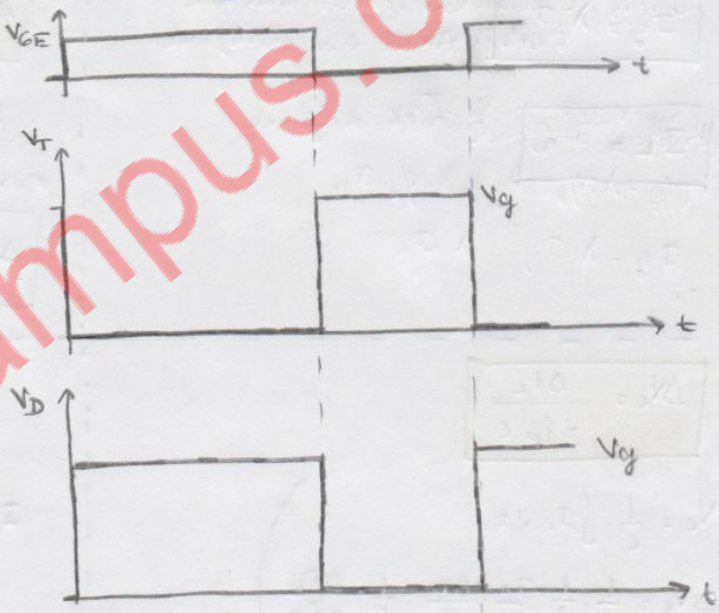
$T_p = T_d + T_p$

1. Düşürücü DC-DC Dönüştürücü

($\lambda = \frac{2}{3}$ için Temel Dalga Şekilleri)

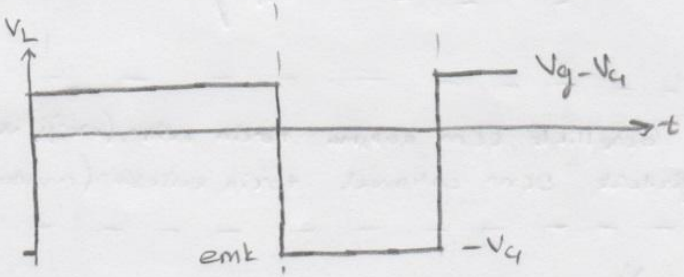


Temel Devre Şeması



Birinci aralıkta Transistör iletimde
Vg kaynağı tarafından endüktans ve yük beslenir.
Endüktansın akımı ve enerjisi lineer olarak artar.

İkinci aralıkta sinyal kesilip transistör kesime girer. D diyotu iletime girer. (endüktansın ürettiği emk ile)
Endüktansın biriken enerjisi ile yükün beslenesi sürer.
Endüktansın akımı lineer olarak azalır.

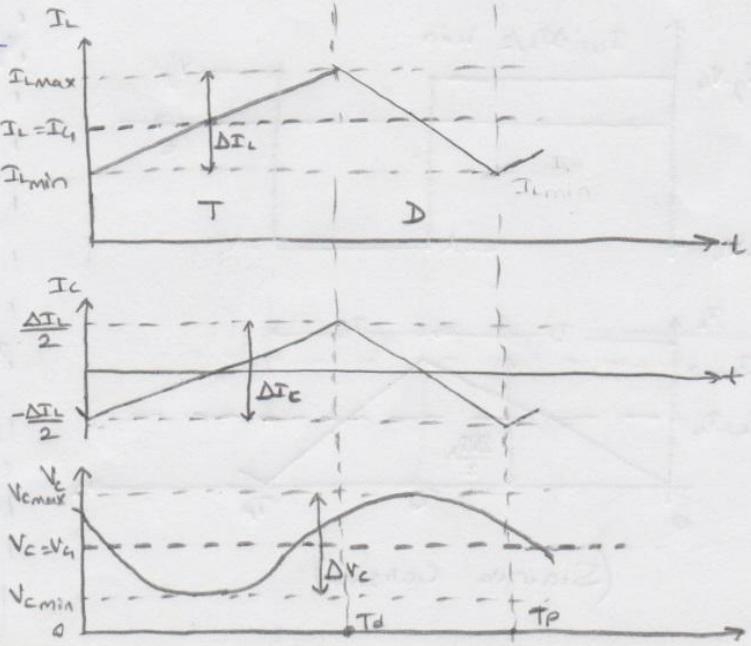


1. aralıkta $V_g - V_G$ ile beslenen endüktans için:

$V_g - V_G = L . \frac{dI_L}{dt}$ | $0 < t < T_d$, T iletimde

$-V_G = L . \frac{dI_L}{dt}$ | $T_d < t < T_p$, D iletimde

2. aralıkta emk ile $-V_G$ üreten endüktans için: (akımı sürdürmek için yapıyor)



www.ytukampus.com

Endüktans akımının artma ve azalma miktarları

$$\Delta I_{Lp} = \frac{V_g - V_q}{L} \cdot T_d \quad | \quad 0 < t < T_d \text{ aralığı}$$

$$\Delta I_{Ln} = \frac{-V_q}{L} \cdot T_b \quad | \quad T_d < t < T_p \text{ aralığı}$$

Kararlı durum için bu iki değerler birbirine eşit olursa;

$$(V_g - V_q) \cdot T_d = V_q \cdot T_b \quad (12)$$

$$T_p = T_d + T_b$$

$$T_d = \lambda \cdot T_p$$

$$T_p = \lambda \cdot T_p + T_b$$

$$T_b = (1-\lambda) \cdot T_p \text{ idi}$$

$$\frac{T_d}{T_b} = \frac{\lambda \cdot T_p}{(1-\lambda) \cdot T_p}$$

$$(1-\lambda) \cdot T_d = \lambda \cdot T_b$$

$$T_b = \frac{(1-\lambda) \cdot T_d}{\lambda}$$

$$(V_g - V_q) \cdot T_d = V_q \cdot T_b$$

$$(V_g - V_q) \cdot T_d = V_q \cdot \frac{(1-\lambda)}{\lambda} \cdot T_d$$

$$\lambda \cdot V_g - \lambda \cdot V_q = V_q - \lambda \cdot V_q$$

$$V_q = \lambda \cdot V_g$$

$0 < V_q < V_g$ olmuş olur. Bu yüzden ibu dönüştürücüye Düşürücü denir.

$I_g = \lambda \cdot I_q$ Giriş ve çıkıştaki Aktif Güç eşitliğinden

$I_L = I_q$ Kararlı Rejimde

$$\Delta I_L = \lambda \cdot (1-\lambda) \cdot \frac{V_g}{f_p \cdot L}$$ Kararlı Rejimde

λ'ya göre türevini sıfıra eşitlersek λ'nın max değerini bulurus. ($\lambda = \frac{1}{2}$ için);

$$\Delta I_{L\,max} = \frac{V_g}{4 f_p \cdot L}$$

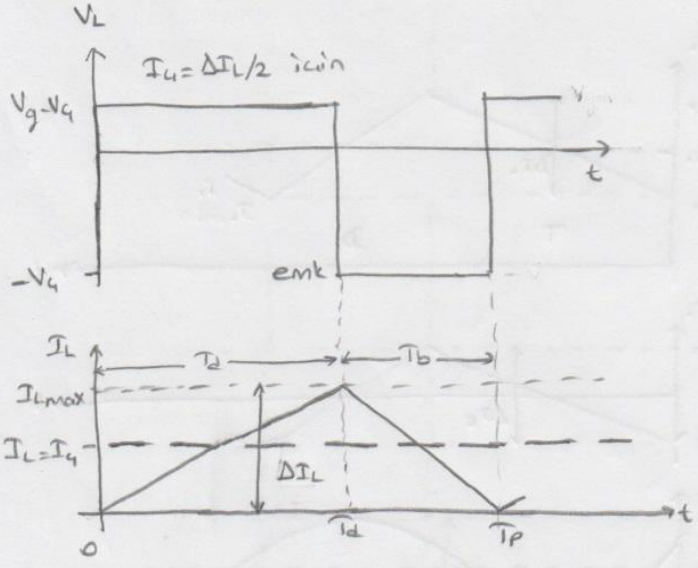
$$\Delta V_c = \frac{\Delta I_L}{8 f_p \cdot C}$$

$$V_c = \frac{1}{C} \cdot \int I_c \cdot dt$$

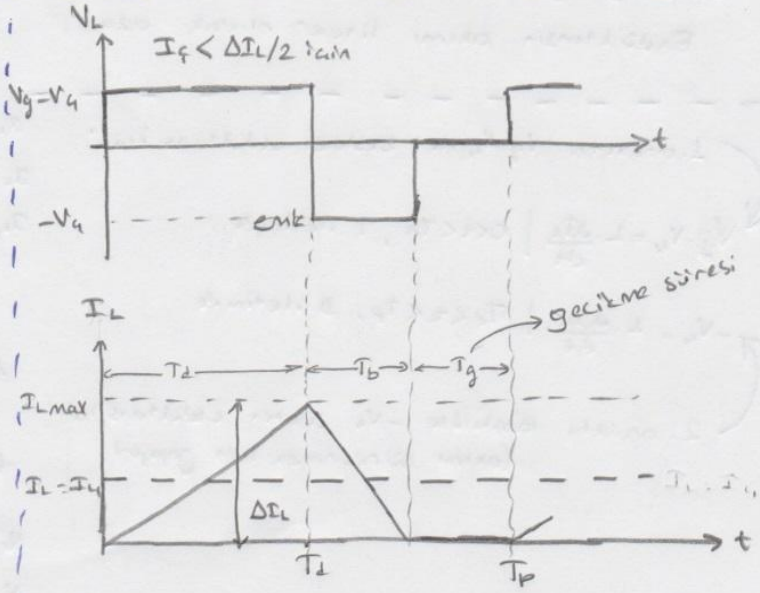
$$\Delta V_c = \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{T_p}{2} \cdot \frac{\Delta I_L}{2} = \frac{1}{C} \cdot \frac{\Delta I_L}{8 f_p}$$

$$I_q = \begin{cases} > \Delta I_L/2 & | \text{ Sürekli Akım Modunda Çalışma} \\ = \Delta I_L/2 & | \text{ Sınırda veya Kritik "} \\ < \Delta I_L/2 & | \text{ Kesintili Akım Modunda Çalışma} \end{cases}$$

Genellikle CCM çalışma tercih edilir. (enerji ve güç aktarımı mükemmel olduğundan) Fakat düşük güçlerde DCM çalışmak tercih edilebilir (anahtarlama kaybı az olduğundan)

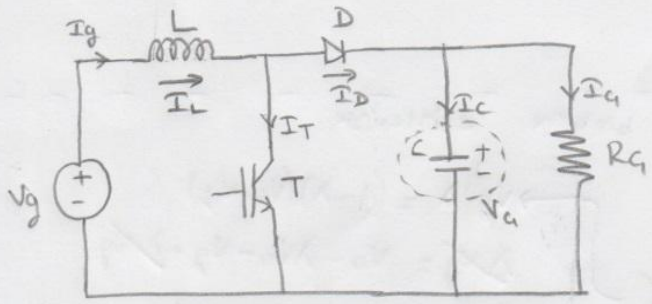


(Sınırda Çalışma)



(Kesintili Akım modu)

www.ytukampus.com



(Temel Devre Şeması)

Birinci aralıkta transistör iletimde.

Vg kaynağı tarafından endüktans ve yük beslenir.

Endüktansın akımı lineer olarak artar.

Bu aralıkta yükün besleme şekli C üstlenir.

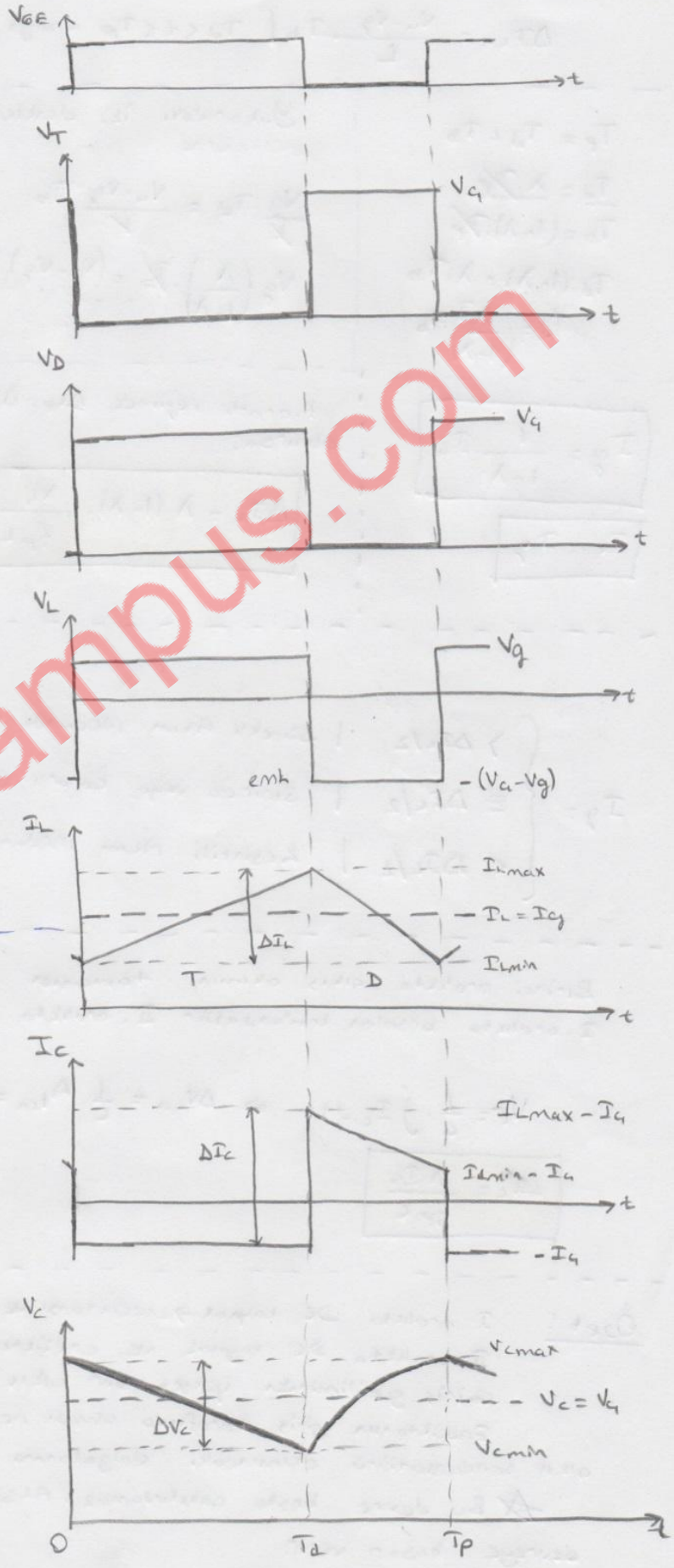
İkinci aralıkta sinyal kesilir. ($t = T_d$).

Endüktansın ürettiği emk ile D diyotu iletime girer.

Vg kaynağı ve endüktansta birikmiş enerji sayesinde yük beslenir.

Endüktansın akımı lineer olarak azalır.

Not I. aralıkta Vg ile beslenen endüktans II. aralıkta akımı sürdürebilmek için $V_G - V_g$ kadar emk üretir.



($\lambda = \frac{2}{3}$ için dalga şekilleri)

www.yukampus.com

Endüktans gerilimin dalga şekline göre;

$\Delta I_{Lp} = \frac{V_g}{L} . T_d$ | $0 < t < T_d$ aralığı

$\Delta I_{Ln} = \frac{V_o - V_g}{L} . T_b$ | $T_d < t < T_p$ aralığı

$T_p = T_d + T_b$

$\frac{T_d}{T_b} = \frac{\lambda . T_p}{(1-\lambda) . T_p}$

$T_d . (1-\lambda) = \lambda . T_b$

$T_d = \left(\frac{\lambda}{1-\lambda}\right) . T_b$

Yukarıdaki iki denklem birbirine eşitlenirse

$\frac{V_g}{L} . T_d = \frac{V_o - V_g}{L} . T_b$

$V_g \left(\frac{\lambda}{1-\lambda}\right) . T_b = (V_o - V_g) T_b$

$V_g . \lambda = (1-\lambda) . (V_o - V_g)$

$\lambda V_g = V_o - \lambda V_o - V_g + \lambda V_g$

$V_g = (1-\lambda) . V_o$

$V_o = \frac{1}{1-\lambda} . V_g$

($V_g < V_o < V_{omax}$ old. için yükseltici dir)

$I_g = \frac{1}{1-\lambda} . I_o$

$I_L = I_g$

Kararlı rejimde $\Delta I_p = \Delta I_{Ln} = \Delta I_L$ alınırsa;

$\Delta I_L = \lambda . (1-\lambda) . \frac{V_o}{f_p . L}$

Yandaki denklemin türevi alınıp sıfıra eşitlenirse ΔI_L'nin max değeri bulunur.

$\Delta I_{Lmax} = \frac{V_o}{4 f_p L}$

I_g :
- $> \Delta I_L/2$ | Sürekli Akım Modunda Çalışma
- $= \Delta I_L/2$ | Sınırda veya Kararlı Çalışma
- $< \Delta I_L/2$ | Kesintili Akım Modunda Çalışma

Birinci aralıkta çıkış akımını tamamen kondansatör üstlenir. I. aralıkta boşalan kondansatör II. aralıkta dolar.

$V_c = \frac{1}{C} . \int I_c . dt \Rightarrow \Delta V_{cn} = \frac{1}{C} . A_{1cn} = \frac{1}{C} . I_o . T_d = \frac{1}{C} . I_o . \lambda . T_p$

$\Delta V_c = \frac{\lambda . I_o}{f_p . C}$

Özet:

I. aralıkta DC kaynak → endüktansı ve kondansatör → yükü besler.

II. aralıkta DC kaynak ve endüktans → yükü besler.

Giriş gerilimden yüksek bir çıkış gerilimi üretilir.

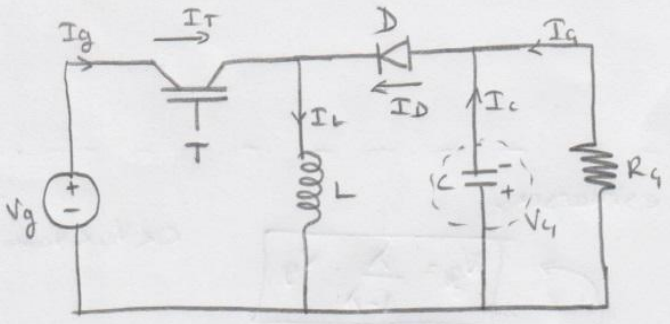
Endüktansın giriş tarafında olması nedeniyle giriş akımındaki dalgalanma düşük, çıkış kondansatörü akımındaki dalgalanma ise oldukça yüksektir.

★ Bu devre boşta çalıştırılmaz. Aksi halde çıkış gerilimi aşırı yükselir ve devreye hasar verir.

Bu devreler PWC amacıyla kullanılır.

www.yildizkampus.com

3) Düşürücü- yükseltici DC-DC Dönüştürücü



I. aralık yükseltici, II. aralık düşürücü gibi çalışır.

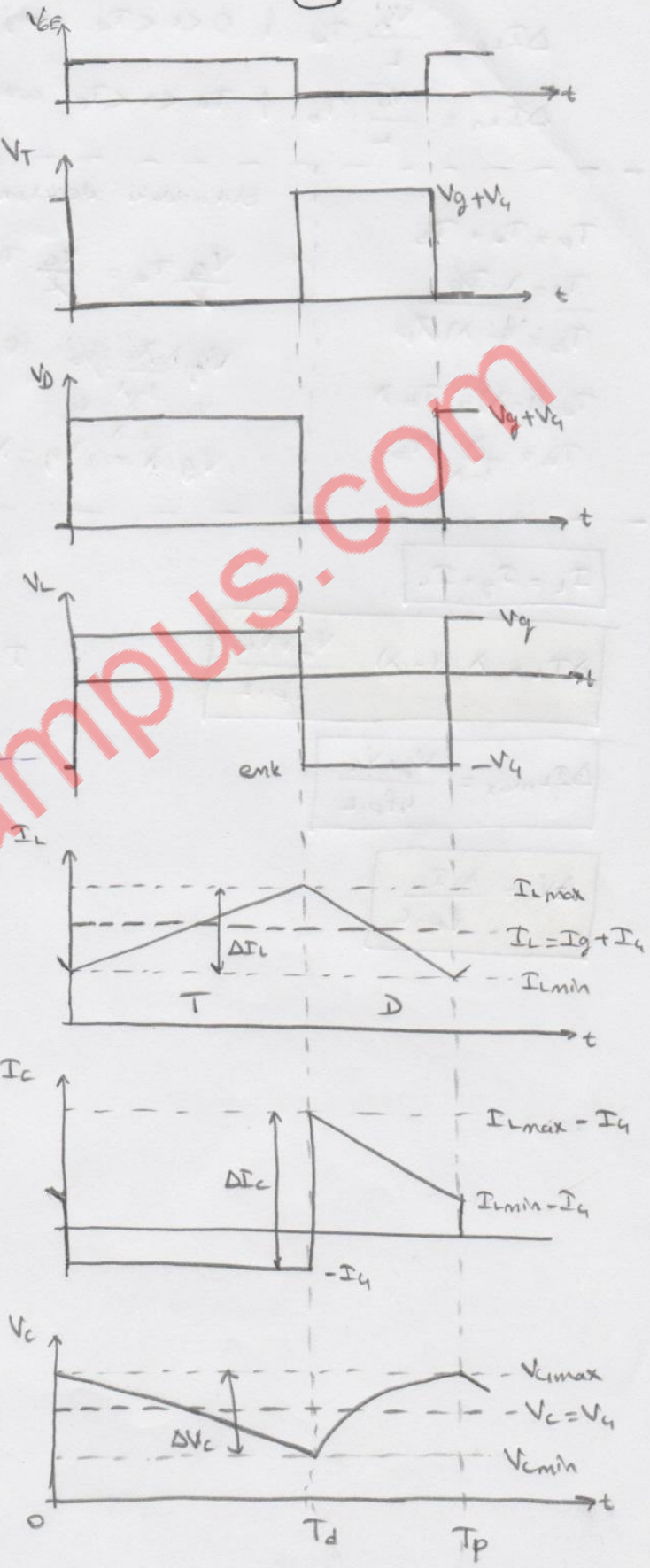
I. aralıkta Vg kaynağı ile beslenen L'nin akımı lineer artar.

Bu aralıkta yükü C besler.

II. aralıkta L'de biriken enerji ile yük beslenir.

L nin akımı lineer azalır.

NOT I. aralıkta Vg ile beslenen L, II. aralıkta akımı sürdürebilmek üzere VL kadar emk üretir.



(λ=2/3 için Temel Dalga Şekilleri)

www.ytukampus.com

L gerilimin dalga sekline göre;

$$\Delta I_{Lp} = \frac{V_g}{L} \cdot T_d \quad | \quad 0 < t < T_d \text{ aralığı}$$

$$\Delta I_{Ln} = \frac{V_q}{L} \cdot T_b \quad | \quad T_d < t < T_p \text{ aralığı}$$

$T_p = T_d + T_b$

$T_d = \lambda \cdot T_p$

$T_b = (1-\lambda) \cdot T_p$

$T_d \cdot (1-\lambda) = T_b \cdot \lambda$

$T_d = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot T_b$

Yukarıdaki denklemler eşitlersek;

$$\frac{V_g}{L} \cdot T_d = \frac{V_q}{L} \cdot T_b$$

$$V_g \cdot \lambda \cdot T_p = V_q \cdot (1-\lambda) \cdot T_p$$

$$V_q = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot V_g$$

$$V_{q1} = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot V_g \qquad 0 < V_q < V_{qmax}$$

$$I_g = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot I_q$$

$$I_L = I_g + I_q$$

$$\Delta I_L = \lambda \cdot (1-\lambda) \cdot \frac{V_g + V_q}{f_p \cdot L}$$

$$\Delta I_{Lmax} = \frac{V_g + V_q}{4 f_p \cdot L}$$

$$\Delta V_c = \frac{\lambda \cdot I_q}{f_p \cdot C}$$

$I_g + I_q$:
- $> \Delta I_L/2$ | Sürekli Akım modunda Ç.
- $= \Delta I_L/2$ | sınırda veya kritik Ç.
- $< \Delta I_L/2$ | Kesintili Akım modunda Ç.

www.ytukampus.com

4) Endüktanslı ve İzoleli DC-DC Dönüştürücüler

İzolesiz		İzoleli
Düşürücü	→	İleri Yönlü Düşürücü
Düşürücü-Yükseltici	→	Geri Dönüşlü - Cuk Türü
Yükseltici	→	X

→ İzolelilerin çalışma prensibi izolesizlerle aynıdır.

→ Bu konudan bence sayısal soru gelir.

→ Sınava girmeden önce dalga şekline bakarsın.

1) İleri Yönlü DC-DC Dönüştürücüler

→ İletim aralığında DC kaynak geriliminin bir trafo ile izole edilerek endüktansa uygulanması olayıdır.

$$V_Ç = \lambda . \frac{V_g}{a}$$

$$0 < \lambda < 1/2$$

Kararlı durumda L_{mp} ve L_m uçlarındaki pozitif ve negatif gerilim alanları birbirine eşit olmalıdır. Bu durumda kesim aralığının en az iletim aralığı kadar olması gerekir.

www.ytukampus.com

2) Geri Dönüşlü DC-DC Dönüştürücü

→ Düşürücü - yükseltici devrenin izoleli halidir. Sadece trafo eklenmiştir.

→ Trafonun primeri ve sekonderi birlikte çalışmaz. (Trafo = kuplajlı endüktans)

→ Kuplajlı endüktans hem izolasyon sağlar hem de endüktans görevi yapar.

→ Bu devrede ayrı bir endüktans'a gerek yoktur.

$$V_Ç = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot \frac{V_g}{a}$$

→ Bu dönüştürücüde trafo normal bir trafo olarak çalışmaz. Nüve hacminin ve maliyetinin aşırı artmaması için, nüve hava aralıklı yapılır ve kaçak endüktans değerleri yüksektir.

✓ $V_Ç = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot \frac{V_g}{a}$

✓ $I_g = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot \frac{I_Ç}{a}$

$I_{LP} = I_g + \frac{I_Ç}{a}$

$I_{LS} = a \cdot I_g + I_Ç$

✓ $I_T = I_g$

✓ $I_D = I_Ç$

$\Delta I_{LS} = \lambda \cdot (1-\lambda) \cdot \frac{\frac{V_g}{a} + V_Ç}{f_p \cdot L_S}$

$\Delta V_C = \frac{\lambda \cdot I_Ç}{f_p \cdot C}$

$V_T = V_g + a \cdot V_Ç$

$V_D = \frac{V_g}{a} + V_Ç$

www.ytukampus.com

5) İnverter Ara Devreli ve İzoleli DC-DC Dönüştürücü (Düşürücü ve İzoleli)

Neden: Güvenlik B-H kapasitesinin tam kullanılması ve izoleli olarak yüksek güçlere çıkılması istendiği için.

Çalışma Prensibi: DC gerilim AC'ye (yüksek frekanslı) dönüştürülür.
Bu AC gerilim trafo ile izole edilir.
Doğrultucu ile doğrultulur.
DC filtre ile düzeltilir.
DC-DC olmuş olur.

Yarım Köprü, Tam Köprü ve push-pull türü mevcuttur.

www.ytukampus.com

Yarım Köprü

$V_a = \frac{V_d}{2} = V_f$

$V_{a_1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{V_d}{2} = V_{f1}$

$V_a = \begin{cases} V_d/2 & 0<\omega t<\pi \text{ } T_1 \text{ veya } D_1 \text{ iletimde} \\ -V_d/2 & \pi<\omega t<2\pi \text{ } T_4 \text{ veya } D_4 \text{ "} \end{cases}$

$I_{TAV} = \frac{1}{2} \cdot I_d$

$I_{TEF} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot I_d$

Tam Köprü

$V_{ab} = V_d = 2V_f = V_h$

$V_{ab_1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_d = 2V_{f1} = V_{h1}$

$V_{ab} = \begin{cases} V_d & 0<\omega t<\gamma \text{ } D_1 \text{ ile } D_2 \text{ iletimde} \\ & \gamma<\omega t<\pi \text{ } T_1 \text{ ile } T_2 \text{ "} \\ -V_d & \pi<\omega t<\pi+\gamma \text{ } D_3 \text{ ile } D_4 \text{ "} \\ & \pi+\gamma<\omega t<2\pi \text{ } T_3 \text{ ile } T_4 \text{ "} \end{cases}$

Push-Pull

$V_{abs} = \frac{2V_d}{a} = 2V_{fs} = V_{hs}$

$V_{abs_1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{2V_d}{a} = 2V_{fs1}$

$I_d = 2 \cdot (I_{TAV} - I_{DAV})$

$V_T = 2V_d$

↳ Elemanın maruz kaldığı gerilim

$V_{ai} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \left(\frac{V_d}{2}\right)^2 \cdot d(\omega t)} = \frac{V_d}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot (\omega t)\Big|_0^{\pi}} = \frac{V_d}{2}$ (Yarım)

$V_{ab(eff)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\gamma}^{\pi+\gamma} V_d^2 \cdot d(\omega t)} = V_d \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot (\pi+\gamma-\gamma)} = V_d$ (Tam)

Kısmi Kare Dalga PWM

(20)

$V_{ab} = \sqrt{m_d} \cdot V_d = \sqrt{m_d} \cdot 2V_f = V_h$

$V_{ab_1} = 2V_{f1} \cdot \cos\theta = 2V_{f1} \cdot \sin\frac{\beta}{2}$

$\beta = V_{ab} = \pi - 2\theta$

$m_d = \frac{\pi - 2\theta}{\pi}$

$I_{TAV} = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\theta}^{\pi-\theta} I_d \cdot d(\omega t)$

$I_{TEF} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\theta}^{\pi-\theta} I_d^2 \cdot d(\omega t)}$

Tek Yönlü Kare Dalga PWM

$V_a = V_b = \frac{V_d}{2} = V_f$

$V_{ab} = \sqrt{m_a} \cdot V_d = \sqrt{m_d} \cdot V_d = \sqrt{m_d} \cdot V_f = V_h$

~~$m_a = m_d$~~

$m_a = \frac{V_{kontm}}{V_{tasm}}$

$m_a = \frac{\beta}{\pi}$

$m_f = \frac{f_{tas}}{f_{kont}}$

$m_f = 2p$

m_d : Doluluk oranı

β : Darbe genişliği

p = Darbe sayısı

f_{kont} = Çıkış Frekansı / Temel Frekans

f_{tas} = Anahtarlama Frekansı

İki Yönlü Kare Dalga PWM

$V_a = V_b = \frac{V_d}{2} = V_f$

$V_{ab} = V_d = 2V_f = V_h$

Sinüsoidal PWM

$V_a = V_b = \frac{V_d}{2} = V_f$

$V_{ab} = \sqrt{m_d} \cdot V_d = \sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot m_a} \cdot V_d$

$V_{ab} = \sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot m_a} \cdot V_f = V_h$

$V_{a_1} = V_{b_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot m_a \cdot \frac{V_d}{2} = V_{f1}$ | $m_f \gg 9$ ve $m_a \leq 1$

$V_{ab_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot m_a \cdot V_d = 2V_{f1} = V_{h1}$ | $m_f \gg 9$ ve $m_a \leq 1$

www.yukleyin.com

Yarım Köprü

- Orta uçlu DC gerilim kaynağı gerektirir.
- 2 aktif + 2 pasif
- Ucuzdur.
- Düşük güçlü DC kaynaklarda kullanılır.
- AC gerilimde → harmonik
- DC akımda → dalgalanmalar görülür.

Tam Köprü

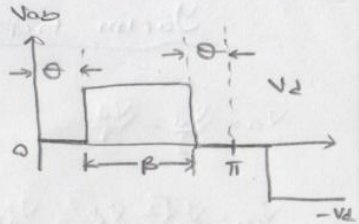
- Orta uçu "0" kabul edilen DC gerilim kaynağı gerektirir.
- 4 aktif + 4 pasif
- Pahalıdır.
- Yüksek güçlü uygulamalarda kullanılır.
- AC gerilimde → harmonik
  DC akımda → dalgalanmalar görülür.

Push-Pull

- Giriş sargısı orta uçlu trf. gerektirir.
- 2 aktif + 2 pasif
- Ucuzdur.
- Orta uçlu Trf lazım
- Çıkış gerilimi izolasyon gerektiren uygulamalar

Kısmi ~~Tek Yönlü~~ Kare Dalga Pwm

- AC çıkış gerilimi ve frekansı kontrol edilir.
- Kontrol sinyali a ve b fazlarına uygulanır.
- Çıkış gerilimi β veya V_{ab}'yi değiştirerek kontrol edilir.



www.ytukampus.com

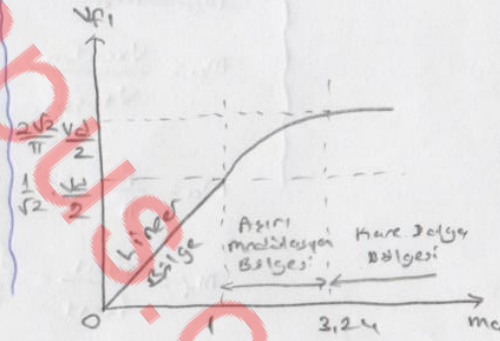
Tek Yönlü Kare Dalga Pwm

- $V_{ab} \rightarrow 0$ veya $^{+V_d}_{-V_d}$ değerlerini alır.
- İki yönlüye göre daha çok harmonik içerir.

İki Yönlü Kare Dalga Pwm

- m_a değiştirilerek faz veya fazlar arası gerilimin temel bileşeni kontrol edilir.
- Efektif değerler sabittir.
- Harmonik içeriği yüksektir.

Sinüsoidal Pwm



$0 \leq m_a \leq 1$ → Lineer Bölge

$1 \leq m_a \leq 3,24$ → Aşırı modülasyon Bölgesi

$3,24 \leq m_a$ → Kare Dalga Bölgesi

Lineer Bölgede

$$V_{a1} = V_{b1} = V_{f1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot m_a \cdot \frac{V_d}{2}$$

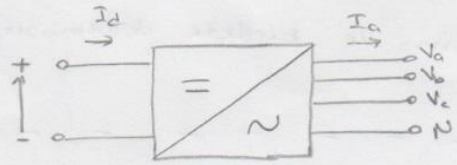
$$V_{ab1} = V_{h1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot m_a \cdot V_d = 2V_{f1}$$

Kare Dalga Bölgesi

$$V_{ab} = V_h = V_d = 2V_f$$

$$V_{ab1} = V_{h1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{V_d}{2} = 2V_{f1}$$

DC-AC Dönüştürücüler



(inverter veya Evirici)

Uygulama Alanları

- AC motor kontrolü
- AC Gerilim kaynakları ve regülatörler
- Elektronik Balastlar
- Anahtarlamalı Güç kaynakları

Temel Özellikleri

- 2 anahtarlamalı komütasyondur.
- Tam kontrollü elemanlar ile gerçekleştirilir.
- PWM anahtarlama ile kontrol edilir.
- AC gerilim üretir.
- AC çıkış gerilimlerinde harmonik oluşur.
- DC giriş akımında dalgalanmalar oluşur.

Sınıflandırılması

A) - Gerilim Kaynaklı İnverter
- Akım Kaynaklı İnverter

B) - Tek Fazlı İnverter → Faz Sayısına Göre
- Üç Fazlı İnverter

C) - Kare Dalga İnverter
- Kısmi veya Boşluklu Kare Dalga İnverter → Uygulanan Kontrol Yöntemine Göre
- Pwm İnverterler

D) - İzoleli İnverterler → İzolasyon açısından
- İzolesiz İnverterler

E) - Yarım Köprü İnverterler → Tek Fazlı İnverterler devre yapısına göre
- Tam Köprü "
- Push-Pull "

AC Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM, Pwm): Kare veya sinüs dalga şeklindeki bir AC kontrol gerilimi ile daha yüksek frekanslı testere dişi dalgalı bir alternatif gerilimin kesiklendirilmesi ile kontrol sinyalleri üretilir. Bu kontrol yöntemine AC PWM kontrol yöntemi denir.

SCR → Yüksek güç, Düşük Frekans

BJT → Orta güç, Orta Frekans

MOSFET → Düşük güç, Yüksek Frekanslı devrelerde kullanılır.
↳ 10 kW'ın üstündeki güçlerde IGBT kullanılır.

Aktif Eleman + Pasif Eleman (Diyot)
(SCR, BJT, IGBT, MOSFET)
DC kaynaktan AC yüke akım taşır.
AC yükten DC kaynağa akım taşır.

www.ytukampus.com

Ters Akım Diyodu: Yük akımının girişteki DC kaynağa dönüşünü sağlayan diyottur.

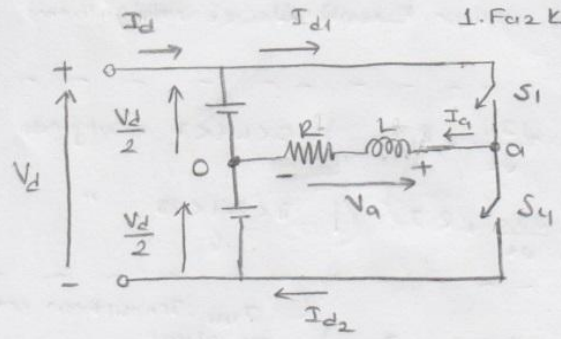
Serbest Geçiş Diyodu: Yük akımının bir aktif elemen ile birlikte dolaşmasını sağlayan diyottur.

Gerilim Kaynaklı İnverterler; Kare Dalga (KD, SW)
Kısmi ya da Boşluklu Kare Dalga (KKD, BSW)
Darbe Genişlik modülasyonu (DGM, PWM) ile kontrol edilirler.

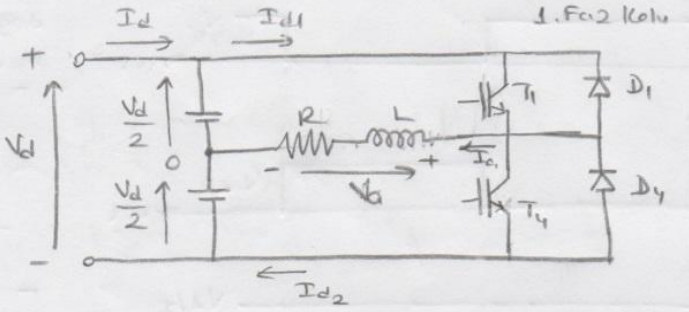
Akım Kaynaklı İnverterlerde; yeterince büyük değerli bir endüktans inverter girişine seri bağlanarak, akımın sabit kalmasını sağlar.

www.ytukampus.com

Tek Fazlı Yarım Köprü Kare Dalga İnverter



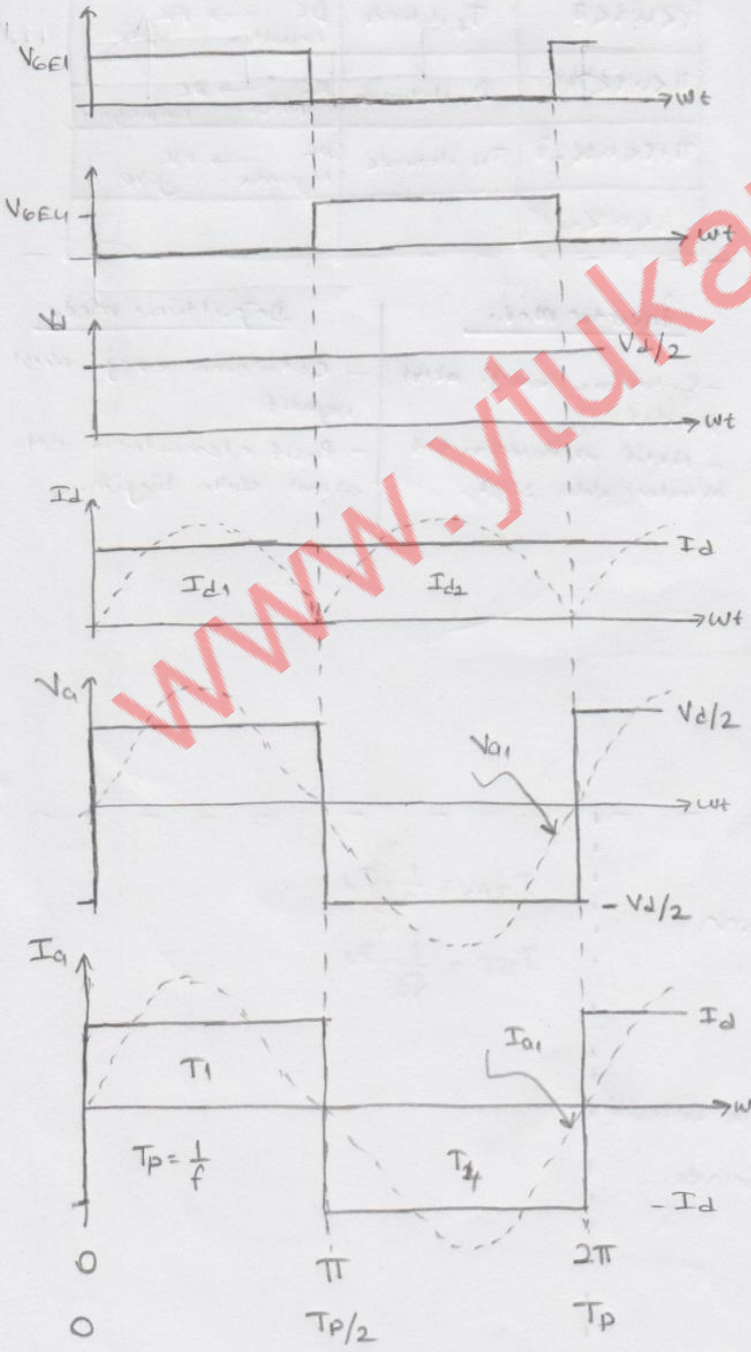
(Mekanik Anahtarlı)



(Statik Anahtarlı)

S_1 → Pozitif Anahtar

S_4 → Negatif Anahtar



Omik yük için

$0 < wt < \pi$ aralığı S_1 anahtarı kapalı

$\pi < wt < 2\pi$ " S_4 " "

$$V_a = \begin{cases} V_d/2 & 0<wt<\pi \text{ aralığı } S_1 \text{ kapalı, } T_1 \text{ veya } D_1 \text{ iletimde} \\ -V_d/2 & \pi<wt<2\pi \text{ " } S_4 \text{ " , } T_4 \text{ veya } D_4 \text{ " } \end{cases}$$

V_a : Kare Dalga Şeklinde Alternatif Gerilim

$0 < wt < \pi$ ⟶ Pozitif Yarı Periyot

$\pi < wt < 2\pi$ ⟶ Negatif " "

V_a gerilimin çıkarılması;

$$V_a = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\left(\frac{V_d}{2}\right)^2 d(wt)} = \frac{V_d}{2}\sqrt{\frac{1}{\pi}(wt)\Big|_0^{\pi}}$$

$$V_{a1} = \frac{V_d}{2} = V_f$$

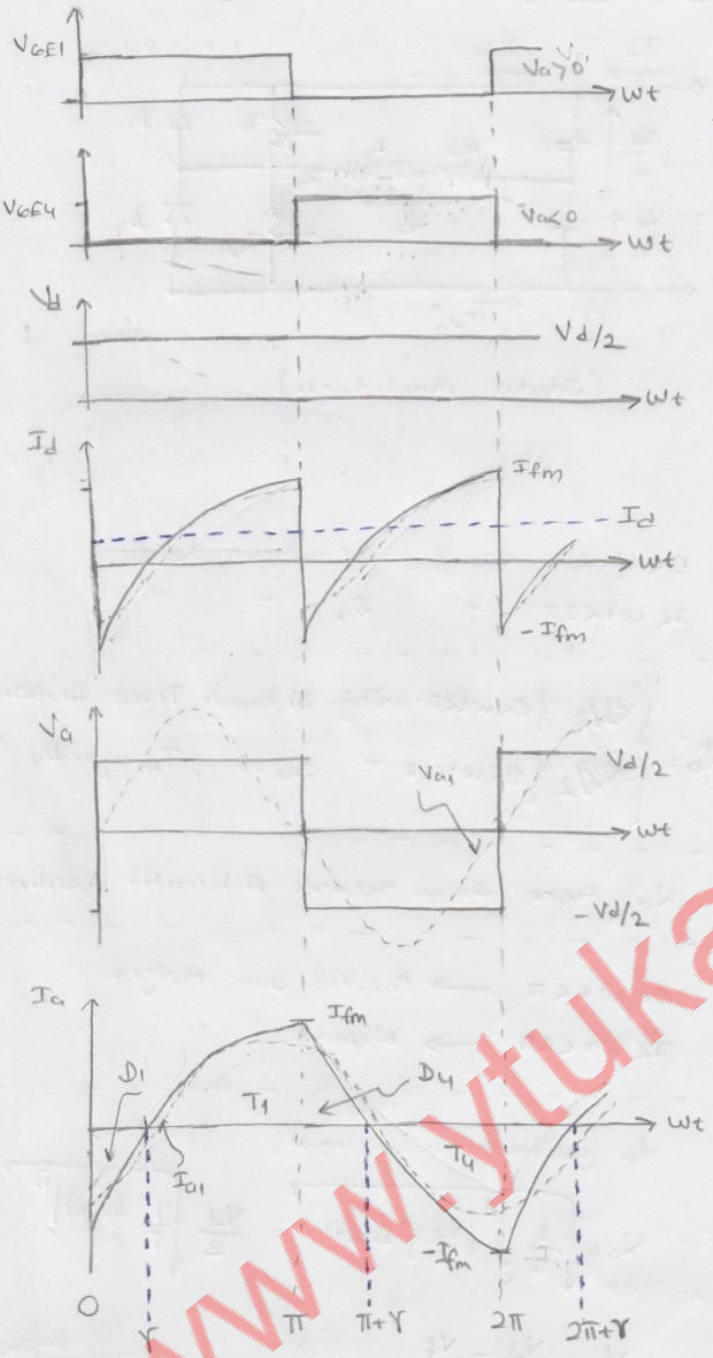
$$V_{a1} = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{2}{\pi}\int_0^{\pi}\frac{V_d}{2}\sin(wt)\,d(wt) = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{2}{\pi}\cdot\frac{V_d}{2}\left|-\cos(wt)\right|_0^{\pi}$$

$$V_{a1} = V_{f1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\cdot\frac{V_d}{2}$$

Giriş akımı (I_d) düzgün ve süreklidir.

Çıkış akımı kare dalga şeklindedir. $(I_d, -I_d)$

www.ytukampus.com



OMİK-ENDÜKTİF YÜK İÇİN

Dc kaynaktan çekilen akım, yük akımının doğrultulmuş şeklidir. Önemli ölçüde dalgalanma mevcuttur.

$\frac{V_d}{2} = L.\frac{dI_a}{dt} + R.I_a$ | $0 < wt < \pi$ aralığında

$-\frac{V_d}{2} = L.\frac{dI_a}{dt} + R.I_a$ | $\pi < wt < 2\pi$ "

$I_d = 2.(I_{TAV} - I_{DAV})$

I_{TAV} : Transistörün ortalama akımı

I_{DAV} : Diyodun ortalama akımı

	İletim Durumu	Akım ile Enerji Akışı
$0 < wt < \gamma$	D_1 iletimde	AC yükten → DC kaynağa
$\gamma < wt < \pi$	T_1 iletimde	DC kaynaktan → AC yüke
$\pi < wt < \pi+\gamma$	D_4 iletimde	AC yükten → DC kaynağa
$\pi+\gamma < wt < 2\pi$	T_4 iletimde	DC kaynaktan → AC yüke

İnverter Modu

- Ortalama enerji akışı pozitif.
- Aktif elemanların ort. akımları daha büyük.

Doğrultucu Modu

- Ortalama enerji akışı negatif.
- Pasif elemanların ort. akımı daha büyük.

Özellikleri

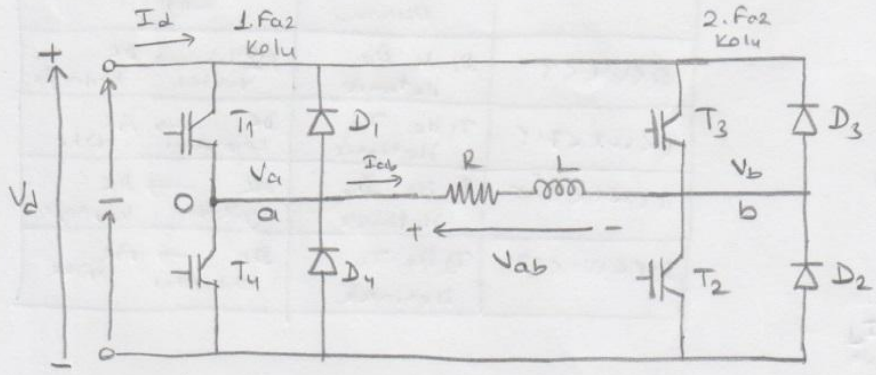
- Girişte orta uçlu bir DC gerilim kaynağı gerektirir.
- 2 adet aktif eleman ile gerçekleştirilir.
- Girişteki DC akımdadır → dalgalanma
  Çıkıştaki AC gerilimde → harmonik oluşur.
- Çıkış gerilimi bir transformatör kullanılarak izole edilebilir.
- Düşük güçlerde rezonans devreli güç kaynaklarında kullanılır.

$I_{TAV} = \frac{1}{2}.I_d$

$I_{TEF} = \frac{1}{\sqrt{2}}.I_d$

www.yukampus.com

Tek Fazlı Tam Köprü Kare Dalga İnverter



(Temel Devre Şeması)

→ 4 aktif + 4 pasif eleman

→ Kare dalga, Kısmi Kare dalga ve Darbe Genişlik Modülasyonu ile kontrol edilebilir.

→ a ve b fazlarından oluşur.

→ 2 fazlı inverter veya 2 adet yarım köprü invertere eşdeğerdir.

→ a ve b fazları arasında 180° faz farkı vardır.

→ b fazına ait sinyali elde etmek için; a fazı 180° kaydırılır. ve sonuç olarak → T_1 ile T_2 eş zamanlı hale gelir. T_3 ile T_4

Yani;

$0 < wt < \pi$ aralığında Pozitif sinyal T_1 ile T_2'ye

$\pi < wt < 2\pi$ " Negatif " T_3 ile T_4'e uygulanır.

→ V_{ab} çıkış gerilimi;

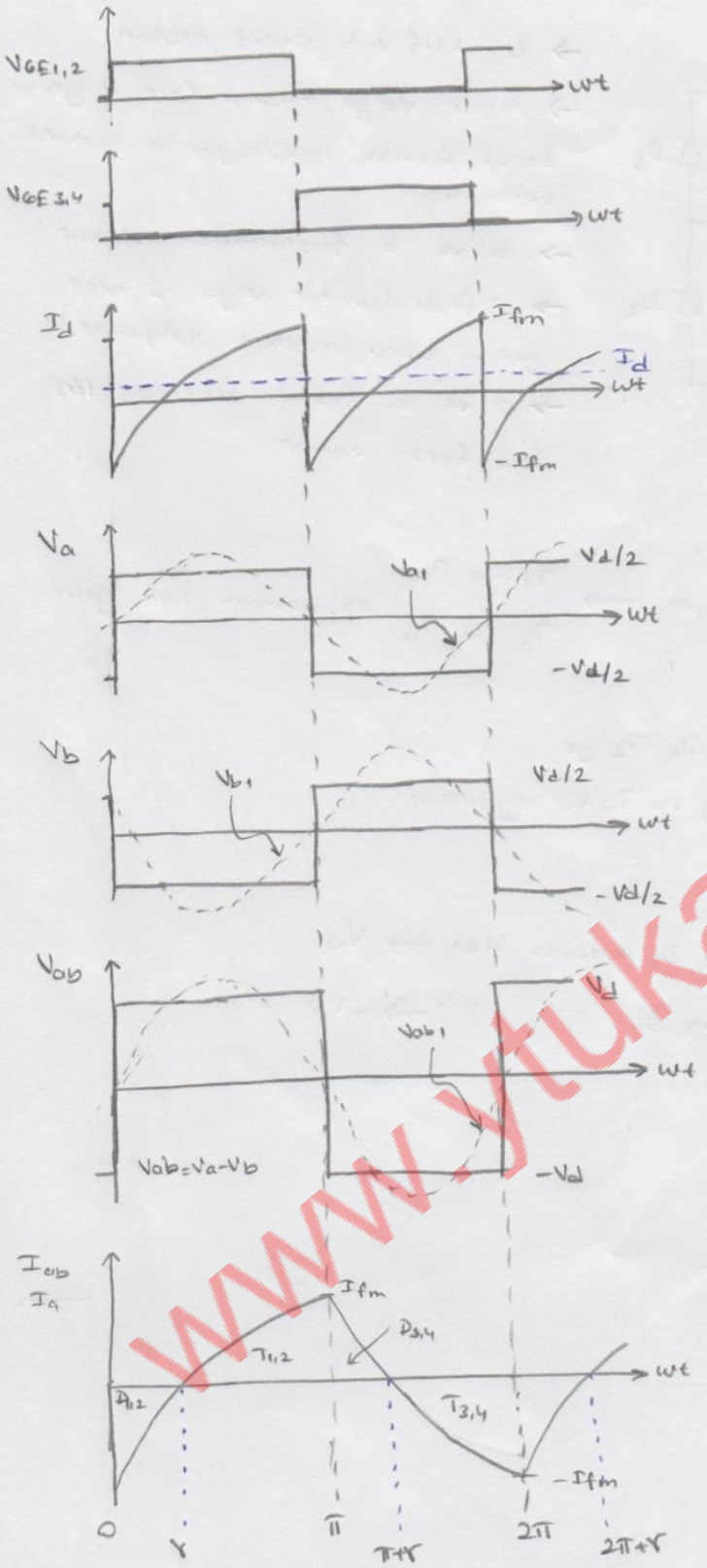
Pozitif yarı periyotta → T_1 ile T_2 ve D_1 ile D_2 iletimde iken → V_d

Negatif " " → T_3 ile T_4 ve D_3 ile D_4 " " → $-V_d$ olur.

$$V_{ab} = V_n = V_d = 2V_f$$

$$V_{ab1} = V_{n1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_d = 2V_{f1}$$

www.ytukampus.com



(Tek fazlı Tam köprü inverterin kare Dalga Kontrolünde Omik-End. yük için Temel Dalga Şekilleri)

	İletim Durumu	Akım ile Enerji Akışı
$0<wt<\gamma$	D_1 ile D_2 iletimde	AC yükten → DC kaynağa
$\gamma<wt<\pi$	T_1 ile T_2 iletimde	DC kaynaktan → AC yüke
$\pi<wt<\pi+\gamma$	D_3 ile D_4 iletimde	AC yükten → DC kaynağa
$\pi+\gamma<wt<2\pi$	T_3 ile T_4 iletimde	DC kaynaktan → AC yüke

İnverter modu

Aktif elemanların ort. akımı daha büyük ise.

Doğrultucu modu

Pasif elemanların ort. akımı daha büyük ise

Özellikleri

- 4 aktif + 4 pasif eleman
- Kare dalga kontrolü uygulandığında AC gerilimin frekansı ayarlanabilir fakat değeri ayarlanamaz.
- DC akımda → Dalgalanma
  AC gerilimde → Harmonik oluşur.
- Yüksek güçlü uygulamalarda tercih edilir.

www.ytukampus.com

Tek Fazlı Push-Pull Kare Dalga İnverter

- 2 aktif + 1 pasif eleman
- Giriş akımında → dalgalanma
- Çıkış akımında → harmonik oluşur
- Giriş sargısı orta uçlu bir transformatör gerektirir.
- Basit, kolay kontrollü ve ucuzdur.
- Çıkış gerilimi izolasyon gerektiren uygulamalarda kullanılır.

$$V_{abs} = \frac{2.V_d}{a}$$

$$I_d = 2.(I_{TAV} - I_{DAV})$$

$$P_d = V_d . I_d$$

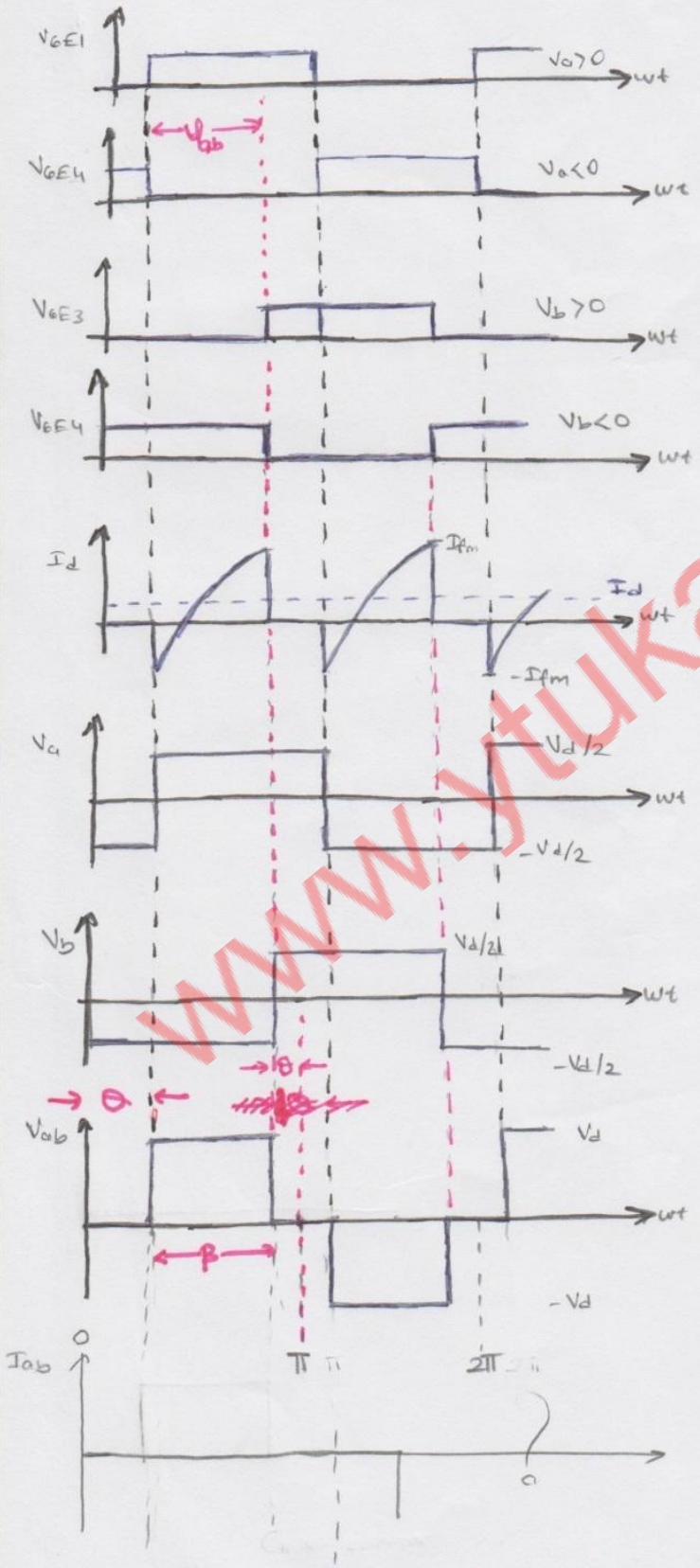
V_{abs}: Transformatör çıkışı AC gerilim.
a: Trafo dönüşüm oranı
P_d: giriş gücü
I_d: giriş akımı
V_d: giriş gerilimi

www.ytukampus.com

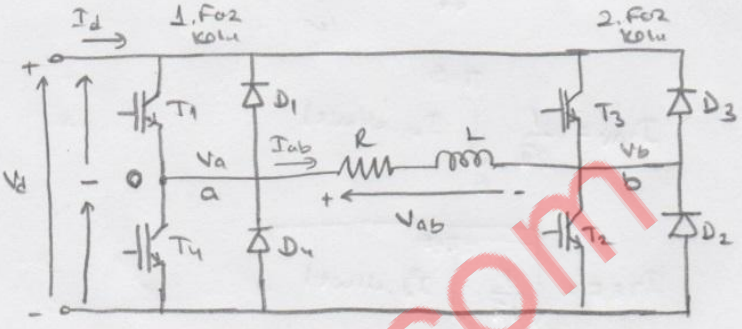
Tek fazlı Kısmi Kare Dalga İnverterler

Kısmi Kare Dalga Kontrolü;

- AC çıkış gerilimi ve frekansını kontrol eder → $0<\omega t<\pi$ aralığında V_d ; $\pi<\omega t<2\pi$ " $-V_d$' yi kontrol eder.
- Tek fazlı tam köprü inverter uygulanır.
- Kontrol sinyali a ve b fazlarına uygulanır.



Tek Fazlı Tam Köprü inverterin Kısmi Kare Dalga Kontrolünde Ohmik-End. yük ve $\varphi_{ab}=120°$ için Temel Dalga Şekilleri



(Tek Fazlı Tam Köprü İnverter)

$$\beta = \varphi_{ab} = \pi - 2\theta$$

[β: Darbe genişliği; θ: Boşluk; φ_{ab}: Faz farkı]

$$V_{ab} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\theta}^{\pi-\theta} V_d^2\, d(\omega t)} = V_d\cdot\sqrt{\frac{1}{\pi}\left|(\omega t)\right|_{\theta}^{\pi-\theta}}$$

$$V_{ab} = V_d\cdot\sqrt{\frac{\pi-2\theta}{\pi}}$$

$$P_{yük} = \frac{V_{dc}^2}{R}$$

Kök içindeki ifade m_d olsun.

m_d : Dolulukoranı

$$m_d = \frac{\pi-2\theta}{\pi} = \frac{\varphi_{ab}}{\pi} = \frac{\beta}{\pi}$$

$$V_{ab} = \sqrt{m_d}\cdot V_d = \sqrt{m_d}\cdot 2V_f$$

↳ Efektif çıkış gerilimi

$$V_{ab_1} = V_{h_1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\cdot V_d\cdot\cos\theta = 2V_{f1}\cdot\cos\theta = 2V_{f1}\cdot\sin\frac{\beta}{2}$$

↳ Çıkış gerilimin efektif temel bileşeni

NOT Çıkış gerilimi β veya φ_{ab}'yi değiştirerek kontrol edilir.

Faz farkı veya darbe genişliği 180° olduğunda kare dalga çalışma olur ve çıkış gerilimi max olur.

www.yukampus.com

$\theta < \omega t < \pi + \theta$ aralığında analiz yapmak yeterlidir.

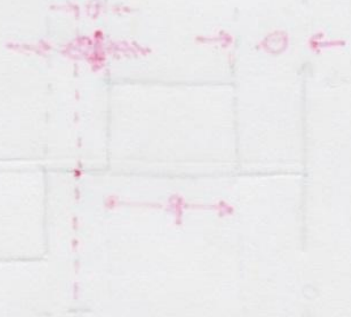
$$V_d = L \cdot \frac{dI_a}{dt} + R \cdot I_a \quad | \quad \theta < \omega t < (\pi - \theta) \text{ aralığında}$$

$$0 = L \cdot \frac{dI_a}{dt} + R \cdot I_a \quad | \quad (\pi - \theta) < \omega t < (\pi + \theta) \text{ "}$$

$$I_{TAV} = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\theta}^{\pi-\theta} I_d \cdot d(\omega t)$$

$$I_{TEF} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\theta}^{\pi-\theta} I_d^2 \cdot d(\omega t)}$$

www.ytukampus.com



(Frekans kontrol ediliyor
Gerilim " edilemiyor.)

120° iletimli Kare Dalga Pwm

- Güç eleman sinyalleri 120° iletimde.
- Pozitif ve negatif sinyaller arasında 60° boşluk var.
- Eşzamanlı olarak daima 2 eleman iletimdedir.

(Frekans kontrol ediliyor
Gerilim " edilemiyor)

180° iletimli Kare Dalga Pwm

- Güç eleman sinyalleri 180° iletimde
- Pozitif ve negatif sinyaller arasında boşluk yoktur.
- Eşzamanlı olarak daima 3'er eleman iletimdedir.

(Frekans ve gerilim kontrol ediliyor)

Sinüsoidal Pwm

- Üçgen dalga şeklindeki taşıyıcı gerilim ile sinüs dalga şeklindeki kontrol gerilimi karşılaştırılarak pozitif ve negatif sinyaller üretilir.
- Mf tek sayı ve en az 9 olmalıdır.
- Çıkış gerilimi kontrolü, kontrol gerilimlerinin genliklerinin değiştirilmesiyle yapılır.
- Taşıyıcı gerilim (üçgen dalga) → Genliği sabit
  → İki yönlü
  → Tam simetrik
- Ük fazı kontrol gerilimi (sinüs dalga) → Genlikler eşit
  → 120° faz farklı
  → İki yönlü
  → Tam simetrik
- Faz gerilimleri: → Tek yönlü
  Fazlar arası " → İki yönlü

www.ytukampus.com

120° İletimli Kare Dalga

$$V_a = V_b = V_c = V_f = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{V_d}{2}$$

$$V_{ab} = V_{bc} = V_{ca} = V_h = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_d = \sqrt{3} \cdot V_f$$

$$V_{a1} = V_{b1} = V_{c1} = V_{f1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot \frac{V_d}{2}$$

$$V_{ab1} = V_{bc1} = V_{ca1} = V_{h1} = \frac{3}{\sqrt{2}\pi} \cdot V_d = \sqrt{3} V_{f1}$$

180° İletimli Kare Dalga

$$V_a = V_b = V_c = V_f = \frac{V_d}{2}$$

$$V_{ab} = V_{bc} = V_{ca} = V_h = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot V_d \neq \sqrt{3} V_f$$

$$V_{a1} = V_{b1} = V_{c1} = V_{f1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{V_d}{2}$$

$$V_{ab1} = V_{bc1} = V_{ca1} = V_{h1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot V_d = \sqrt{3} V_{f1}$$

Sinüsoidal PWM

$$V_a = V_b = V_c = V_f = \frac{V_d}{2} = \text{Sabit}$$

$$V_{ab} = V_{bc} = V_{ca} = V_h = \sqrt{m_d} \cdot V_d = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot m_a \cdot \sqrt{3} \cdot V_f$$

$$V_{a1} = V_{b1} = V_{c1} = V_{f1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot m_a \cdot \frac{V_d}{2} \quad | \; m_f \geq 9 \text{ ve } m_a \leq 1$$

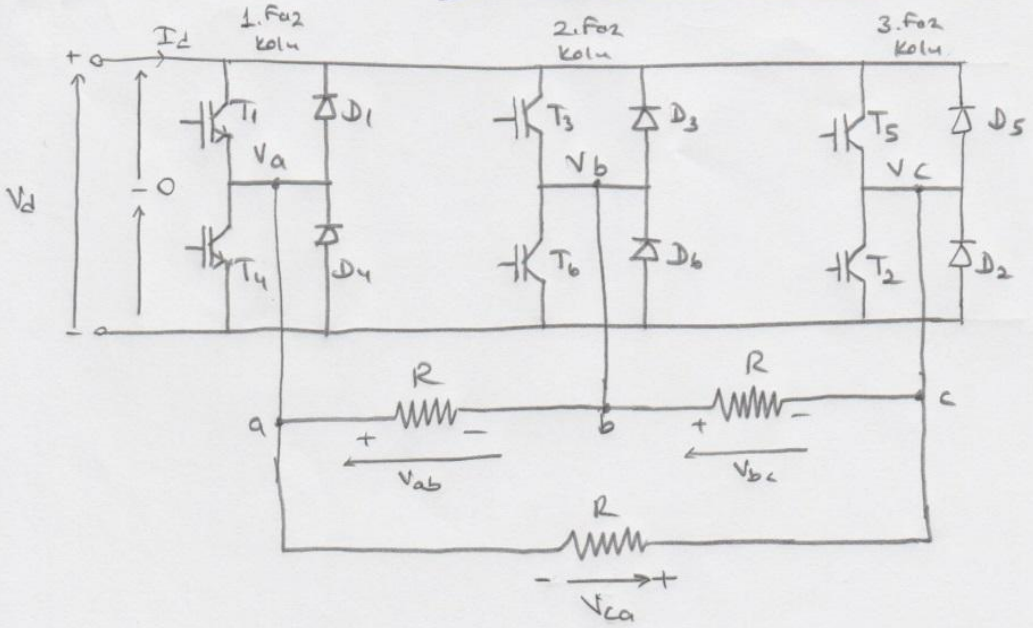
$$V_{ab1} = V_{bc1} = V_{ca1} = V_{h1} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot m_a \cdot \frac{V_d}{2} = \sqrt{3} \cdot V_{f1} \quad | \; "$$

Sinüsoidal PWM Kare Dalga bölgesinde 180° iletimli kare dalga çalışmaya dönüşür.

(32)

www.yukampus.com

ÜÇ FAZLI İNVERTERLER



- Kesintisiz güç kaynakları ve asenkron motor kontrolünde kullanılır.
- 120° ve 180° iletimli inverterler, kare dalga uygulamalarıdır.
- Devredeki her elemanın 120° ve 180° iletimde kalır ve kontrolsüzdür.
- DC giriş gerilimi bir doğrultucu ile AC şebekeden elde edilir.

Darbe genlik modülasyonu: Frekans ile birlikte gerilimde kontrolün gerektiğinde, DC giriş geriliminin bir kontrollü doğrultucu değiştirilmesi ile kontrol sağlanır. Buna darbe genlik modülasyonu denir.

www.ytukampus.com

Üç Fazlı 120° İletimli Kare Dalga İnverter

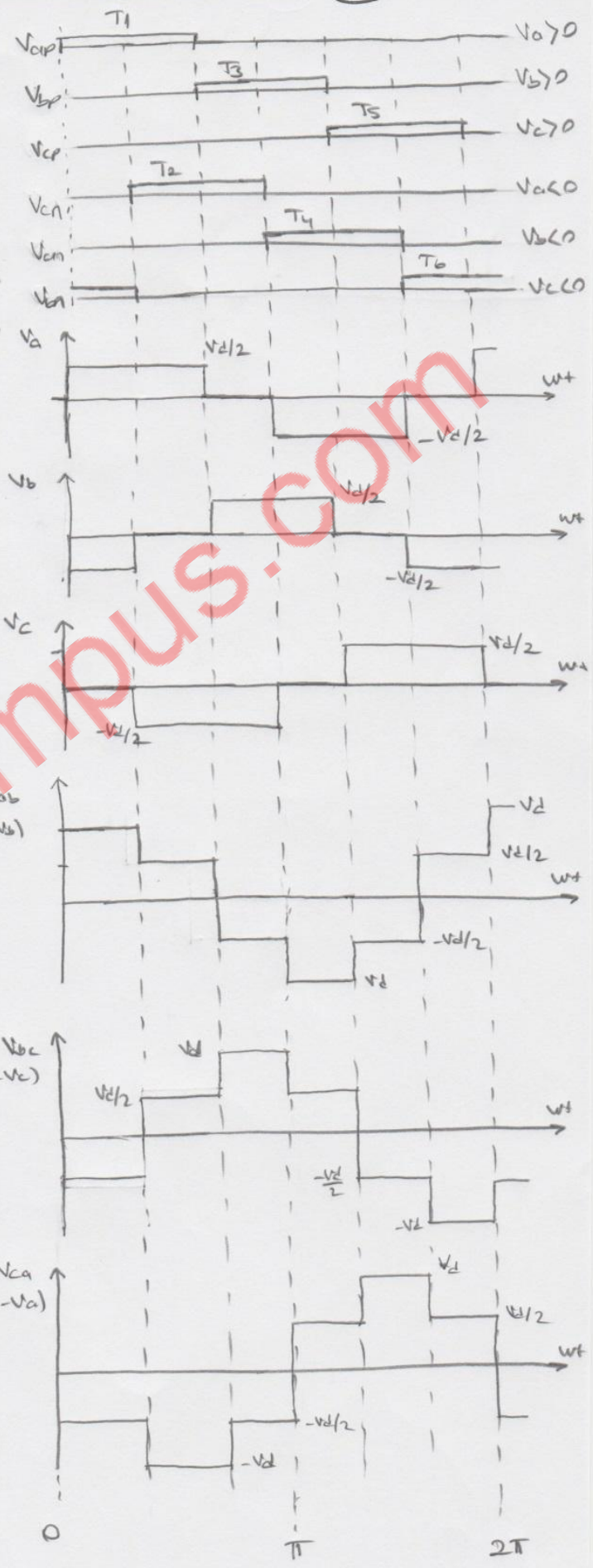
- Frekans kontrol ediliyor.
- Gerilim " ediliyor.
- Her bir güç elemanın sinyali 120° sürelidir.
- Faz gerilimleri arasında 120° faz farkı var.
- Pozitif ve negatif sinyaller arasında 60° boşluk var.
- Eşzamanlı olarak daima 2 eleman iletimdedir.
- Faz gerilimlerinin farkları alınarak fazlararası gerilimler bulunur.
- Fazlararası gerilimler arasında da 120° faz farkı vardır.

$$V_a = V_b = V_c = V_f = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{V_d}{2}$$

$$V_{ab} = V_{bc} = V_{ca} = V_h = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_d = \sqrt{3} \cdot V_f$$

$$V_{a1} = V_{b1} = V_{c1} = V_{f1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot \frac{V_d}{2}$$

$$V_{ab1} = V_{bc1} = V_{ca1} = V_{h1} = \frac{3}{\sqrt{2}\pi} \cdot V_d = \sqrt{3} \cdot V_{f1}$$



(OMİK ve Δ bağlı)
(120°)

www.ytukampus.com

3ü Fazlı 180° İletimli Kare Dalga İnverter

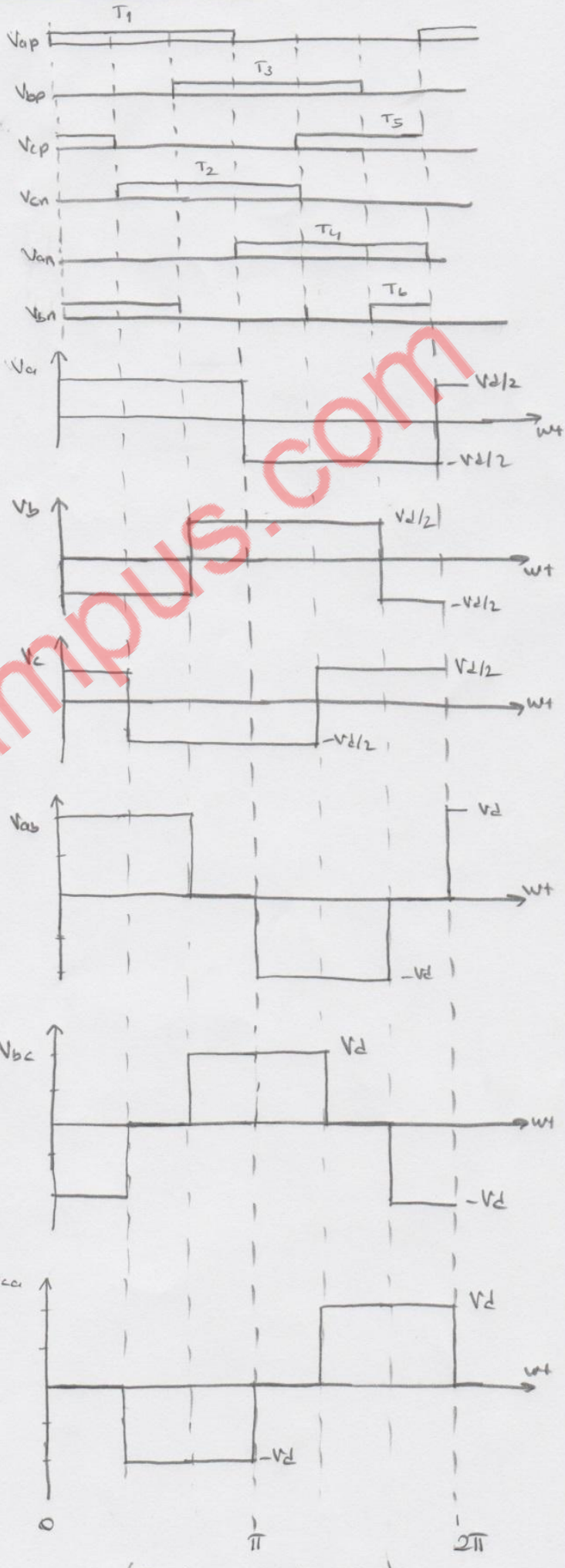
- Frekans kontrol ediliyor.
  Gerilim " ediliyor.
- Her bir güç elemanının sinyali 180° süreli.
- Faz gerilimleri arasında 120° faz farkı var.
- Pozitif ve negatif sinyaller arasında boşluk olmaz.
- Eş zamanlı olarak daima 3'er eleman iletimde.

$$V_a = V_b = V_c = V_f = \frac{V_d}{2}$$

$$V_{ab} = V_{bc} = V_{ca} = V_h = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot V_d \neq \sqrt{3}\, V_f$$

$$V_{a1} = V_{b1} = V_{c1} = V_{f1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{V_d}{2}$$

$$V_{ab1} = V_{bc1} = V_{ca1} = V_{h1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot V_d = \sqrt{3}\, V_{f1}$$



(Omik ve Δ Bağlı 180°)

www.ytukampus.com

Üç Fazlı Sinüsoidal PWM İnverter

- Üçgen dalga şeklindeki taşıyıcı bir gerilim ile üç fazlı sinüs dalga şeklindeki kontrol gerilimlerinin karşılaştırılmasıyla, üç faza ait pozitif ve negatif sinyaller üretilir.
- m_f tek sayı ve en az 9 olmalıdır.
- Çıkış gerilimin kontrolü, üç fazlı kontrol gerilimlerinin genliklerinin değiştirilmesiyle yapılır.
- Taşıyıcı gerilim (üçgen dalga şeklinde) → Genliği sabit, İki yönlü, Tam simetrik
- Üç Fazlı kontrol Gerilimi (sinüs dalga şeklinde) → Genlikleri eşit, 120° faz farklı, İki yönlü, Tam simetrik
- Faz gerilimleri → Tek yönlü
  Fazlararası " → İki yönlü

$$V_a = \begin{cases} V_d/2 & | \; V_{konta} > V_{taş}, \; T_1 \text{ iletimde} \\ -V_d/2 & | \; V_{konta} < V_{taş}, \; T_4 \text{ iletimde} \end{cases}$$

$$V_{ab} = \begin{cases} V_d & | \; T_1 \text{ ve } T_6 \text{ iletimde} \\ 0 & | \; T_1 \text{ ve } T_3 \text{ veya } T_4 \text{ ve } T_6 \text{ iletimde} \\ -V_d & | \; T_3 \text{ ve } T_4 \text{ iletimde} \end{cases}$$

$$V_a = V_b = V_c = V_f = \frac{V_d}{2} = \text{Sabit}$$

$$V_{ab} = V_{bc} = V_{ca} = V_h = \sqrt{m_d} \cdot V_d = \sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot m_a} \cdot \sqrt{3} V_f$$

$$V_{a1} = V_{b1} = V_{c1} = V_{f1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot m_a \cdot \frac{V_d}{2} \quad | \; m_f \geq 9 \text{ ve } m_a \leq 1$$

$$V_{ab1} = V_{bc1} = V_{ca1} = V_{h1} = \sqrt{\frac{3}{2}} m_a \cdot \frac{V_d}{2} = \sqrt{3} V_{f1} \quad | \; m_f \geq 9 \text{ ve } m_a \leq 1$$

www.yildizkampus.com

Devre kayıplarını ihmal ederek, üç fazlı tam köprü türü bir inverter,

a) 120° iletimli kare dalga kontrolü

b) 180° iletimli " " "

c) $m_f \geq 9$ ve $m_a \leq 1$ olmak üzere sinüsoidal PWM kontrolü

d) Kare dalga bölgesinde, sinüsoidal PWM kontrolü uygulanması halinde, 380 V fazlararası efektif temel gerilim üretilebilmesi için DC giriş gerilimin kaç V olması gerektiğini hesaplayınız.

a) 120° iletimli

$$V_{h1} = \frac{3}{\sqrt{2}.\pi} . V_d \Rightarrow 380 = \frac{3}{\sqrt{2}\pi} . V_d \Rightarrow \boxed{V_d = 562,77\ V}$$

b) 180° iletimli

$$V_{h1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} . V_d \Rightarrow 380 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} . V_d \Rightarrow \boxed{V_d = 487,37\ V}$$

c) $m_f \geq 9$ ve $m_a \leq 1$

$m_a = 1$ için

$$V_{h1} = \sqrt{\frac{3}{2}} . m_a . \frac{V_d}{2} \Rightarrow 380 = \sqrt{\frac{3}{2}} . 1 . \frac{V_d}{2} \Rightarrow \boxed{V_d = 620,54\ V}$$

d) Sinüsoidal PWM' kare dalga bölgesinde 180° iletimli kare dalga çalışmaya dönüşür.

$$V_{h1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} . V_d \Rightarrow 380 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} . V_d \Rightarrow \boxed{V_d = 487,37\ V}$$

www.yukampus.com

Soru 1: Düşürücü, yükseltici ve düşürücü-yükseltici dönüştürücüleri, dönüştürme oranı, gerilim kontrol aralığı, boşta çalışabilme açılarından kısaca karşılaştır.

	Dönüştürme Oranı	Kontrol Aralığı	Boşta çalışabilme
Düşürücü	$V_a = \lambda . V_g$	$0 < V_a < V_g$	Var
Yükseltici	$V_a = \frac{1}{1-\lambda} V_g$	$V_g < V_a < \infty$	Yok
Düşürücü-Yükseltici	$V_a = \frac{\lambda}{1-\lambda} . V_g$	$0 < V_a < \infty$	Yok

Soru 2 Aktif ve pasif güç elemanı, geçici ve kararlı rejim, sürekli ve kesintili akım modu terimlerini açıkla.

Aktif ve pasif güç elemanı: Kontrol edilebilen güç elemanı aktif eleman (tristör, IGBT) kontrol edilemeyen güç elemanı pasif eleman (Diyot)

Geçici ve kararlı rejim; Geçici rejim: Endüktans gerilimlerin pozitif ve negatif alanları birbirine eşit olduğu durum

Kararlı rejim: " " " " eşit olmadığı durum.

Sürekli ve Kesintili Akım modu: Sürekli Akım modu: Endüktans (çıkış) akımının hiç sıfıra düşmediği durum.

Kesintili Akım modu: " " " " bir periyotta sıfıra düştüğü durumdur.

Soru 3 AC-PWM kontrol yöntemlerinde, pratik olarak çıkış sinyallerinin nasıl elde edildiğini, çıkış gerilimin değeri ile frekansının nasıl kontrol edildiğini açıkla.

→ Kare veya sinüsoidal kontrol dalgası ile üçgen dalga şeklindeki taşıyıcı dalganın karşılaştırılmasıyla pozitif ve negatif sinyaller oluşur. Bu sinyaller ilgili fazların pozitif ve negatif uçlara uygulanır.

→ Çıkış gerilimi değeri kontrol sinyalinin genliğiyle ayarlanır.

→ Çıkış gerilimin frekansı kontrol gerilimin frekansıyla ayarlanır.

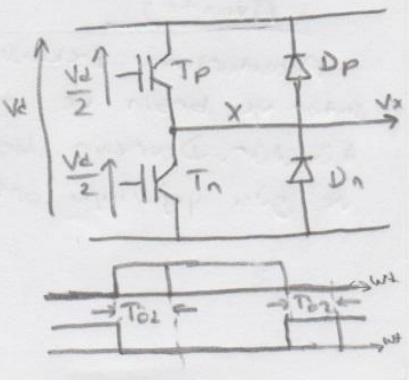
Soru 4 İnverterlerde ölü zamanın ne anlama geldiğini, nasıl belirlendiğini ve ne şekilde sağlandığını kısaca açıkla.

Ölü zaman: Bir faz koluna ait pozitif ve negatif sinyaller arasında bırakılan boşluk.

Niçin Gerekli: DC kaynağın anahtarlama süresince kısa devre olmasını engellemek için.

Nasıl Belirlenir: Ölü zaman toplam anahtarlama süresinden uzun olmalıdır. ($t_{öz} > t_s + t_f$)

Nasıl Sağlanır: Üretilen pozitif ve negatif sinyallerin baştan kesilmesi ile elde edilir.



www.yukampus.com

Soru 5 Üç fazlı 120° ve 180° iletimli inverterlerde iletim açılarının ne anlama geldiğini açıkla. Aynı anda kaç eleman iletimde kalır? Çıkış gerilimi kaçar derecelik aralıklarla değişir?

	İletim Açıları	İletim Durumu	Çıkış Gerilimi
120°	Güç elemanı sinyalleri 120° iletimde ve pozitif ve negatif sinyaller arasında 60° boşluk var.	Aynı anda daima 2 eleman iletimde	Bütün sinyal ve gerilim dalga şekilleri 60° aralıklarla değişir.
180°	Güç elemanı sinyalleri 180° iletimde ve pozitif ve negatif sinyaller arasında boşluk yok.	Aynı anda daima 3'er eleman iletimde	Bütün sinyal ve gerilim dalga şekilleri 60° aralıklarla değişir.

Soru 6: Seri bastırma elemanının ne olduğunu hangi anahtarlama işleminde kullanıldığını ve ne gibi yararlar sağladığını açıkla.

Seri bastırma elemanı endüktans olup, iletime girme işleminde kullanılır. Anahtarın içinden geçen akımın yükselme hızını sınırlayarak, elemanın sıfır akımda anahtarlamasını sağlar.

Soru 7: PWM kontrol yöntemlerinde çıkış gerilimin değer ve frekansının nasıl kontrol edildiğini kısaca anlat. Anahtarlama frekansının nasıl değiştirildiğini, bu frekansı arttırmanın temel avantaj ve dezavantajlarını yaz.

→ Çıkış gerilimi kontrol gerilimin genliğiyle, çıkış frekansı kontrol gerilimin frekansıyla kontrol edilir.

→ Anahtarlama frekansı, taşıyıcı dalganın frekansı değiştirilerek kontrol edilir.

Avantajlar

1. Harmonik içerik azalır.
2. Güç yoğunluğu artar.
3. Endüktans ve kondansatör değerleri küçülür.

Dezavantaj

Anahtarlama kayıpları ve gürültü artar.

Soru 8: Tek fazlı tam köprü çok darbeli bir PWM inverterde kontrol sinyallerinin tek ve iki yönlü kontrollerde nasıl üretildiğini ve hangi anahtarlama uygulandığını kısaca anlat. Çıkış (fazlararası) gerilimleri harmonik içerik açısından anlat.

Kontrol Yöntemi	Sinyallerin nasıl üretildiği	Hangi elemanlara uygulandığı	Harmonik içerik
Tek yönlü PWM	Üçgen dalga hem a hem b fazlarına ait kare dalgayla karşılaştırılır.	$T_1 \rightarrow a+$ $T_3 \rightarrow b+$ $T_2 \rightarrow a-$ $T_4 \rightarrow b-$	Daha düşük
İki yönlü PWM	Üçgen dalga sadece a fazına ait kare dalgayla karşılaştırılır.	T_1 ve $T_2 \rightarrow$ pozitif T_3 ve $T_4 \rightarrow$ Negatif	Daha yüksek.

Soru 9: DC-DC dönüştürücülerde anahtarlama frekansının yükseltilmesinin avantaj ve dezavantajlarını yaz.

Avantaj

Anahtarlama frekansı yükseldikçe, kondansatör, bobin ve transformatör boyutları küçülür. Devrenin boyut ve maliyeti düşer ve güç yoğunluğu artar.

Dezavantaj

Yüksek anahtarlama frekansından dolayı Elektromanyetik Girişim, akım ve gerilimin yükselme hızları, akım ve gerilimin max değerleri ile anahtarlama güç kayıpları artar.

www.ytukampus.com

Soru 10 Kıyıcı türü ve endüktanslı dönüştürücülerin çalışma prensibi ile uygulama alanlarını yaz.

Kıyıcı Türü

→ Bir DC gerilimin yük üzerine anahtarlanmasına dayanır.

→ DC motor kontrolü

Endüktanslı Dönüştürücü

→ Endüktansın enerji aktarımı prensibine dayanır.

→ AÇK - GFD

(40)

Soru 11 DC-AC dönüştürücülerde, inverter modunda ve doğrultucu modunda çalışmayı kısaca anlat. Tam endüktif yükte nasıl bir çalışma olacağını anlat.

→ İnverterlerde ort. enerji akışı pozitif ise yani enerji DC kaynaktan AC yüke doğru ise İNVERTER, ort. enerji akışı negatif ise yani enerji AC yükten DC kaynağa doğru ise DOĞRULTUCU modunda çalışma olusur.

→ Tam endüktif yükte, pozitif ve negatif yarı periyotlarda akımın yükselmesi ve düşmesi lineer olup, aktif ve pasif elemanların akımlarının toplamı sıfırdır.

Soru 12 İnverterlerde tek ve iki yönlü PWM kontrolleri arasında, özellikle kontrol ve çıkış gerilimi kalitesi açısından, ne gibi farklılıklar old. kısaca açıkla.

	Kontrol Açısından	Çıkış Gerilimi Kalitesi
Tek yönlü	Birbirinden 180° faz farkına sahip iki faza ait kontrol sinyalleri ile taşıyıcı dalga olan üçgen dalganın karşılaştırılması ile sinyaller elde edilir	Harmonik olmadığı için daha kaliteli
İki yönlü	Sadece a fazına ait kontrol gerilimi ile taşıyıcı dalga karşılaştırılır.	Harmonik olduğu için kalitesiz.

Soru 13 Temel sürme devrelerinde;

Seri direnç: Girişten akan akımı sınırlar. Gerilim sinyallerin akıma dönüşmesini sağlar.

Paralel direnç: Sızıntı akımlarına karşı koruma eşiği oluşturularak, elemanın kendiliğinden iletime girmesini engeller.

Paralel kondansatör: Yüksek frekanslarda özellikle Rp direncinin yetersiz kaldığı durumlarda dirençle birlikte kullanılarak, filtre oluşturulur, koruma güçlendirilir.

Seri ve paralel diyotlar: Ters gerilim ve akım oluşumunu engeller.

Soru 14 Paralel bastırma elemanı nedir? Hangi anahtarlama işleminde kullanılır?

Paralel bastırma elemanı kondansatör olup, kesime sürme işleminde kullanılır. Gerilimin yükselme hızını sınırlayarak elemanın sıfır gerilimde kesime girmesini sağlar.

www.yukampus.com

Soru 15

Trafo türü	Mıknatıslanma Akımı	Hava Aralığı	Kullanım yönü
İleri yönlü	Küçük $I_m < I_g$	Yok	Tek
Geri dönüşlü	Büyük $I_m = I_g$	Var	Tek
İnverter	Küçük $I_m < I_g$	Yok	Çift

(41)

Sayfa 297

Devre kayıplarını ihmal ederek, üç fazlı tam köprü tüm bir invertere;

a) 120° iletimli kare dalga kontrolü

b) 180° iletimli " " "

c) $m_f \geq 9$ ve $m_a \leq 1$ olmak üzere, sinüsoidal pwm kontrolü

d) Kare dalga bölgesinde, sinüsoidal pwm kontrolü uygulanması halinde, 380 V fazlararası efektif temel gerilim üretilebilmesi için DC giriş gerilimin kaç V olması gerekir.

a) $V_{h1} = \frac{3}{\sqrt{2}\pi} . V_d \Rightarrow 380 = \frac{3}{\sqrt{2}\pi} . V_d \Rightarrow V_d = 562,77\ V$

b) $V_{h1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} . V_d \Rightarrow 380 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} . V_d \Rightarrow V_d = 487,37\ V$

c) $m_a = 1$ ve sinüsoidal

$$V_{h1} = \sqrt{\frac{3}{2}}\, m_a . \frac{V_d}{2} \Rightarrow 380 = \sqrt{\frac{3}{2}} . 1 . \frac{V_d}{2} \Rightarrow V_d = 620,54\ V$$

d) Sinüsoidal pwm kontrolü, kare dalga bölgesinde 180° iletimli kare dalga çalışmaya dönüşür.

$$V_{h1} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} . V_d \Rightarrow 380 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} . V_d \Rightarrow V_d = 487,37$$

www.ytukampus.com

İki fazlı uygulama

DC giriş gerilimi 622 V olan üç fazlı tam köprü türü bir invertere, temel frekansı 50 Hz ve frekans oranı 21 olan tek yönlü sinüsoidal PWM kontrollü uygulanmaktadır. Lineer bölgede çalışan bu inverter vasıtasıyla, bir faza ait direnci 9,5 Ω ve endüktansı 52,4 mH olan üçgen bağlı omik-end. bir yük beslemektedir. Devre kayıplarını ihmal ederek,

a) Darbe sayısı ile anahtarlama frekansını bulunuz.

→ $m_f = 2p = 21$ → $p = 10,5$

→ $m_f = \frac{f_{tas}}{f_{temel}} \Rightarrow 21 = \frac{f_{tas}}{50} \Rightarrow \boxed{f_{tas} = 1050\ Hz}$

b) fazlararası maksimum efektif temel gerilim ve akım ile yükün aktif ve reaktif güçlerini hesaplayınız.

→ $V_{ab1} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot m_a \cdot \frac{V_d}{2} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 1 \cdot \frac{622}{2} = \boxed{380\ V}$

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{9,5^2 + (2.\pi.50.52,4.10^{-3})^2}$

$\boxed{Z = 19\ \Omega}$

→ $I_{ab1} = \frac{V_{ab1}}{Z} = \frac{380V}{19\ \Omega} = \boxed{20\ A}$

→ $\varphi_1 = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) = 60°$

→ $P = 3.V_{ab1}.I_{ab1}.\cos\varphi_1 = 3\ 380.20.\cos 60 = \boxed{11400\ W}$

→ $Q = 3.V_{ab1}.I_{ab1}.\sin\varphi_1 = 3.380.20.\sin 60 = \boxed{19745,37\ VAr}$

c) $m_a = \frac{1}{4}$ için, fazlararası efektif temel gerilim ve akım ile yükün aktif ve reaktif güçlerini hesapla.

→ $V_{ab1} = \sqrt{\frac{3}{2}} m_a V_d = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{622}{2} = \boxed{95\ V}$

→ $I_{ab1} = \frac{V_{ab1}}{Z} = \frac{95}{19} = \boxed{5\ A}$

→ $P = 3.V_{ab1}.I_{ab1}.\cos\varphi_1 = 3.95.5\ \cos 60 = \boxed{712,5\ W}$

→ $Q = 3.V_{ab1}.I_{ab1}.\sin\varphi_1 = \boxed{1234,08\ VAr}$

d) Maksimum güç durumunda, bir transistör ve bir diyottan geçen akımın ortalama ve efektif değerlerini bul.

$m_a = 1$

$I_{TAV} = \frac{1}{2\pi}.\sqrt{2}.I_{f1}.(1+\cos\varphi_1) = \frac{1}{2\pi}.\sqrt{2}.20.(1+\cos 60) = 6,75\ A$

$I_{TEF} = I_{f1}.\sqrt{\frac{1}{2\pi}.(\pi - \varphi_1 + \frac{1}{2}.\sin 2\varphi_1)} = 20.\sqrt{\frac{1}{2\pi}.(\pi - 60 + \frac{1}{2}.\sin 120)} = 59,93\ A$

$I_{DAV} = \frac{1}{2\pi}.\sqrt{2}.I_{f1}.(\cos\varphi_1 - 1) = \frac{1}{2\pi}.\sqrt{2}.20.(\cos 60 - 1) = -2,25\ A$

$I_{DEF} = I_{f1}.\sqrt{\frac{1}{2\pi}.(60 - \frac{1}{2}.\sin 120)} = 61,58\ A$

www.ytukampus.com

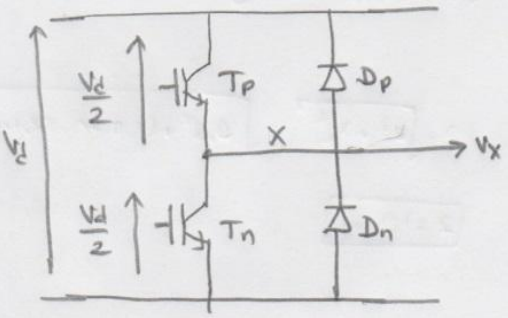
Soru İnverterde ölü zamanın anlamını, niçin gerekli olduğunu ve nasıl sağlandığını basit bir şekil üzerinde kısaca anlat.

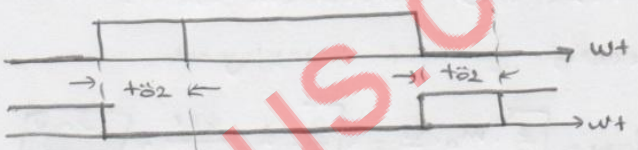
İnverterde bir faz kolunun altındaki ve üstündeki elemanların aynı anda iletime girip kısa devre olmamaları için pozitif ve negatif kontrol sinyallerinin arasında en az yayılma ve düşme sürelerinin toplamı (t_s+t_f) kadar boşluk bırakılır. Bırakılan bu boşluğa veya süreye ölü zaman denir.

Niçin gerekli: Bir faz kolunun altındaki ve üstündeki elemanların kısa devre olmaması için.

Nasıl sağlanır: Pozitif ve negatif kontrol sinyalleri arasında t_s+t_f kadar boşluk bırakılarak sağlanır.

$$t_{ö2} \geq t_s+t_f$$





Soru DC giriş gerilimi 311 V olan tek fazlı tam köprü tüm bir inverter, temel frekansı 50 Hz ve darbe sayısı 100 olan tek yönlü sinüsoidal PWM kontrolü uygulanmaktadır. Yük direnci 9,5 Ω ve endüktansı 17,5 mH'dir. Devre kayıplarını ihmal ederek,

a) Frekans oranı ile anahtarlama frekansını bul.

$m_f = 2p = 2.100 = \boxed{200}$ $\quad m_f = \frac{f_{tas}}{f_{kont}} \rightarrow f_{tas} = 200.50 = \boxed{10\ kHz}$

b) Lineer bölgede elde edilebilecek maksimum efektif temel çıkış gerilimi (V_{h1max})=?

$$V_{h1max} = \frac{1}{\sqrt{2}}.m_a.V_d = \frac{1}{\sqrt{2}}.1.311 = \boxed{220V}$$

c) Lineer bölgede ve $m_a=\frac{1}{2}$ için, efektif temel çıkış gerilimini (V_{h1}) ve buna göre yükün akımı ile faz farkını bul.

$$\rightarrow V_{h1} = \frac{1}{\sqrt{2}}.m_a.V_d = \frac{1}{\sqrt{2}}.\frac{1}{2}.311 = \boxed{110V}$$

$$\rightarrow Z = R+jX_L = 9,5+j(2\pi fL) = 9,5+j(2.\pi.50.17,5.10^{-3}) = 10,9\angle 30,05\ \Omega$$

$$\rightarrow \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) = \boxed{30,05°}$$

$$\rightarrow I_{h1} = \frac{V_{h1}}{Z} = \frac{110}{10,9\angle 30,05} = \boxed{10,08\angle -30,05\ A}$$

d) Lineer bölgede ve $m_a=\frac{1}{2}$ için yükün görünen, aktif ve reaktif güçleri ile güç katsayısını hesapla.

$$\rightarrow S = q.V_{h1}.I_{h1} = 1.110.10,08 = \boxed{1102,31\ VA}$$

$$\rightarrow P = q.V_{h1}.I_{h1}.\cos\varphi_1 = 1.110.10,08.\cos(30,05) = \boxed{954,058\ W}$$

$$\rightarrow Q = q.V_{h1}.I_{h1}.\sin\varphi_1 = 1.110.10,08.\sin(30,05) = \boxed{552,0711\ VAr}$$

$$\rightarrow PF = \frac{P}{S} = \frac{954,058}{1102,31} = \boxed{0,865}$$

www.yukampus.com

Sayfa 383 Örnek 7.40 7.Ünite

DC giriş gerilimi 450 V ve frekansı 5 kHz olan bir DC kıyıcı ile 100 A'lik bir DC motor kontrol edilmektedir. Motor akımı sabit olduğuna ve devrede bazı karakteristik özellikleri verilen bir IGBT kullanıldığına göre $\lambda = 3/5$ için

a) IGBT'nin iletim ve anahtarlama ve toplam güç kayıplarını bulunuz.

b) IGBT'nin gövde ve jonksiyon sıcaklıklarını hesaplayınız.

c) IGBT'nin en fazla kaç A'lik bir DC akımda kullanılabileceğini bul.

$V_{CES} = 2,5\ V$
$W_{ON} = 10\ mj$
$W_{off} = 20\ mj$
$R_{\theta jc} = 0,05\ °C/W$
$R_{\theta CA} = 0,15\ °C/W$
$T_{JM} = 125°C$
$T_A = 45°C$

a) → İletim güç kaybı;

$$P_{CON} = V_{CES} \cdot I_{CAV} = V_{CES} \cdot \lambda \cdot I_d = 2,5 \cdot \frac{3}{5} \cdot 100 = 150W$$

→ Anahtarlama güç kaybı;

$$P_{SW} = f_p \cdot (W_{ON} + W_{OFF}) = 5.10^3 \cdot (10.10^{-3} + 20.10^{-3}) = 150\ W$$

→ Toplam güç kaybı;

$$P_{TOT} = P_{CON} + P_{SW} = 150 + 150 = 300\ W$$

b) → IGBT'nin gövde sıcaklığı;

$$T_C = T_A + P_{TOT} \cdot R_{\theta CA} = 45 + 300 \cdot 0,15 = 90°C$$

→ IGBT'nin jonksiyon sıcaklığı;

$$T_j = T_C + P_{TOT} \cdot R_{\theta jc} = 90 + 300 \cdot 0,05 = 105°C$$

c) DC akımda çalışma için

→ $T_{JM} = 125°C$ ve $T_A = 45°C$ için

$$T_{JM} = T_A + P_{TOT}(R_{\theta jc} + R_{\theta CA})$$

$$125°C = 45°C + P_{TOT}(0,05 + 0,15)$$

$$\boxed{P_{TOT} = 400\ W}$$

→ $P_{TOT_{max}} = V_{CES} \cdot I_{DC_{max}} = 400\ W$

$2,5 \cdot I_{DC_{max}} = 400$

$\boxed{I_{DC_{max}} = 160\ A}$

www.ytukampus.com

Soru Giriş gerilimi 24 V ve darbe frekansı 100 kHz olan geri dönüşlü bir DC-DC dönüştürücü üzerinden, 1/2 bağıl iletim süresi ile 1,2 kV ve 10 mA'lik bir DC alıcı beslenecektir. Trafonun sekonder endüktansı 6 mH ve akış kondansatörü 1 nF olarak bilinmektedir

a) Transformatörün dönüştürme oranı hangi değerde olmalıdır?

b) Periyot ile transistör ve diyodun iletim sürelerini hesaplayınız.

c) Transistör ve diyodun ort. akımlarını bulunuz.

d) Sekonder endüktansı akımındaki dalgalanma miktarını bulunuz.

e) Transistör ve diyot en az kaç V'luk olmalıdır?

$V_g = 24V$ $f = 100\ kHz$

$V_a = 1200V$ $\lambda = \frac{1}{2}$

$I_a = 10\ mA$

a) $V_a = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot \frac{V_g}{a}$

$1200 = \frac{1/2}{1-1/2} \cdot \frac{24}{a} \rightarrow \boxed{a = \frac{1}{50}}$

b) $T_P = \frac{1}{f_P} = \frac{1}{100.10^3} = \boxed{10\ \mu s}$, $T_d = \lambda . T_P = 1/2 . 10\mu s = \boxed{5\ \mu s}$, $T_b = (1-\lambda).T_P = \boxed{5\ \mu s}$

c) $I_T = I_g = \frac{\lambda}{1-\lambda} \cdot \frac{I_a}{a} = \frac{1/2}{1-1/2} \cdot \frac{10\ mA}{\frac{1}{50}} = \boxed{0,5\ A}$

$I_D = I_a = \boxed{10\ mA}$

d) $\Delta I_{L_s} = \lambda.(1-\lambda) \cdot \frac{\frac{V_g}{a} + V_a}{f_P . L_s} = \frac{1}{2} \cdot (1-\frac{1}{2}) \cdot \frac{\frac{24}{1/50} + 1200}{10^5 . 6.10^{-3}} = \boxed{1\ A}$

e) $V_T = V_g + a.V_a = 24 + \frac{1}{50} 1200 = \boxed{48\ V}$

$V_D = \frac{V_g}{a} + V_a = \frac{24}{1/50} + 1200 = \boxed{2400\ V}$

www.ytukampus.com

Soru 12 V'luk bir aküden beslenen ve darbe frekansı 50 kHz olan geri dönüşlü bir dönüştürücü ile 1800 V ve 10 mA'lik bir DC alıcı beslemektedir. Kullanılan trafonun sekonder endüktansının 450 mH ve çıkış kondansatörünün 10 nF olduğu bilinmektedir. Doluluk oranı $\frac{3}{4}$ olarak sabit old. göre,

a) Periyot ile transistör ve diyodun iletim sürelerini bul.

$T_p = \frac{1}{f_p} = \frac{1}{50.10^3} = \boxed{20\,\mu s}$, $T_d = \lambda . T_p = \frac{3}{4} . 20\,\mu s = \boxed{15\,\mu s}$, $T_b = (1-\lambda).T_p = (1-\frac{3}{4}).20 = \boxed{5\,\mu s}$

b) Kullanılan trafonun dönüştürme oranını hesapla.

$$V_\alpha = \frac{\lambda}{1-\lambda} . \frac{V_g}{a} \Rightarrow 1800 = \frac{3/4}{1-3/4} . \frac{12}{a} \Rightarrow \boxed{a = \frac{1}{50}}$$

c) Giriş akımı ile gücünü bul.

$$I_g = \frac{\lambda}{1-\lambda} . \frac{I_\alpha}{a} = \frac{3/4}{1-3/4} . \frac{10.10^{-3}}{1/50} = \boxed{1,5\,A} \quad , \quad P_g = I_g V_g = 1,5 . 12 = \boxed{18\,W}$$

d) Çıkış akımının sabit old. kabul ederek, trafonun primer ve sekonderine göre ort. endüktans akımlarını bul.

$$I_{Lp} = I_g + \frac{I_\alpha}{a} = 1,5 + \frac{10.10^{-3}}{1/50} = \boxed{2\,A}$$

$$I_{Ls} = I_\alpha + I_g . a = 10.10^{-3} + 1,5 \frac{1}{50} = \boxed{40\,mA}$$

e) Çıkış akımının sabit old. kabul edilerek, transistör ve diyot akımlarının ort. değerlerini hesapla.

$$I_T = I_g = 1,5\,A$$

$$I_D = I_\alpha = 10\,mA$$

f) Trafonun sekonder endüktansı akımı ile çıkış geriliminin dalgalanma miktarını bul.

$$\Delta I_{Ls} = \lambda_1 (1-\lambda) . \frac{\frac{V_g}{a} + V_\alpha}{f_p . L_s} = \frac{3}{4} . (1-\frac{3}{4}) . \frac{\frac{12}{1/50} + 1800}{50.10^3 . 450.10^{-3}} = \boxed{20\,mA}$$

$$\Delta V_c = \frac{\lambda . I_\alpha}{f_p . C} = \frac{3/4 . 10.10^{-3}}{50.10^3 . 10.10^{-9}} = \boxed{15\,V}$$

g) Transistör ve diyodun maruz kaldığı gerilimi bul.

$$V_T = V_g + a . V_\alpha = 12 + (\frac{1}{50}) . 1800 = \boxed{48\,V}$$

$$V_D = \frac{V_g}{a} + V_\alpha = \frac{12}{1/50} + 1800 = \boxed{2400\,V}$$

www.yukampus.com