

Bölüm-7

DC-AC Dönüştürücüler

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

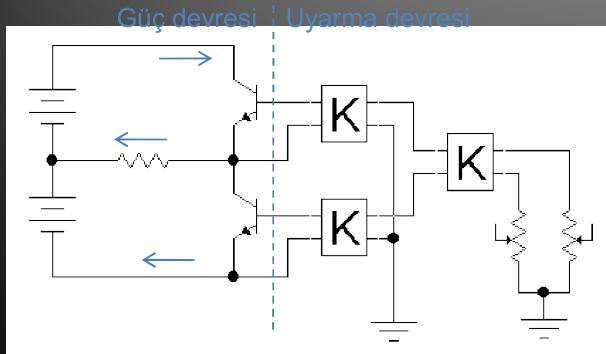
- **GİRİŞ:**
- DC-AC dönüştürücüler, özellikle son dönemlerde güç elektroniği ve endüstriyel elektronik uygulamalarında çok yoğun olarak kullanılmaya başlayan güç devreleridir. DC-AC dönüştürücülerin kullanım alanları,
 - 1) AC motor kontrolunda,
 - 2) Kesintisiz güç kaynaklarında,
 - 3) Rüzgar ve güneş enerji sistemlerinde,
 - 4) İndüksiyonla ısıtmada,
 - 5) Değişken frekanslı uygulamalar.
- DC-AC dönüştürücüleri iki temel grup atında incelemek mümkündür. Bu gruplar,
 - 1) **PWM İnvertörler;**
 - a) Gerilim Kaynaklı (VSI),
1 faz VSI,
3 faz VSI.
 - b) Akım Kaynaklı (CSI),
1 faz CSI,
3 faz CSI.
 - 2) **Rezonanslı İnvertörler;**
 - a) Seri Rezonanslı İnvertörler,
 - b) Paralel Rezonanslı İnvertörlerdir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- **A - GERİLİM KAYNAKLI PWM İNVERTÖRLER (VSI):**
 - Endüstride özellikle Asenkron motorların kontrolunda yoğun olarak kullanılmakta olan PWM invertörler, DC gerilim kaynağını kullanarak değişken frekanslı ve değişken gerilimli AC üretirler.
 - Bu bölümde gerilim kaynaklı türü incelenecek olan PWM invertörlerin en önemli avantajı çıkışta oluşan AC gerilimin genlik ve frekansının çok kolaylıkla ayarlanabilmesidir ki bu sayede senkron ve asenkron motorlarda çok kolaylıkla hız kontrolu yapılabilir.
- 1) 1 fazlı Gerilim Kaynaklı PWM İvertörler (Rezistif yük);
- Bir fazlı VSI invertörler DC gerilim kaynağı kullanarak 1 fazlı, değişken frekanslı ve değişken genlikli AC gerilim elde etmekte kullanılan devrelerdir.
- 1 fazlı tam dalga doğrultucuların tam tersi gibi düşünülebilecek olan bu devrelerde tıpkı 1 fazlı doğrultucularda olduğu gibi iki farklı yöntem kullanılabilmektedir. Bu yöntemler,
 - 1) Simetrik DC kaynakta yarım köprü ile çalışma,
 - 2) Tek DC kaynakta tam köprü ile çalışmadır.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Aşağıdaki Şekil-7.1’de simetrik DC kaynaktan ve rezistif yükte çalıştırılan yarım köprü tipi PWM invertör (VSI) devre bağlantısı görülmektedir.
- Şekilde BJT olarak görülen güç anahtarları yerine gerektiğinde Mosfet veya IGBT’de kullanılabilmektedir.

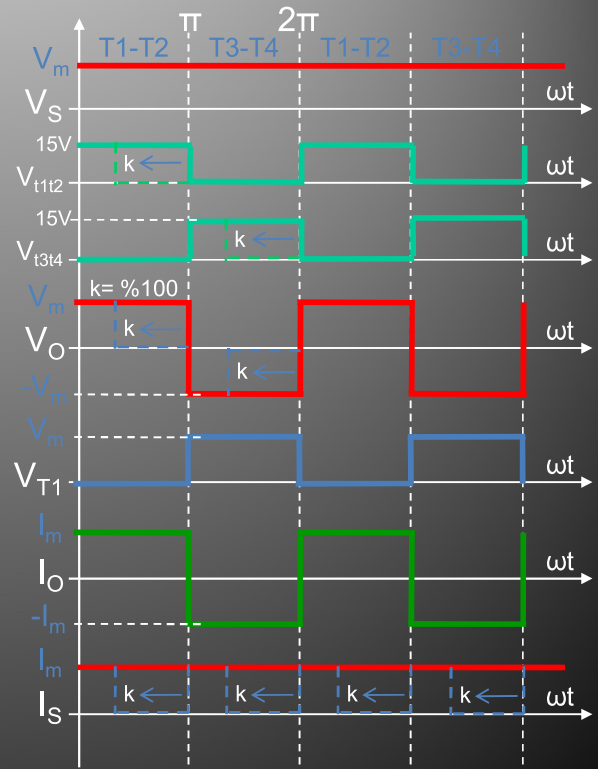


- Şekil-7.1’de görülen yarım köprü invertör devresi, aynı güç ve özelliklerde 2 adet DC kaynak gerektirdiği için pratik kullanım için uygun değildir.
- Devre çıkışında AC gerilim elde edebilmek için T1 ve T3 transistörleri sırayla ve eş zamanlı olarak (push-pull) uyarılmalıdır.
- T1 uyarıldığında V_{s-1} kaynağı yüke bağlanacak ve çıkış gerilimi pozitif olacaktır. T3 uyarıldığında ise V_{s-2} kaynağı yüke bağlanacak ve çıkış gerilimi negatif olacaktır.
- Bu işlem periyodik olarak gerekli olarak frekansta yapıldığında çıkışta istenilen frekanslı AC gerilim elde edilmiş olacaktır.

- Şekil-7.2’de görülen tam köprü invertör devresiyle, tek bir DC kaynak kullanarak yarım köprü invertörle elde edilen sonucun aynısı elde edilebilmektedir.
- Devre çıkışında AC gerilim elde edebilmek için T1-T2 ve T3-T4 transistörleri sırayla ve eş zamanlı olarak (push-pull) uyarılmalıdır.
- T1-T2 uyarıldığında V_s kaynağı yüke bağlanacak ve çıkış gerilimi pozitif olacaktır. T3-T4 uyarıldığında ise V_s kaynağı yüke ters bağlanacak ve çıkış gerilimi negatif olacaktır.
- Bu işlem periyodik olarak yapıldığında çıkışta istenilen frekanslı AC gerilim oluşmaktadır.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.1 ve Şekil-7.2’de görülen yarım köprü ve tam köprü PWM invertörlerin rezistif performansını gösteren dalga şekilleri yan tarafta Şekil-7.3’de verilmiştir.
- Şekilden görüldüğü gibi T1-T2 ve T3-T4 ikililerinin periyodik olarak devreye sokulmasıyla istenen frekansta kare dalga formatında bir AC gerilim çıkış uçlarında oluşmaktadır.
- Burada gerilimlerin tepe değeri (V_m) kaynak gerilimine, akımların tepe değeri (I_m) ise kaynak geriliminin yük direncine (R) oranına eşit olacaktır.
- Çizilen bu dalga şekillerine göre invertörün tüm performans parametreleri hesaplanacaktır.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

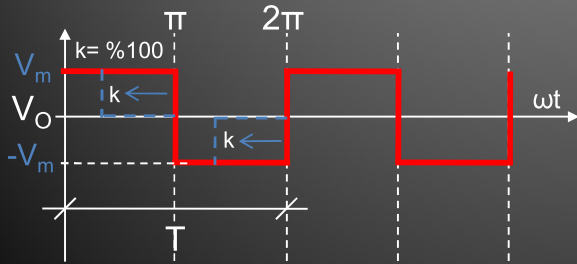
- PWM invertör kullanılarak elde edilen AC gerilimin frekansı tamamen kontrol sinyalinin frekansına bağlı olarak oluşmaktadır.
 - İnvertör kullanılarak elde edilen AC gerilimin genliği ise iki farklı yöntemle kontrol edilebilmektedir. Bu yöntemler,
 - 1) Değişken kaynak gerilimi (V_s) kullanılarak,
 - 2) Değişken etkin periyot (k) kullanılarakdır.
 - PWM invertörlerde adından da anlaşılacağı gibi daha çok ikinci yöntem olan etkin periyot kontrolü yöntemi kullanılmaktadır.
- Değişken frekanslı gerilim gereken uygulamalarda kullanılan 1 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertörün rezistif yükte çalışırken diğer güç devrelerinde olduğu gibi,
 - 1) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 2) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 3) Etkin çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımının ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Anahtar gerilimi,
 - 8) Anahtar akımı,hesaplanabilir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Çıkış geriliminin etkin değeri;
- 1 fazlı gerilim kaynaklı invertörün (VSI) saf rezistif yükte oluşan çıkış gerilimi Şekil-7.4'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değer eşitliği,

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} V_m^2 dt} = \sqrt{k} V_s$$

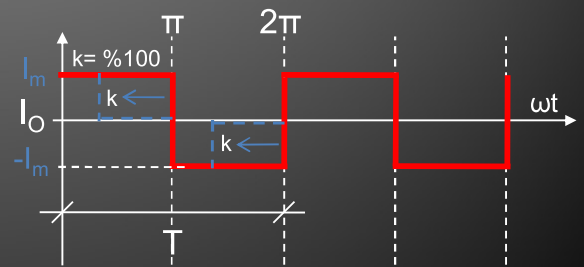
olarak bulunabilecektir.



- 2) Çıkış akımının etkin değeri;
- 1 fazlı gerilim kaynaklı invertörün (VSI) saf rezistif yükte oluşan çıkış akımı Şekil-7.5'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği,

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} I_m^2 dt} = \frac{V_{O(rms)}}{R}$$

olarak bulunabilecektir.

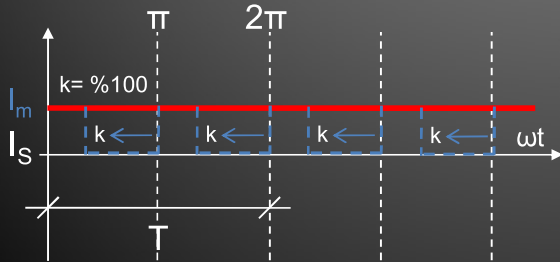


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Etkin çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = I_o \cdot V_o$
- 4) Kaynak akımı ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli,
Şekil-7.6'daki gibi olduğuna göre,

$$I_{S(rms)} = \frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} I_m \cdot dt = \frac{k \cdot V_s}{R}$$

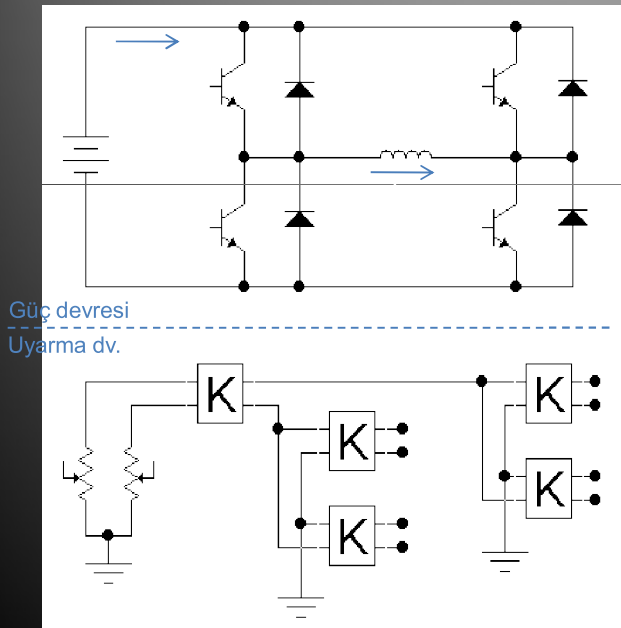
eşitliğinden bulunabilecektir.



- 5) Ortalama giriş gücü;
- Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = I_s \cdot V_s$
eşitliğinden bulunabilecektir.
- 6) Devrenin verimi;
- Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$ olacaktır.
- 7) Anahtar gerilimi,
- Anahtarın üzerine gelecek olan gerilime göre,
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$ olacaktır.
- 8) Anahtar akımı;
- Anahtarın üzerindeki akıma göre;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / R$

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

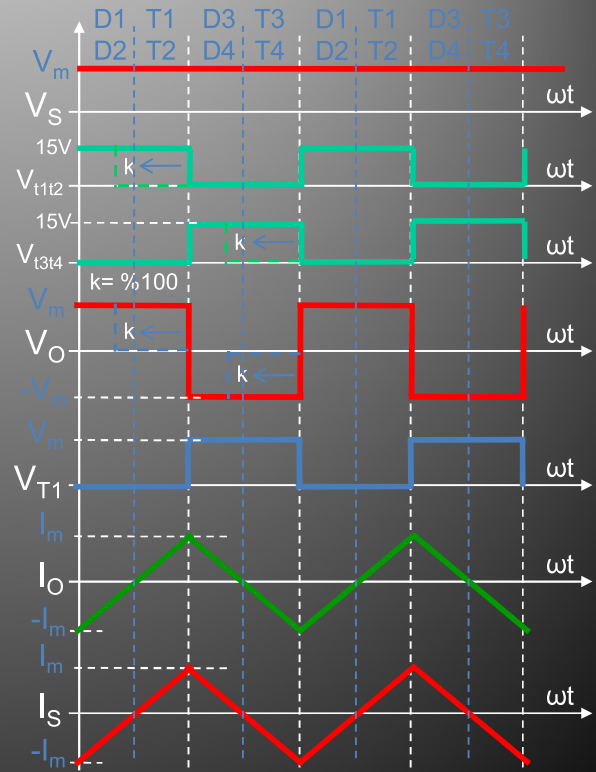
- 1 fazlı Gerilim Kaynaklı PWM Invertörler (Endüktif yükte);
- Şekil-7.7'de endüktif yükte çalışan PWM invertör görülmektedir.



- Şekil-7.7'den görüldüğü gibi yükün endüktif olması durumunda, yük üzerindeki enerjinin boşalabilmesi için devreye serbest geçiş diyotları eklenmiş durumdadır.
- Serbest geçiş diyotları her bir transistöre ters paralel olarak eklemiştir. Bu durumda ortaya çıkan devre daha önce DC kıyıcılarda incelenmiş olan E sınıfı DC kıyıcı devresi olmaktadır.
- Tabii ki burada kontrol mantığı E sınıfı kıyıcıdaki gibi değildir. Bu nedenle devre invertör olarak çalışmaktadır.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.7’de görülen tam köprü PWM invertörün çok endüktif performansını gösteren dalga şekilleri yan tarafta Şekil-7.8’de verilmiştir.
- Şekilden görüldüğü gibi T1-T2 ve T3-T4 ikililerinin periyodik olarak devreye sokulmasıyla istenen frekansta kare dalga formatında bir AC gerilim çıkış uçlarında oluşmaktadır.
- Burada gerilimlerin tepe değeri (V_m) kaynak gerilimine, akımların tepe değeri (I_m) ise kaynak geriliminin yük empedansına (Z) oranına eşit olacaktır.
- Çizilen bu dalga şekillerine göre invertörün tüm performans parametreleri hesaplanacaktır.

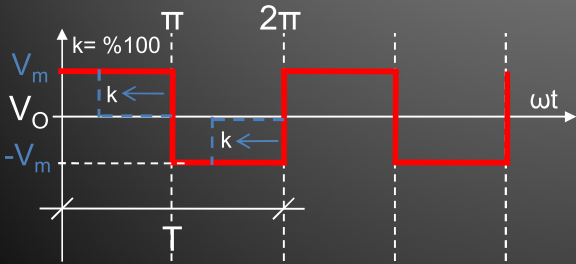


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Çıkış geriliminin etkin değeri;
- 1 fazlı gerilim kaynaklı invertörün (VSI) endüktif yükte oluşan çıkış gerilimi Şekil-7.9'da görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değer eşitliği,

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} V_m^2 dt} = \sqrt{k} V_s$$

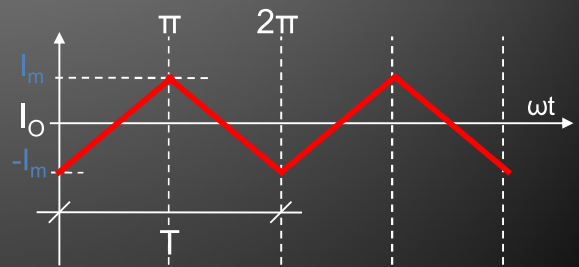
olarak bulunabilecektir.



- 2) Çıkış akımının etkin değeri;
- 1 fazlı gerilim kaynaklı invertörün (VSI) saf rezistif yükte oluşan çıkış akımı Şekil-7.10'da görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği,

$$I_{O(rms)} \cong \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} I_m^2 dt} \cong \sqrt{\frac{k}{2}} \cdot \frac{V_m}{Z}$$

olarak bulunabilecektir.

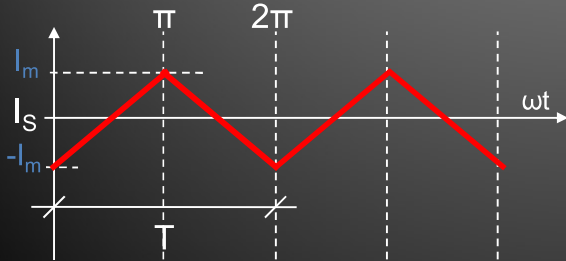


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Etkin çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = I_o \cdot V_o$
- 4) Kaynak akımının etkin değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli,
Şekil-7.11'deki gibi olduğuna göre,

$$I_{S(rms)} \cong \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/4} I_m^2 \cdot dt} \cong \sqrt{\frac{k}{2} \cdot \frac{V_m}{Z}}$$

eşitliğinden bulunabilecektir.



- 5) Ortalama giriş gücü;
- Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = I_s \cdot V_s$
eşitliğinden bulunabilecektir.
- 6) Devrenin verimi;
- Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$ olacaktır.
- 7) Anahtar gerilimi,
- Anahtarın üzerine gelecek olan gerilime göre,
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$ olacaktır.
- 8) Anahtar akımı;
- Anahtarın üzerindeki akıma göre;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / R$

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Örnek:

- 200Vdc şebekede %50 etkin peryotlu uyarmada çalıştırılan 1 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertörün,

- a) 10Ω'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,

- b) 10Ω'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) Rezistif yükte çıkış geriliminin etkin değeri,

$$V_o = V_s \cdot \sqrt{k}$$

$$V_o = 200 \cdot \sqrt{0,5} = 140V \text{ Çıkış akımının etkin değeri,}$$

$$I_o = V_o / R = 140 / 10$$

$$I_o = 14A$$

- Etkin çıkış gücü,

$$P_o = I_o \cdot V_o$$

$$P_o = 14 \cdot 140 = 1,96kW$$

- Kaynak akımının ortalama değeri,

$$I_s = I_m \cdot k = (V_s / R) \cdot k$$

$$I_s = (200 / 10) \cdot 0,5$$

$$I_s = 10A$$

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

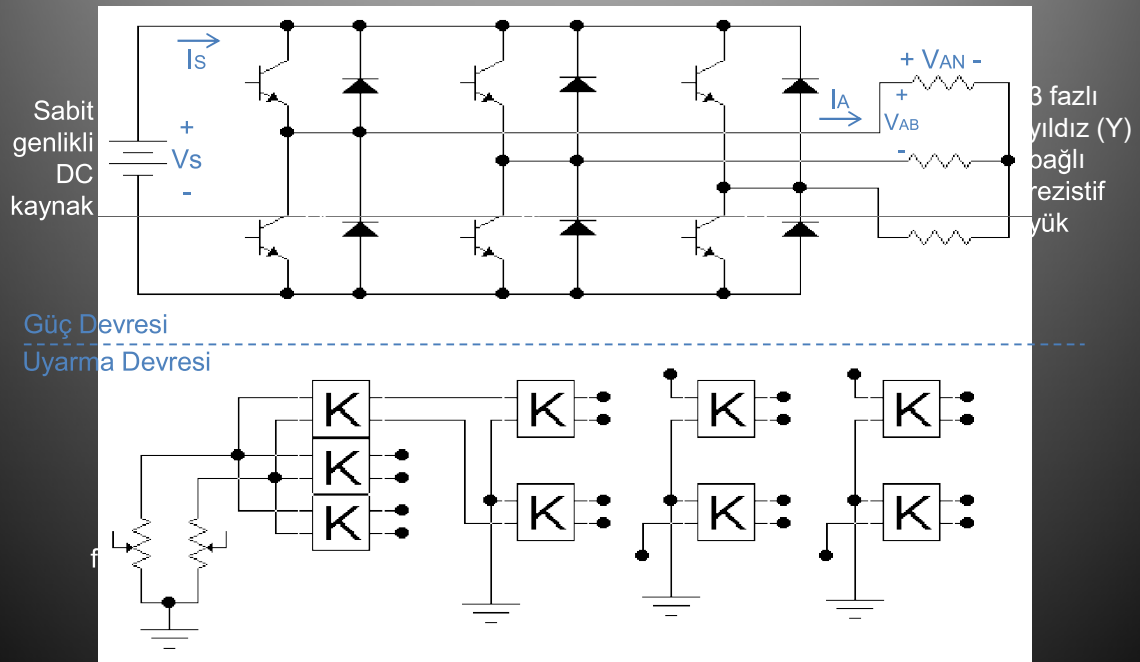
- Kaynaktan çekilen güç,
 $P_s = V_s \cdot I_s = 200 \cdot 10 = 2\text{kW}$
- Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$
 $\eta = 1,96\text{kW} / 2\text{kW} = \%98$
- Anahtar (transistör) akımı,
 $I_T \geq V_m / R + \%30$
 $I_T \geq (200 / 10) \cdot 1,3 \geq 26\text{A}$
- Anahtar (transistör) gerilimi,
 $V_T \geq 200 \cdot 1,3 \geq 260\text{V}$
- b) Endüktif yükte çıkış geriliminin etkin değeri,
 $V_o = V_s \cdot \sqrt{k} = 200 \cdot \sqrt{0,5} = 140\text{V}$
- Çıkış akımı etkin değeri,
 $I_o = (V_s / Z) \cdot \sqrt{(k/2)}$
 $I_o = (200/10) \cdot \sqrt{(0,5/2)} = 10\text{A}$
- Etkin çıkış gücü,
 $P_o = I_o \cdot V_o$
 $P_o = 10 \cdot 140 = 1,4\text{kW}$
- Kaynak akımı etkin değeri,
 $I_s = (V_s / Z) \cdot \sqrt{(k/2)}$
 $I_s = (200/10) \cdot \sqrt{(0,5/2)} = 10\text{A}$
- Kaynaktan çekilen güç,
 $P_s = I_s \cdot V_s$
 $P_s = 10 \cdot 200 = 2\text{kW}$
- Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$
 $\eta = 1,4\text{kW} / 2\text{kW} = \%70$
- Anahtar gerilimi ve akımı,
 $V_T \geq 200 \cdot 1,3 \geq 260\text{V}$
 $I_T \geq (200 / 10) \cdot 1,3 \geq 26\text{A}$

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 2) 3 Fazlı gerilim kaynaklı PWM invertörler (VSI):
 - 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertörler, sanayide çok yoğun olarak kullanılmakta olan 3 fazlı asenkron motorların kontrolü için kullanılmaktadır.
 - Bu invertörler sayesinde asenkron motorların,
 - Yol verme,
 - Hız kontrolü,
 - Yön kontrolü,
 - Frenleme kontrolü,kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.
 - Son yıllarda IPM'ler kullanılarak bu devreler daha da yayılmıştır.
- 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertörlerde kullanılmakta olan 2 farklı kontrol yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler,
 - a- 180° iletim kontrolü,
 - b- 120° iletim kontrolüdür.
 - Bu yöntemlerden birincisi olan 180° iletim kontrolünde, invertörü oluşturan her bir güç elemanı, 180° iletimde, 180°'de yalıtımda tutulmaktadır.
 - İkinci yöntem olan 120° iletim kontrolünde ise invertörü oluşturan her bir güç elemanı, 120° iletimde, 240°'de yalıtımda tutulmaktadır.
 - Şimdi bu yöntemler sırasıyla incelenecektir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı Gerilim Kaynaklı PWM İnvörtör (yıldız bağlı yükte ve 180° iletimde);
- Şekil-7.12'de 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invörtörün (VSI), yıldız yük ve 180° uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görölmektedir.

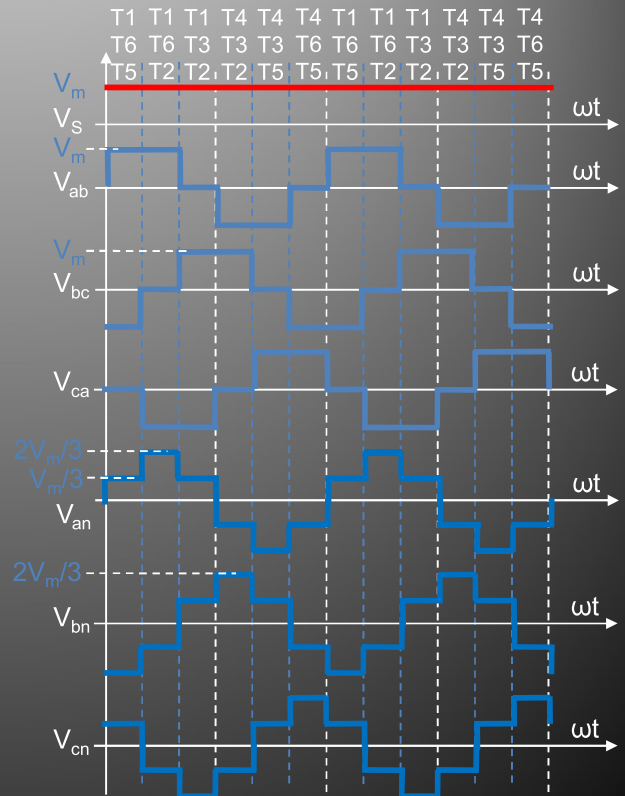
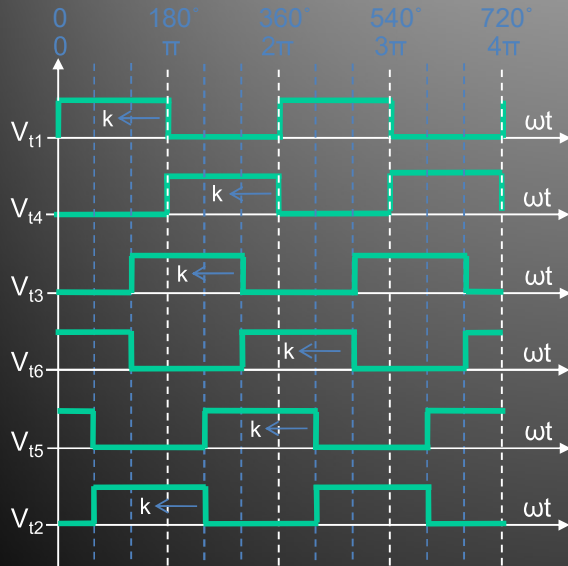


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.12'den görüldüğü gibi, DC kaynaktan 3 fazlı AC elde edebilmek için 3 fazlı doğrultucuda olduğu gibi 6 adet güç anahtarı kullanılarak bir 3 fazlı transistör köprüsü kurulmuştur.
- Köprüdeki transistörlere ters paralel olarak bağlanmış olan diyotlar ise endüktif yüklerde serbest geçişi sağlamak için kullanılmıştır.
- Bu bağlantıda da anahtarlara 3 fazlı köprü doğrultucuda kullanılan numaraların aynısı verilmiştir. Bunun nedeni köprü çıkışında 120'şer derece faz farklı 3 adet AC gerilim oluşabilmesi için aynı sıranın izlenmesi gerekliliğidir.
- Devrenin çıkışına bağlanmış olan yıldız bağlı üçfazlı yük ise her bir transistör ikilisi çıkışına bağlanmıştır. Yük dirençlerinin ortak ucu ise nötr (N) durumundadır.
- Devrenin kontrol edilebilmesi için ise prensip olarak 3 adet PWM üretici kullanılması gerekmekte olup bunlardan her birisi bir fazın oluşmasını sağlamaktadır.
- Her bir PWM devresinin çıkışına da sürücüler bağlanarak (optoc. vb.) transistörlerin etkin olarak kontrolü sağlanmaktadır.
- Uygulamada her üç fazın PWM sinyalleri tek bir mikroişlemci ile üretilmektedir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

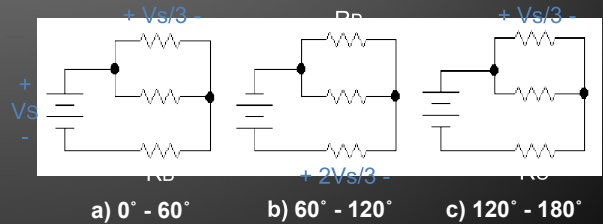
- Şekil-7.12’de görülen 3 fazlı devrenin performansını gösteren uyarma dalga şekilleri Şekil-7.13’de, güç devresi dalga şekilleri de Şekil-7.14’de verilmiştir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.13'den görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine 180 derece faz farklı iki kare dalga kontrol sinyali uygulanacaktır.
- İkinci fazı (B) oluşturabilmek içinse T3 ve T6 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 120 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.
- Üçüncü fazı oluşturmak için ise T5 ve T2 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 240 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.
- Böylelikle 3 fazlı AC elde edebilmek için T1'den T6'ya kadar transistörler 60'ar derece arayla 180° sürülmüş olmaktadır.

- Şekil-7.14'de verilen güç devresi dalga şekillerine bakıldığında yapılan 180 derecelik uyarma sonucunda, istenilen frekansta, 120'şer derece faz farklı ve " V_m " tepe değerli 3 adet hat gerilimi ($V_{ab}, \dots$) ile yine kendi aralarında 120'şer derece faz farklı ve " $2.V_m/3$ " tepe değerli 3 adet faz gerilimi ($V_{an}, \dots$) oluşmaktadır.
- Şekil-7.14'de gösterilen kademeli faz gerilimlerinin oluşumu aşağıda Şekil-7.15'de gösterilmiştir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

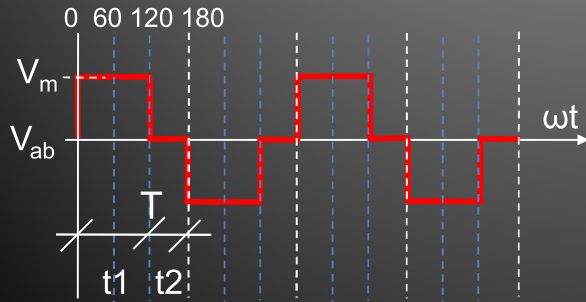
- Şekil-7.15’de verilen yük eşdeğer devrelerinden görüldüğü gibi, ilk 60 derecelik dilimde T1-T6-T5 iletimde olduğu için yük “a” şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rc paralel Rb ise onlara seri durumdadır. Bu durumda Ra üzerinde “ $V_s/3$ ” kadarlık bir gerilim düşümü olacaktır.
 - İkinci 60 derecelik dilimde ise “b” şeklinde görüldüğü gibi Rb-Rc paralel Ra ise onlara seri durumdadır. Bu durumda Ra üzerinde “ $2V_s/3$ ” kadarlık bir gerilim düşümü olacaktır.
 - Üçüncü 60 derecelik dilimde ise Ra direnci yine paralele girdiği için üzerinde “ $V_s/3$ ” görülecektir.
- 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertör devresinin yıldız yükteki daga şekillerinden yararlanarak diğer güç devrelerinde olduğu gibi hesaplamalar yapılabilir.
 - 1) Çıkış faz ve hat gerilimlerinin etkin değeri,
 - 2) Çıkış faz ve hat akımlarının etkin değeri,
 - 3) Etkin çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımı ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Anahtar gerilimi,
 - 8) Anahtar akımı.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1a) Çıkış hat gerilimi etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün (VSI) yıldız yükte oluşan çıkış hat gerilimi Şekil-7.16'da görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değer eşitliği aşağıdadır.

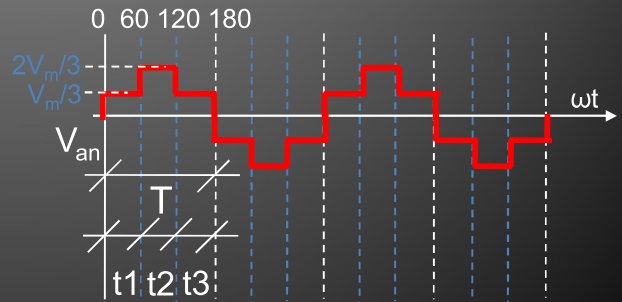
$$V_{ab(rms)} = V_m \cdot \sqrt{k}$$

$$V_{ab(rms)} = V_m \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$



- 1b) Çıkış faz gerilimi etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün (VSI) yıldız yükte oluşan çıkış faz gerilimi Şekil-7.17'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değer eşitliği aşağıdadır.

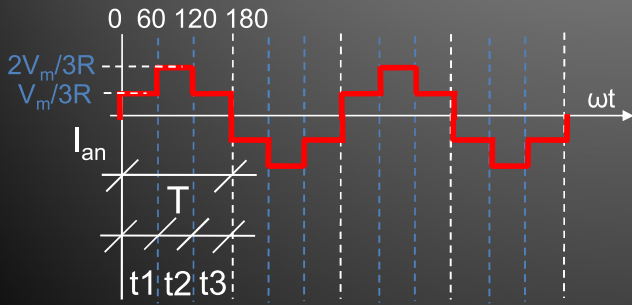
$$V_{an(rms)} \approx (V_m/3) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + (2V_m/3) \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 2) Çıkış hat-faz akımı etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün yıldız yükte oluşan çıkış hat ve faz akımı Şekil-7.18'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği aşağıdadır.

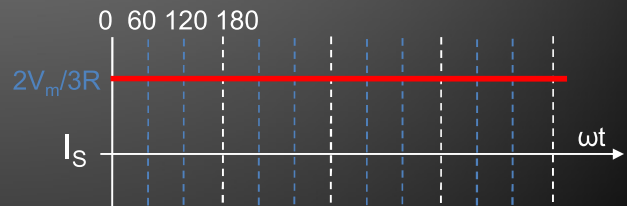
$$I_{a(rms)} \approx (V_m/3R) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + (2V_m/3R) \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$



- 3) Etkin çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = 3/2 \cdot I_{an} \cdot V_{an}$
- 4) Kaynak akımının ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli, Şekil-7.19'daki gibi olduğuna göre,

$$I_s = 2 \cdot V_m / 3 \cdot R$$

eşitliğinden bulunabilecektir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

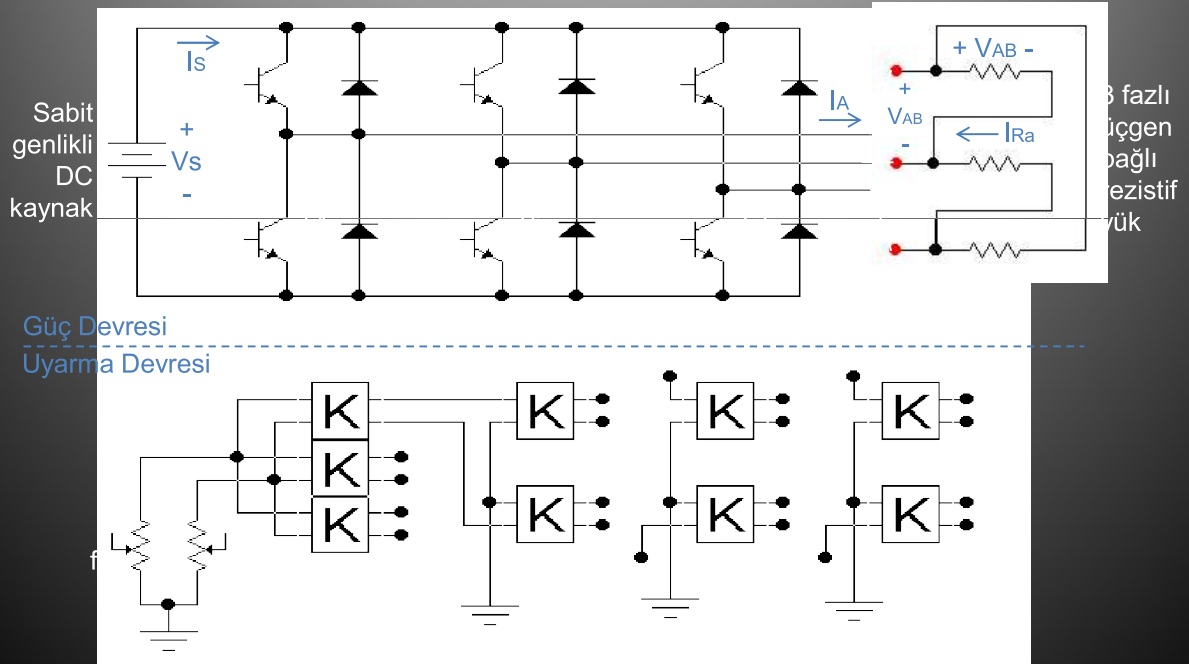
- 5) Ortalama giriş gücü;
■ Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = I_s \cdot V_s$
eşitliğinden bulunabilecektir.
- 6) Devrenin verimi;
■ Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$ olacaktır.
- 7) Anahtar gerilimi,
■ Anahtarın üzerine gelecek olan gerilime göre,
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$ olacaktır.
- 8) Anahtar akımı;
■ Anahtarın üzerindeki akıma göre;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot 2V_m / 3R$
- Bilindiği gibi 3 fazlı sistemde yıldız bağlantının yanısıra üçgen bağlantı da özellikle yüksek güçlerde kullanılmaktadır.
- 180 derece iletimde yıldız bağlı yükteki performansını incelediğimiz 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invetörün üçgen bağlı yükte çalıştırılması durumunda devre yapısında, dalga şekillerinde ve performans hesaplamalarında oluşacak değişiklikler yine 180 derece çalışma durumu için aşağıdaki bölümde ayrıntısıyla incelenecektir.

ÖDEV-14

- 14.1) 300Vdc şebekede, 100Hz frekanslı ve %50 etkin peryotlu PWM ile çalıştırılan ve 6Ω rezistif bir yükü besleyen 1 fazlı VSI'nın,
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.
- 14.2) 500Vdc şebekede, 100Hz frekans ve 180° iletim modunda çalıştırılan ve 5Ω yıldız bir yükü besleyen 3 fazlı VSI'nın,
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı Gerilim Kaynaklı PWM İnvörtör (üçgen bağlı yükte ve 180° iletimde);
- Şekil-7.20'de 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invörtörün (VSI), üçgen yük ve 180° uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görülmektedir.

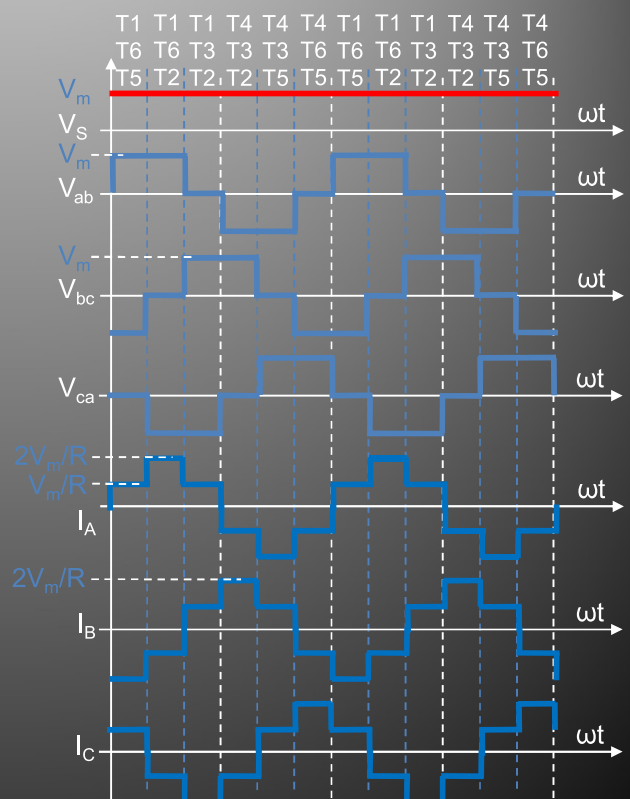
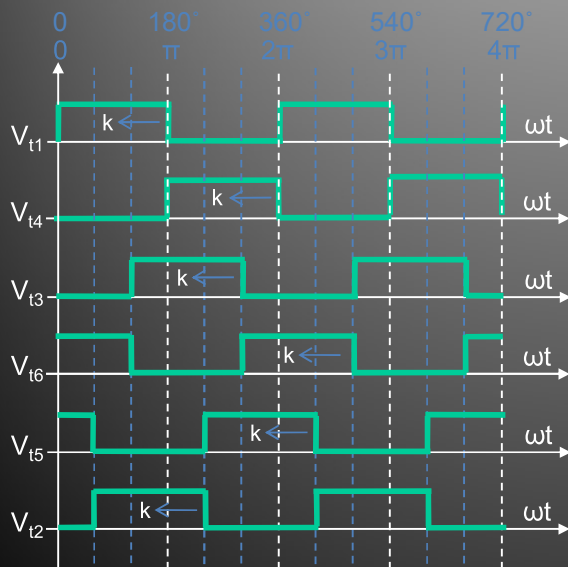


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.20’den görüldüğü gibi, DC kaynaktan üçgen yükte 3 fazlı AC elde edebilmek için 3 fazlı doğrultucuda olduğu gibi 6 adet güç anahtarı kullanılarak bir 3 fazlı transistör köprüsü kurulmuştur.
- Köprüdeki transistörlere ters paralel olarak bağlanmış olan diyotlar ise endüktif yüklerde serbest geçişi sağlamak için kullanılmıştır.
- Bu bağlantıda da anahtarlara 3 fazlı köprü doğrultucuda kullanılan numaraların aynısı verilmiştir. Bunun nedeni köprü çıkışında 120’şer derece faz farklı 3 adet AC gerilim oluşabilmesi için aynı sıranın izlenmesi gerekliliğidir.
- Devrenin çıkışına bağlanmış olan üçgen bağlı üç fazlı yükün köşeleri ise her bir transistör ikilisi çıkışına bağlanmıştır. Bilindiği gibi üçgen bağlantıda nötr noktası oluşmamaktadır.
- Devrenin kontrol edilebilmesi için ise prensip olarak 3 adet PWM üretici kullanılması gerekmekte olup bunlardan her birisi bir fazın oluşmasını sağlamaktadır.
- Her bir PWM devresinin çıkışına da sürücüler bağlanarak (optoc. vb.) transistörlerin etkin olarak kontrolü sağlanmaktadır.
- Uygulamada her üç fazın PWM sinyalleri tek bir mikroişlemci ile üretilmektedir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

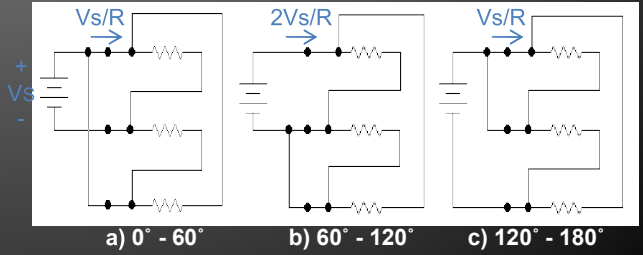
- Şekil-7.20’de görülen 3 fazlı devrenin performansını gösteren uyarma dalga şekilleri Şekil-7.21’de, güç devresi dalga şekilleri de Şekil-7.22’de verilmiştir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.21'den görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine 180 derece faz farklı iki kare dalga kontrol sinyali uygulanacaktır.
- İkinci fazı (B) oluşturabilmek içinse T3 ve T6 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 120 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.
- Üçüncü fazı oluşturmak için ise T5 ve T2 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 240 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.
- Böylelikle 3 fazlı AC elde edebilmek için T1'den T6'ya kadar transistörler 60'ar derece arayla 180° sürülmüş olmaktadır.

- Şekil-7.22'de verilen güç devresi dalga şekillerine bakıldığında yapılan 180 derecelik uyarma sonucunda, istenilen frekansta, 120'şer derece faz farklı ve " V_m " tepe değerli 3 adet hat-faz gerilimi ($V_{ab}, \dots$) ile yine kendi aralarında 120'şer derece faz farklı ve " $2.V_m/R$ " tepe değerli 3 adet hat akımı ($I_a, \dots$) oluşmaktadır.
- Şekil-7.22'de gösterilen kademeli hat akımlarının oluşumu aşağıda Şekil-7.23'de gösterilmiştir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

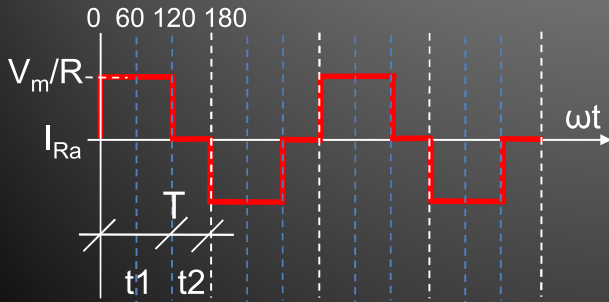
- Şekil-7.23’de verilen yük eşdeğer devrelerinden görüldüğü gibi, ilk 60 derecelik dilimde T1-T6-T5 iletimde olduğu için yük “a” şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rb paralel Rb ise kısa devre durumdadır. Bu durumda çıkış A faz hattı üzerinden “ V_s/R ” kadarlık bir akım geçişi olacaktır.
 - İkinci 60 derecelik dilimde ise “b” şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rc paralel Rc ise kısa devre durumdadır. Bu durumda çıkış A faz hattı üzerinden “ $2V_s/R$ ” kadarlık bir akım geçişi olacaktır.
 - Üçüncü 60 derecelik dilimde ise Ra direnci kısa devreye girdiği için hat üzerinde “ V_s/R ” görülecektir.
- 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertör devresinin üçgen yükteki daga şekillerinden yararlanarak diğer güç devrelerinde olduğu gibi hesaplamalar yapılabilir.
 - 1) Çıkış faz ve hat akımlarının etkin değeri,
 - 2) Çıkış faz ve hat gerilimlerinin etkin değeri,
 - 3) Etkin çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımı ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Anahtar gerilimi,
 - 8) Anahtar akımı.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1a) Çıkış faz akımı etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün (VSI) üçgen yükte oluşan çıkış faz akımı Şekil-7.24'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış faz akımının etkin değer eşitliği aşağıdadır.

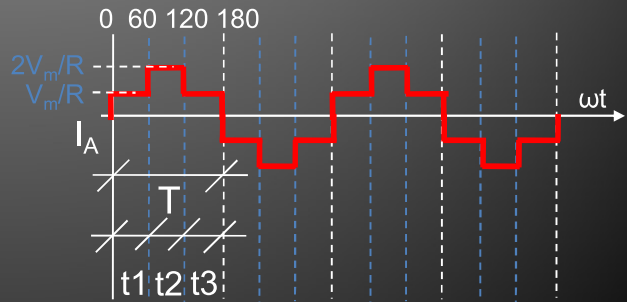
$$I_{Ra(rms)} = V_m/R \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{Ra(rms)} = V_m/R \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$



- 1b) Çıkış hat akımı etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün (VSI) üçgen yükte oluşan çıkış hat akımı Şekil-7.25'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış hat akımının etkin değer eşitliği aşağıdadır.

$$I_{A(rms)} \approx (V_m/R) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + (2V_m/R) \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$

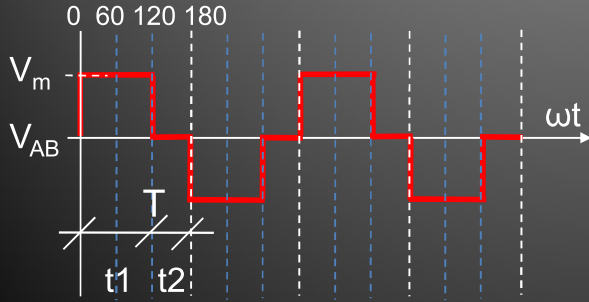


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 2) Çıkış hat-faz gerilimi etkin değr.;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün üçgen yükte oluşan çıkış hat ve faz gerilim Şekil-7.26'da görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değr eşitliği aşağıdadır.

$$V_{AB(rms)} = V_m \cdot \sqrt{k}$$

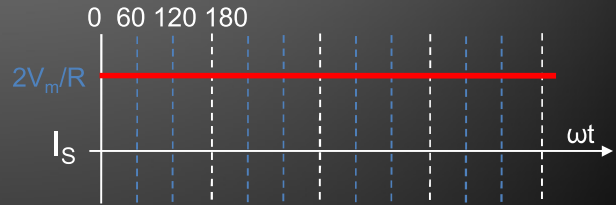
$$V_{AB(rms)} = V_m \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$



- 3) Etkin çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = 3 \cdot I_{Ra} \cdot V_{AB}$
- 4) Kaynak akımının ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli, Şekil-7.27'deki gibi olduğuna göre,

$$I_s = 2 \cdot V_m / R$$

eşitliğinden bulunabilecektir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 5) Ortalama giriş gücü;
- Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = I_s \cdot V_s$
eşitliğinden bulunabilecektir.
- 6) Devrenin verimi;
- Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$ olacaktır.
- 7) Anahtar gerilimi,
- Anahtarın üzerine gelecek olan gerilime göre,
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$ olacaktır.
- 8) Anahtar akımı;
- Anahtarın üzerindeki akıma göre;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot 2 \cdot V_m / R$

■ Örnek:

- 200Vdc şebekede 180 derece uyarmada çalıştırılan 3 fazlı gerilim kayn. PWM invertörün,
- a) $3 \times 10\Omega$ 'luk yıldız bağlı yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- b) $3 \times 10\Omega$ 'luk üçgen bağlı yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) $3 \times 10\Omega$ 'luk yıldız bağlı yük beslenmesi durumunda,
Çıkış hat geriliminin etkin değeri;

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

$$V_{ab(rms)} = V_m \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$

$$V_{ab(rms)} = 200 \cdot \sqrt{(6,66/10)}$$

$$V_{ab(rms)} = 163,21V$$

- Çıkış faz geriliminin etkin değeri;

$$V_{an(rms)} \approx (V_m/3) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} \\ + (2V_m/3) \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$

$$V_{an(rms)} \approx (200/3) \cdot \sqrt{[(6,66) / 10]} \\ + (2.200/3) \cdot \sqrt{(3.33 / 10)}$$

$$V_{an(rms)} \approx 54,4 + 76,94$$

$$V_{an(rms)} \approx 131,3V$$

- Çıkış faz ve hat akımlarının etkin değeri;

$$I_{a(rms)} \approx (V_m/3R) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} \\ + (2V_m/3R) \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$

$$I_{a(rms)} \approx (200/3.10) \cdot \sqrt{[(6,66) / 10]} \\ + (2.200/3.10) \cdot \sqrt{(3.33 / 10)}$$

$$I_{a(rms)} \approx 5,44 + 7,69$$

$$I_{a(rms)} \approx 13,13A$$

- Etkin çıkış gücü;

$$P_o = 3/2 \cdot I_a \cdot V_{an}$$

$$P_o = 3/2 \cdot 13,13 \cdot 131,3 = 2,58kW$$

- Kaynak akımının ortalama değeri;

$$I_s = 2 \cdot V_m / 3 \cdot R$$

$$I_s = 2.200 / 3.10 = 13,33A$$

- Kaynaktan çekilen güç;

$$P_s = I_s \cdot V_s$$

$$P_s = 13,33 \cdot 200 = 2,66kW$$

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Devrenin verimi;
 $\eta = P_o / P_i$
 $\eta = 2,58\text{kW} / 2,66\text{kW} = \%97,2$
- Anahtar gerilimi;
 $V_T = V_m \cdot 1,3 = 200 \cdot 1,3 = 260\text{V}$
- Anahtar akımı;
 $I_T = I_m \cdot 1,3 = 200/10 \cdot 1,3 = 26\text{A}$
- b) $3 \times 10\Omega$ 'luk üçgen bağlı yük beslenmesi durumunda,
- Çıkış hat ve faz gerilimlerinin etkin değeri;
 $V_{ab(\text{rms})} = V_m \cdot \sqrt{(t_1/T)}$
 $V_{ab(\text{rms})} = 200 \cdot \sqrt{(6,66/10)}$
 $V_{ab(\text{rms})} = 163,21\text{V}$
- Çıkış hat akımının etkin değeri;
 $I_{a(\text{rms})} \approx (V_m/R) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + (2V_m/R) \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$
 $I_{a(\text{rms})} \approx (200/10) \cdot \sqrt{[(6,66) / 10]} + (2 \cdot 200/10) \cdot \sqrt{(3,33 / 10)}$
 $I_{a(\text{rms})} \approx 16,32 + 23,0 \approx 39,32\text{A}$
- Çıkış faz akımının etkin değeri;
 $I_{Ra(\text{rms})} = V_m/R \cdot \sqrt{(t_1/T)}$
 $I_{Ra(\text{rms})} = 200/10 \cdot \sqrt{(6,66/10)}$
 $I_{Ra(\text{rms})} = 16,32\text{A}$
- Etkin çıkış gücü;
 $P_o = 3 \cdot I_{ra} \cdot V_{ab}$
 $P_o = 3 \cdot 16,32 \cdot 163,21$
 $P_o = 7,99\text{kW}$

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynak akımının ortalama değeri;

$$I_s = 2.V_m / R$$

$$I_s = 2.200 / 10 = 40A$$

- Kaynaktan çekilen güç;

$$P_s = I_s \cdot V_s$$

$$P_s = 40 \cdot 200 = 8,0kW$$

- Devrenin verimi;

$$\eta = P_o / P_i$$

$$\eta = 7,99kW / 8,0kW = \%99,8$$

- Anahtar gerilimi;

$$V_T = V_m \cdot 1,3 = 200 \cdot 1,3 = 260V$$

- Anahtar akımı;

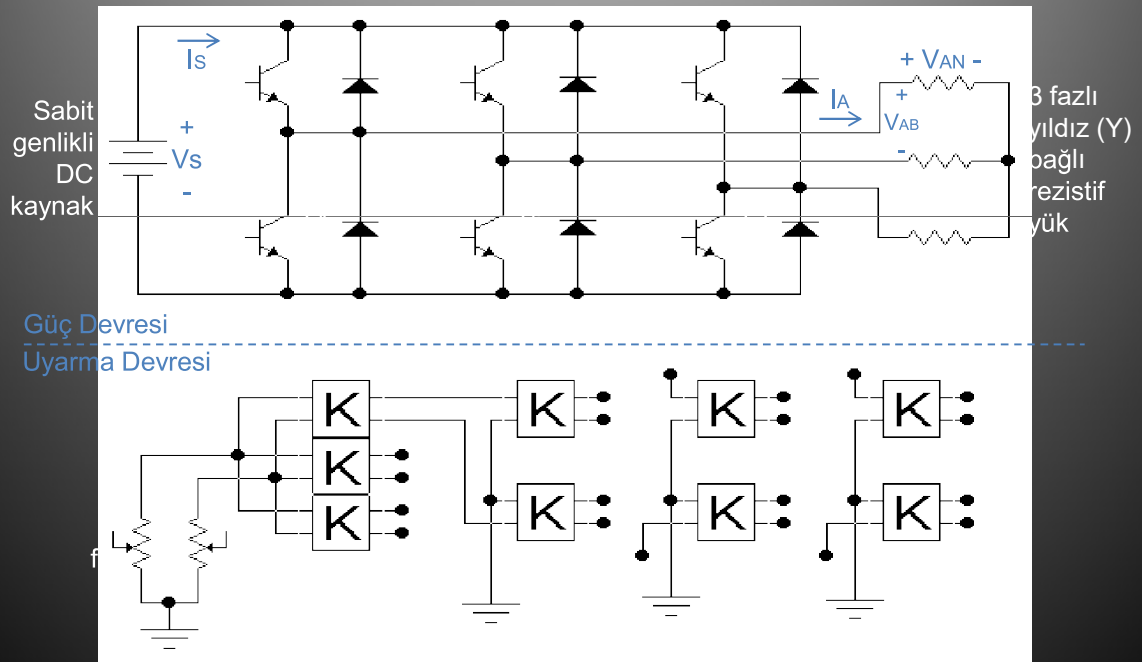
$$I_T = I_m \cdot 1,3 = 200/10 \cdot 1,3 = 26A$$

□ Daha önceden de belirtildiği gibi değişken genlik ve frekanslı üç fazlı sistem oluşturmak için kullanılmakta olan üç fazlı gerilim kaynaklı PWM invertörlerde 180 derece çalışma durumundan farklı olarak bir de 120 derece çalışma durumu da kullanılmaktadır.

□ Bundan sonraki bölümde gerilim kaynaklı PWM invertörün 120° iletim modunda çalıştırılması durumunda oluşacak performansı ayrıntısıyla incelenmeye çalışılacaktır.

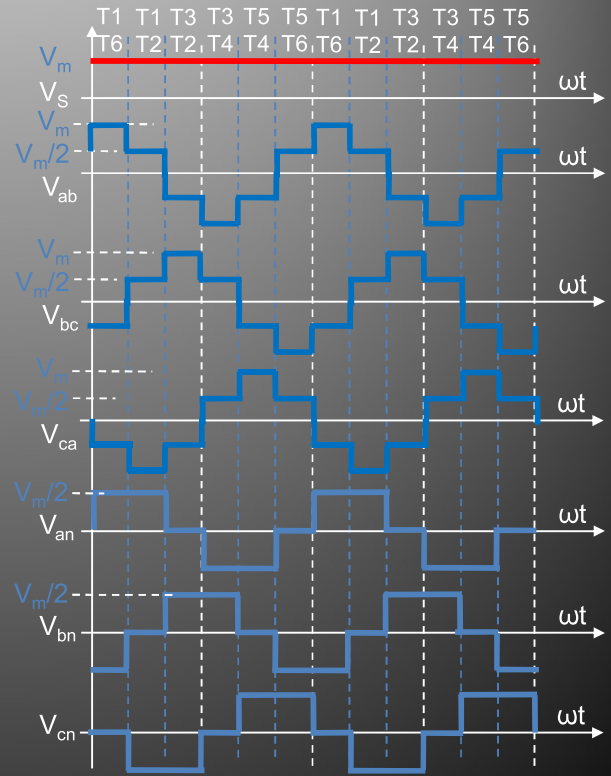
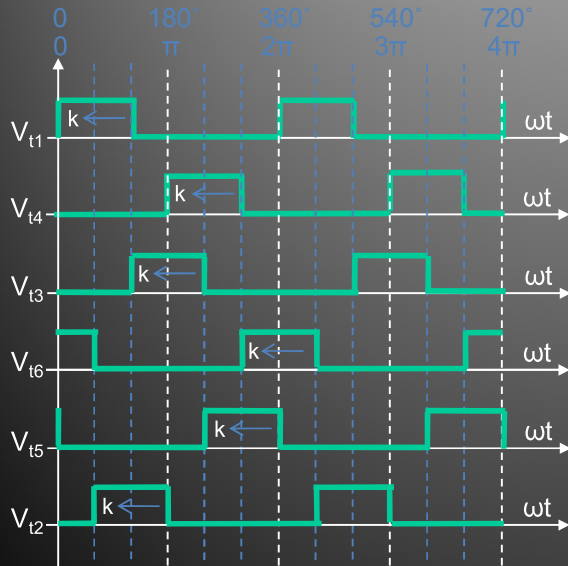
VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı Gerilim Kaynaklı PWM İnvörtör (yıldız bağlı yükte ve 120° iletimde);
- Şekil-7.28'de 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invörtörün (VSI), yıldız yük ve 120° uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görülmektedir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

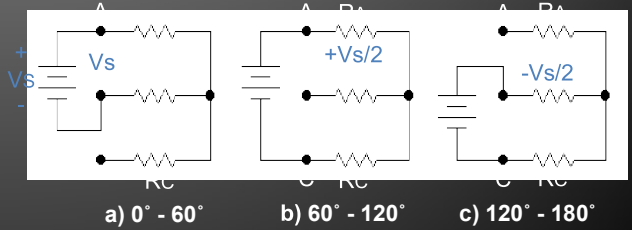
- Şekil-7.28’de görülen 3 fazlı devrenin 120° uyarma performansını gösteren uyarma dalga şekilleri Şekil-7.29’da, güç devresi dalga şekilleri de Şekil-7.30’da verilmiştir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.29'dan görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine 180 derece faz farklı 120° etkin olan kare dalga kontrol sinyali uygulanacaktır.
- İkinci fazı (B) oluşturabilmek içinse T3 ve T6 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 120 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.
- Üçüncü fazı oluşturmak için ise T5 ve T2 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 240 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.
- Böylelikle 3 fazlı AC elde edebilmek için T1'den T6'ya kadar transistörler yine 60'ar derece arayla 120° sürülmüş olmaktadır.

- Şekil-7.30'da verilen güç devresi dalga şekillerine bakıldığında yapılan 120 derecelik uyarma sonucunda, istenilen frekansta, 120'şer derece faz farklı ve " V_m " tepe değerli 3 adet hat gerilimi ($V_{ab}, \dots$) ile yine kendi aralarında 120'şer derece faz farklı ve " $V_m/2$ " tepe değerli 3 adet faz gerilimi ($V_{an}, \dots$) oluşmaktadır.
- Şekil-7.30'da gösterilen kademeli hat gerilimlerinin oluşumu aşağıda Şekil-7.31'de gösterilmiştir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

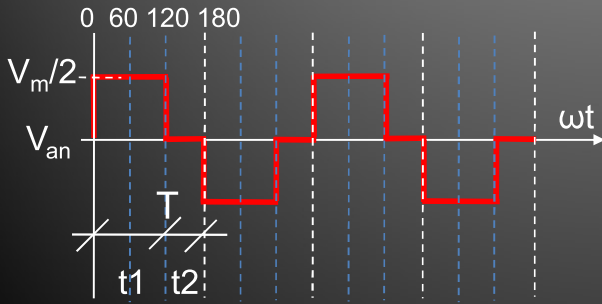
- Şekil-7.31’de verilen yük eşdeğer devrelerinden görüldüğü gibi, ilk 60 derecelik dilimde T1-T6 iletimde olduğu için yük “a” şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rb seri Rc ise boş durumdadır. Bu durumda Ra ve Rb üzerinde “ $V_s/2$ ” kadarlık gerilim düşümleri olacak ve $V_{ab} = V_s$ olacaktır.
 - İkinci 60 derecelik dilimde ise “b” şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rc seri Rb ise boş durumdadır. Bu durumda Ra ve Rc üzerinde “ $V_s/2$ ” kadarlık gerilim düşümleri olacak ve $V_{ab} = V_{ra} = +V_s/2$ olacaktır.
 - Üçüncü 60 derecelik dilimde ise Ra direnci boşta aldığı için $V_{ab} = -V_{rb} = -V_s/2$ olacaktır.
- 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertör devresinin yıldız yükteki daga şekillerinden yararlanarak diğer güç devrelerinde olduğu gibi hesaplamalar yapılabilir.
 - 1) Çıkış faz ve hat gerilimlerinin etkin değeri,
 - 2) Çıkış faz ve hat akımlarının etkin değeri,
 - 3) Etkin çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımı ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Anahtar gerilimi,
 - 8) Anahtar akımı.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1a) Çıkış faz gerilimi etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün yıldız yükte oluşan çıkış faz gerilimi Şekil-7.32'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değer eşitliği aşağıdadır.

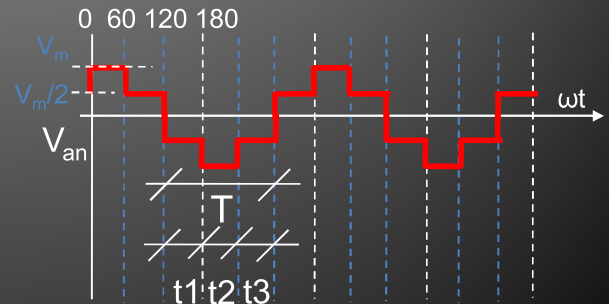
$$V_{an(rms)} = (V_m/2) \cdot \sqrt{k}$$

$$V_{an(rms)} = (V_m/2) \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$



- 1b) Çıkış hat gerilimi etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün yıldız yükte oluşan çıkış hat gerilimi Şekil-7.33'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değer eşitliği aşağıdadır.

$$V_{ab(rms)} \approx (V_m/2) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + V_m \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$

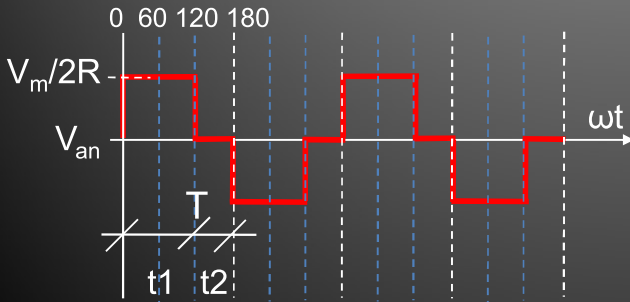


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 2) Çıkış hat-faz akımı etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün yıldız yükte oluşan çıkış hat ve faz akımı Şekil-7.34'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği aşağıdadır.

$$I_{faz(rms)} = (V_m/2R) \cdot \sqrt{k}$$

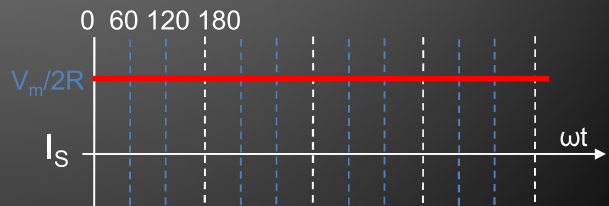
$$I_{faz(rms)} = (V_m/2R) \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$



- 3) Etkin çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = 3 \cdot I_{an} \cdot V_{an}$
- 4) Kaynak akımının ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli, Şekil-7.35'deki gibi olduğuna göre,

$$I_s = V_m / 2R$$

eşitliğinden bulunabilecektir.

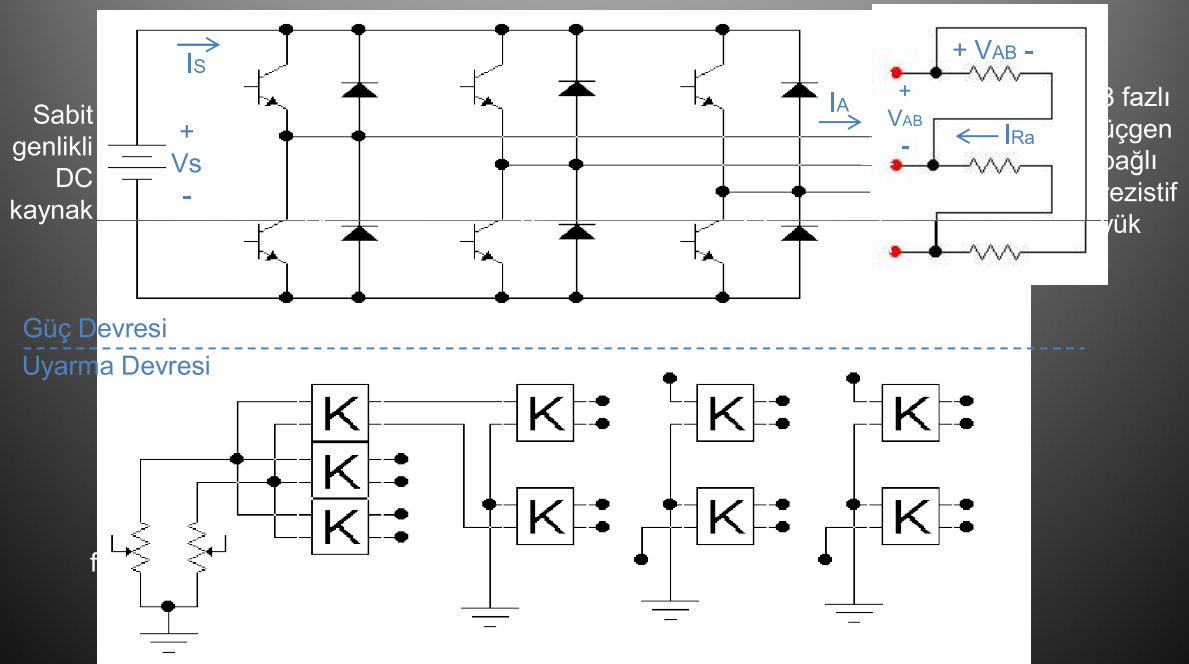


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 5) Ortalama giriş gücü;
■ Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = I_s \cdot V_s$
eşitliğinden bulunabilecektir.
- 6) Devrenin verimi;
■ Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$ olacaktır.
- 7) Anahtar gerilimi,
■ Anahtarın üzerine gelecek olan gerilime göre,
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$ olacaktır.
- 8) Anahtar akımı;
■ Anahtarın üzerindeki akıma göre;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / 2R$
- Bilindiği gibi 3 fazlı sistemde yıldız bağlantının yanısıra üçgen bağlantı da özellikle yüksek güçlerde kullanılmaktadır.
- 120 derece iletimde yıldız bağlı yükteki performansını incelediğimiz 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invetörün üçgen bağlı yükte çalıştırılması durumunda devre yapısında, dalga şekillerinde ve performans hesaplamalarında oluşacak değişiklikler yine 120 derece çalışma durumu için aşağıdaki bölümde ayrıntısıyla incelenecektir.

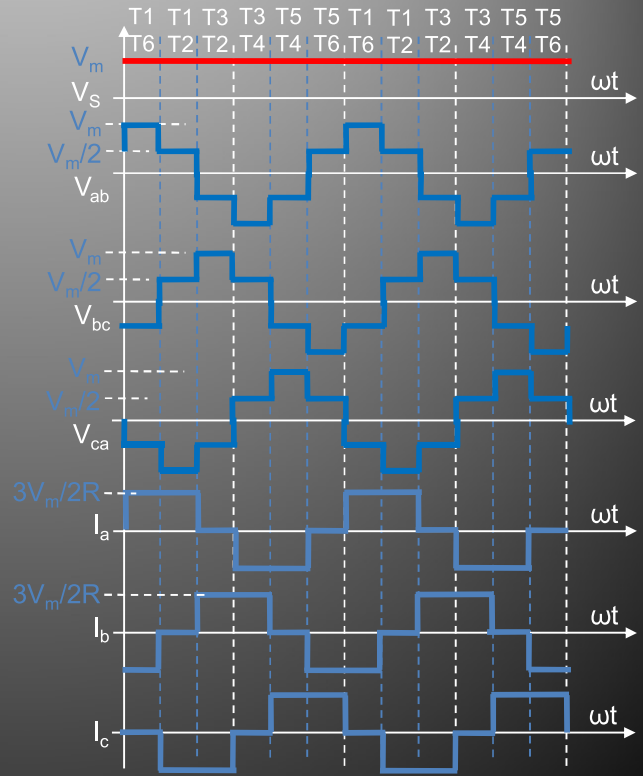
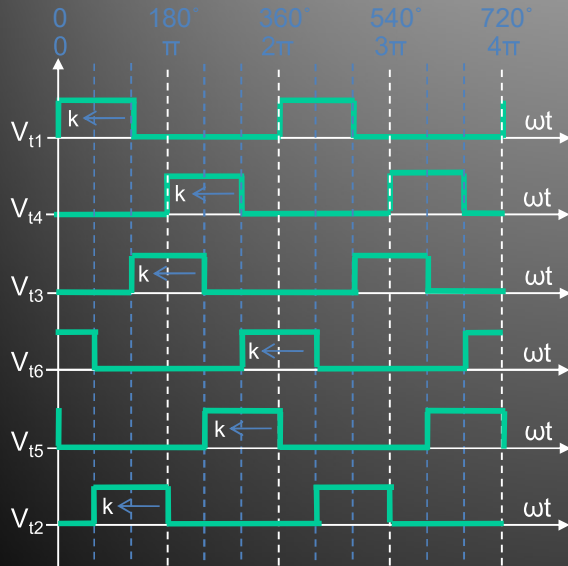
VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 fazlı Gerilim Kaynaklı PWM İnvörtör (üçgen bağlı yükte ve 120° iletimde);
- Şekil-7.36'da 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invörtörün (VSI), üçgen yük ve 120° uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görülmektedir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

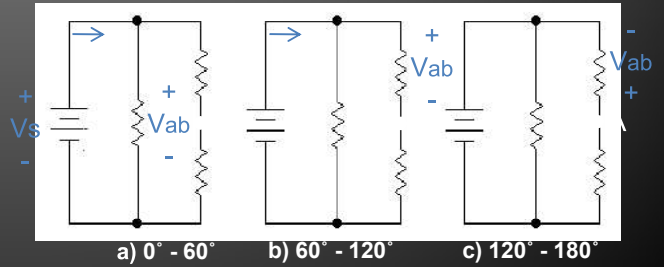
- Şekil-7.36'da görülen 3 fazlı devrenin performansını gösteren uyarma dalga şekilleri Şekil-7.37'de, güç devresi dalga şekilleri de Şekil-7.38'de verilmiştir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.37'den görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine 120 derece faz farklı iki kare dalga kontrol sinyali uygulanacaktır.
- İkinci fazı (B) oluşturabilmek içinse T3 ve T6 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 120 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.
- Üçüncü fazı oluşturmak için ise T5 ve T2 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 240 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.
- Böylelikle 3 fazlı AC elde edebilmek için T1'den T6'ya kadar transistörler 60'ar derece arayla 120° sürülmüş olmaktadır.

- Şekil-7.38'de verilen güç devresi dalga şekillerine bakıldığında yapılan 120 derecelik uyarma sonucunda, istenilen frekansta, 120'şer derece faz farklı ve " V_m " tepe değerli 3 adet hat-faz gerilimi (V_{ab} , ...) ile yine kendi aralarında 120'şer derece faz farklı ve " $3V_m/2R$ " tepe değerli 3 adet hat akımı (I_a , ...) oluşmaktadır.
- Şekil-7.38'de gösterilen kademeli hat gerilimleri-akımlarının oluşumu Şekil-7.39'da gösterilmiştir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

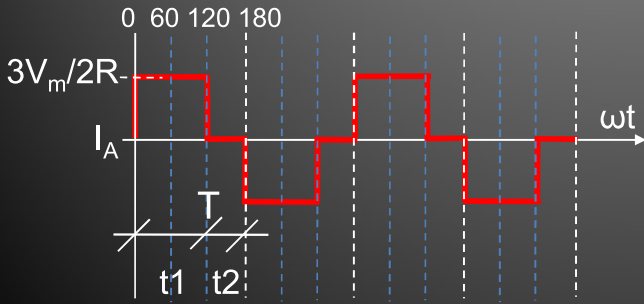
- Şekil-7.39'da verilen yük eşdeğer devrelerinden görüldüğü gibi, ilk 60 derecelik dilimde T1-T6 iletimde olduğu için yük "a" şeklinde görüldüğü gibi Rb-Rc seri Ra ise onlara paralel durumdadır. Bu durumda çıkış V_{AB} uçları arasında " V_s " kadarlık bir gerilim seviyesi olacaktır.
 - İkinci 60 derecelik dilimde ise "b" şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rb seri Rc ise onlara paralel durumdadır. Bu durumda çıkış V_{AB} uçları arasında " $+V_s/2$ " kadarlık bir gerilim seviyesi olacaktır.
 - Üçüncü 60 derecelik dilimde ise Ra-Rc seri olduğu için V_{AB} uçları arasında " $-V_s/2$ " görülecektir.
- 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertör devresinin üçgen yükteki daga şekillerinden yararlanarak diğer güç devrelerinde olduğu gibi hesaplamalar yapılabilir.
 - 1) Çıkış faz ve hat akımlarının etkin değeri,
 - 2) Çıkış faz ve hat gerilimlerinin etkin değeri,
 - 3) Etkin çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımı ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Anahtar gerilimi,
 - 8) Anahtar akımı.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1a) Çıkış hat akımı etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün üçgen yükte 120°'de çıkış hat akımı Şekil-7.40'da görüldüğü gibi olduğundan, çıkış hat akımının etkin değer eşitliği aşağıdadır.

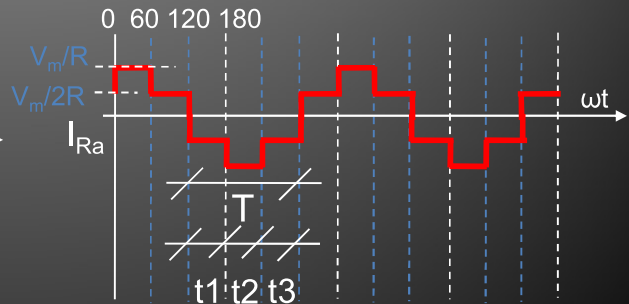
$$I_{A(rms)} = 3V_m/2R \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{A(rms)} = 3V_m/2R \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$



- 1b) Çıkış faz akımı etkin değeri;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün üçgen yükte 120°'de çıkış faz akımı Şekil-7.41'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış faz akımının etkin değer eşitliği aşağıdadır.

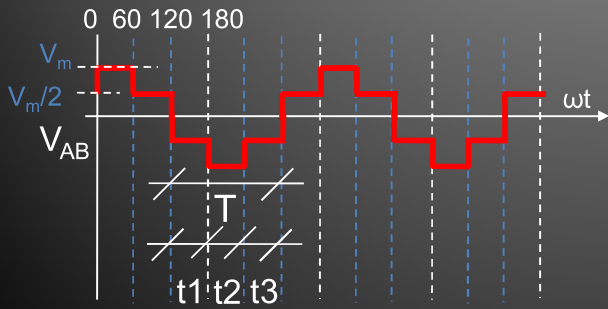
$$I_{Ra(rms)} \approx (V_m/2R) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + (V_m/R) \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 2) Çıkış hat-faz gerilimi etkin değr.;
- 3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün üçgen yükte oluşan çıkış hat ve faz gerilim Şekil-7.42'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değr eşitliği aşağıdadır.

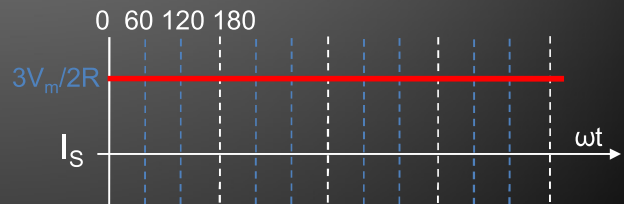
$$V_{AB(rms)} \approx (V_m/2) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + V_m \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$



- 3) Etkin çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = 3/2 \cdot I_{Ra} \cdot V_{AB}$
- 4) Kaynak akımının ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli, Şekil-7.43'deki gibi olduğuna göre,

$$I_s = 3V_m / 2R$$

eşitliğinden bulunabilecektir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 5) Ortalama giriş gücü;
- Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = I_s \cdot V_s$
eşitliğinden bulunabilecektir.

- 6) Devrenin verimi;
- Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$ olacaktır.

- 7) Anahtar gerilimi,
- Anahtarın üzerine gelecek olan gerilime göre,
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$ olacaktır.

- 8) Anahtar akımı;
- Anahtarın üzerine göre;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot 3V_m / 2R$

■ Örnek:

- 200Vdc şebekede 120 derece uyarmada çalıştırılan 3 fazlı gerilim kayn. PWM invertörün,
- a) $3 \times 10\Omega$ 'luk yıldız bağlı yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- b) $3 \times 10\Omega$ 'luk üçgen bağlı yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) $3 \times 10\Omega$ 'luk yıldız bağlı yük beslenmesi durumunda,
İlk olarak çıkış faz geriliminin etkin değeri bulunacak olursa;

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

$$V_{an(rms)} = V_m/2 \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$

$$V_{an(rms)} = 200/2 \cdot \sqrt{(6,66/10)}$$

$$V_{an(rms)} = 81,65V$$

- Çıkış hat geriliminin etkin değeri;

$$V_{ab(rms)} \approx (V_m/2) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T] + V_m \cdot \sqrt{(t_2 / T)}}$$

$$V_{ab(rms)} \approx (200/2) \cdot \sqrt{[(6,66) / 10] + 200 \cdot \sqrt{(3,33 / 10)}}$$

$$V_{ab(rms)} \approx 81,6 + 115,41$$

$$V_{ab(rms)} \approx 197V$$

- Çıkış faz ve hat akımlarının etkin değeri;

$$I_{a(rms)} = (V_m/2R) \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$

$$I_{a(rms)} = (200/2 \cdot 10) \cdot \sqrt{(0,666)}$$

$$I_{a(rms)} = 8,16A$$

olarak bulunur.

- Etkin çıkış gücü;

$$P_o = 3 \cdot I_a \cdot V_{an}$$

$$P_o = 3 \cdot 8,16 \cdot 81,65 = 1,99kW$$

- Kaynak akımının ortalama değeri;

$$I_s = V_m / 2 \cdot R$$

$$I_s = 200 / 2 \cdot 10 = 10,0A$$

- Kaynaktan çekilen güç;

$$P_s = I_s \cdot V_s$$

$$P_s = 10 \cdot 200 = 2,0kW$$

- Devrenin verimi;

$$\eta = P_o / P_i$$

$$\eta = 1,99kW / 2,0kW = \%99,5$$

- Anahtar gerilimi;

$$V_T = V_m \cdot 1,3 = 200 \cdot 1,3 = 260V$$

- Anahtar akımı;

$$I_T = I_m \cdot 1,3 = (200/2 \cdot 10) \cdot 1,3 = 13A$$

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- b) $3 \times 10 \Omega$ 'luk üçgen bağlı yük beslenmesi durumunda,
 - Çıkış gerilimlerinin etkin değeri;
$$V_{AB(rms)} \approx (V_m/2) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + V_m \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$
$$V_{AB(rms)} \approx (200/2) \cdot \sqrt{[(6,66) / 10]} + 200 \cdot \sqrt{(3,33 / 10)}$$
$$V_{AB(rms)} \approx 81,6 + 115,4 \approx 197V$$
 - Çıkış faz akımının etkin değeri;
$$I_{Ra(rms)} \approx (V_m/2R) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T]} + (V_m/R) \cdot \sqrt{(t_2 / T)}$$
$$I_{Ra(rms)} \approx (200/2 \cdot 10) \cdot \sqrt{[(6,66) / 10]} + (200/10) \cdot \sqrt{(3,33 / 10)}$$
$$I_{Ra(rms)} \approx 8,16 + 11,54 \approx 19,7A$$
 - Çıkış hat akımının etkin değeri;
$$I_{a(rms)} = 3V_m/2R \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$
$$I_{a(rms)} = 3 \cdot 200/2 \cdot 10 \cdot \sqrt{(0,666)} = 24,5A$$
 - Etkin çıkış gücü;
$$P_o = 3/2 \cdot I_{ra} \cdot V_{ab}$$
$$P_o = 3/2 \cdot 19,7 \cdot 197 = 5,82kW$$
 - Kaynak akımının ortalama değeri;
$$I_s = 3V_m / 2R$$
$$I_s = 3 \cdot 200 / 2 \cdot 10 = 30A$$
 - Kaynaktan çekilen güç;
$$P_s = I_s \cdot V_s$$
$$P_s = 30 \cdot 200 = 6,0kW$$
 - Devrenin verimi;
$$\eta = P_o / P_i$$
$$\eta = 5,82kW / 6,0kW = \%97$$
 - Anahtar gerilimi;
$$V_T = V_m \cdot 1,3 = 200 \cdot 1,3 = 260V$$
 - Anahtar akımı;
$$I_T = I_m \cdot 1,3 = 3 \cdot 200/2 \cdot 10 \cdot 1,3 = 39A$$

ÖDEV-15

- 15.1) 500Vdc şebekede, 100Hz frekans ve 120° iletim modunda çalıştırılan ve 5Ω üçgen bir yükü besleyen 3 fazlı VSI'nın,
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.
- 15.2) 300Vdc şebekede, 60Hz frekans ve 180° iletim modunda çalıştırılan ve 15Ω üçgen bir yükü besleyen 3 fazlı VSI'nın,
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

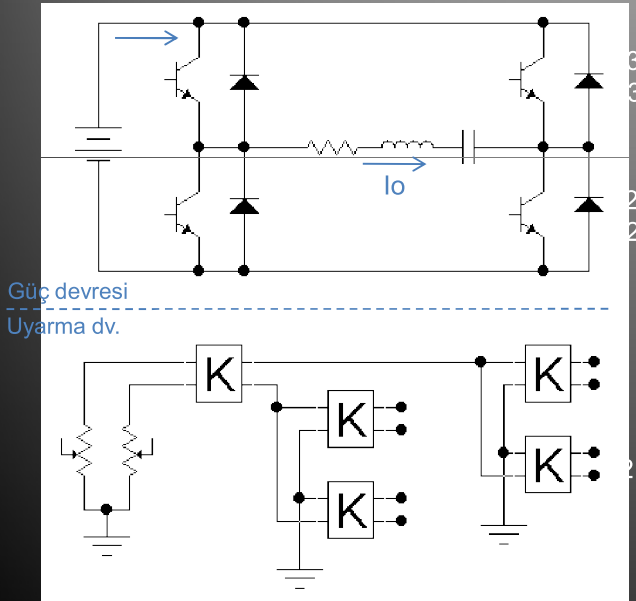
- **II – REZONANSLI İNVERTÖRLER**
- Bilindiği gibi, PWM invertörlerde istenilen çıkış akımını veya gerilimini elde edebilmek için güç anahtarları üzerlerindeki gerilim veya akım baskısı altında anahtarlanmaktadır ki bu anahtarlama türüne “Sert Anahtarlama” denilmektedir.
- Sert anahtarlama kullanıldığında güç anahtarları yüksek di/dt ve dv/dt ile karşı karşıya kalmaktadırlar.
- Anahtarlar üzerinde oluşan bu baskı daha önce açıklanan yöntemlerle yumuşatılmaya çalışılmaktadır.
- İşte bu dezavantajları giderebilmek için “Rezonanslı Invertörler” üzerinde çalışılmıştır.
- Burada temel amaç güç anahtarlarını üzerlerindeki yüksek gerilim ve akım baskısından kurtarmak, güç anahtarlarını gerilimin veya akımın sıfıra düştüğü yerlerde anahtarlamaktır.
- Daha önce de kısaca belirtildiği gibi rezonanslı invertörlerin,
 - 1) Seri rezonanslı,
 - 2) Paralel rezonanslı,olmak üzere iki temel türü bulunmaktadır. Bu bölümde seri ve paralel rezonanslı invertörler sırayla incelenecektir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- **1) Seri Rezonanslı İnvertörler;**
- Seri rezonanslı invertörler, aslında seri RLC rezonans devresi mantığı ile çalışan invertör devreleridir ve rezonans anında en yüksek seviyede sinüsoidal akım osilasyonu oluşturmaktadır.
- Bilindiği gibi seri rezonans devrelerinde rezonans anında X_L ve X_C birbirini sıfırlamakta geriye sadece R kalmaktadır. Yani devre gösterebileceği en düşük empedansı göstermektedir.
- Bu durumda invertör tarafından devre üzerinde uygun anahtarlama yapıldığında devre üzerinde ideal sinüs akım oluşacaktır.
- Seri rezonanslı invertörler kullanılarak 200Hz ile 100kHz aralığında sinüsoidal akım osilasyonları elde edilebilmektedir.
- Seri rezonanslı invertörde rezonans anında akımın sinüsoidal olarak değişmesi ve kendiliğinden sıfırdan geçişlerin gerçekleşmesi, anahtar kullanımında büyük kolaylık ve rahatlık getirmektedir.
- Bu sayede transistör, mosfet ve IGBT'nin yanı sıra tristörler bile invertörde güç anahtarı olarak kullanılabilir.
- Çıkış akımı sıfırdan geçerken güç anahtarı olarak kullanılan tristör kendiliğinden yalıtıma geçecektir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

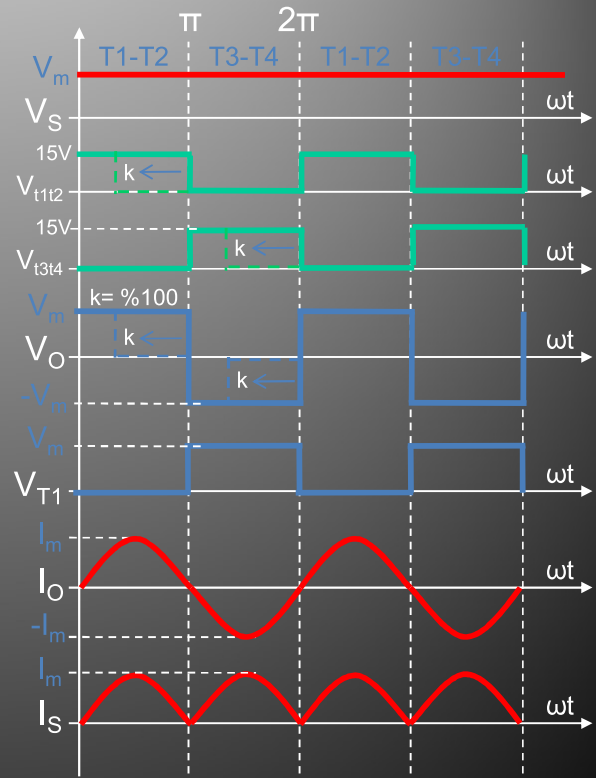
- Seri rezonanslı invertörler, tek yönlü veya çift yönlü anahtarlar kullanılarak, tek veya çift anahtar, yarım köprü ve tam köprü olarak yapılabilmektedir.



- Yan taraftaki Şekil-7.82'de çift yönlü anahtar kullanılarak yapılmış olan tam köprü seri rezonanslı invertör devresi görülmektedir.
- Şekilden görüldüğü gibi güç ve kontrol devresi yapısı tamamen 1 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertör yapısının aynısıdır. Sadece yük olarak çıkışa bir seri LC devresi bağlanmıştır.
- Çıkışta görülen R elemanı ise LC devresinin istenmeyen direncini ifade edebildiği gibi dışarıdan bağlanan rezistif yükü de temsil edebilmektedir.
- Devrenin kontrolü da tamamen PWM invertörde olduğu gibi yapılmaktadır.

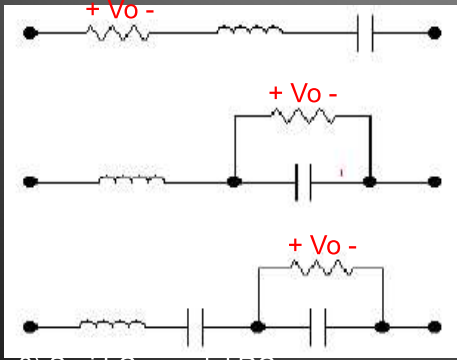
VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.83'de ise devrenin çalışma performansını gösteren temel dalga şekilleri verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi T1-T2 ve T3-T4 anahtarları eş zamanlı olarak iletme alınmakta ve iletim süreleri kontrol edilebilmektedir.
- Rezonans frekansında yapılan bu kontrole bağlı olarak da çıkışa bağlanmış olan seri rezonans devresine istenilen seviyede gerilim aktarmak mümkün olmakta ve bu sayede de rezonans frekansında sinüsoidal bir çıkış akımı elde edilebilmektedir.
- Kaynaktan çekilen akım da çıkış akımına bağlı olarak sinüsoidal formatta tam dalga doğrultulmuş gibi gerçekleşecektir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Seri rezonanslı invertörlerde yük bağlantısı yükün endüktif olması durumunda Şekil-7.82’de gösterildiği gibi seri RLC tipinde bağlantı yapılabilirdiği gibi çıkışa başka bir rezistif yük bağlanması gerektiği durumlarda Şekil-7.83’de görüldüğü gibi 3 farklı seçenek bulunmaktadır. Bunlar,



3) Seri LC, paralel RC

- Sabit frekanslı ve sinüsoidal formatta akım gereken uygulamalarda kullanılan 1 fazlı seri rezonanslı invertörün seri rezistif yükte çalışırken diğer güç devrelerinde olduğu gibi,

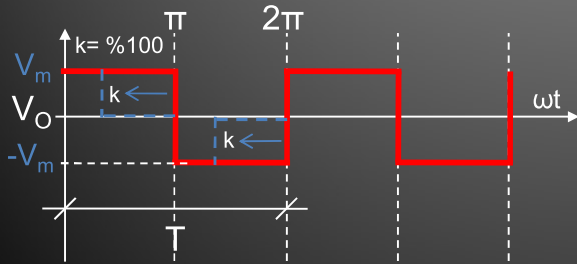
- 1) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 2) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 3) Etkin çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımının ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Devrenin frekansı,
 - 8) Anahtar gerilimi,
 - 9) Anahtar akımı,
- hesaplanabilir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Çıkış geriliminin etkin değeri;
- 1 fazlı seri rezonanslı invertörün rezistif yükte oluşan çıkış gerilimi Şekil-7.83'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değer eşitliği,

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} V_m^2 dt} = \sqrt{k} V_s$$

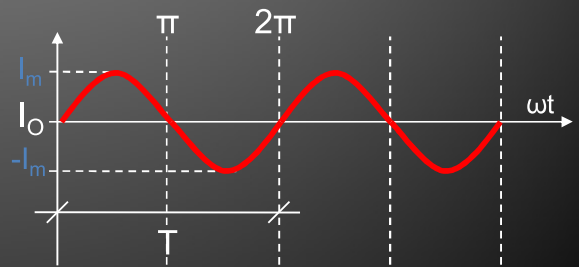
olarak bulunabilecektir.



- 2) Çıkış akımının etkin değeri;
- 1 fazlı seri rezonanslı invertörün rezistif yükte oluşan çıkış akımı Şekil-7.84'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği,

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} [I_m \sin(t)]^2 dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

olarak bulunabilecektir.

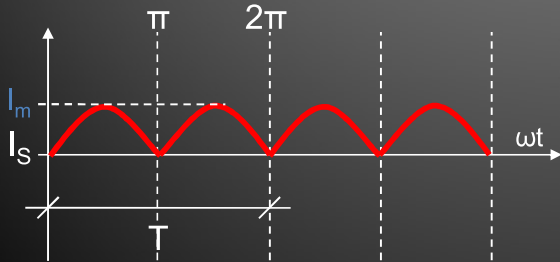


VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Etkin çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
Po= Io . Vo
- 4) Kaynak akımı ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli,
Şekil-7.85'deki gibi olduğuna göre,

$$I_{S(rms)} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} I_m \sin(t).dt = \frac{2I_m}{\pi}$$

eşitliğinden bulunabilecektir.



- 5) Ortalama giriş gücü;
- Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
Ps= Is . Vs

- 6) Devrenin verimi,
η= Po / Ps olacaktır.

- 7) Devrenin frekansı,

$$f_o = f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L.C} - \frac{R^2}{4.L^2}}$$

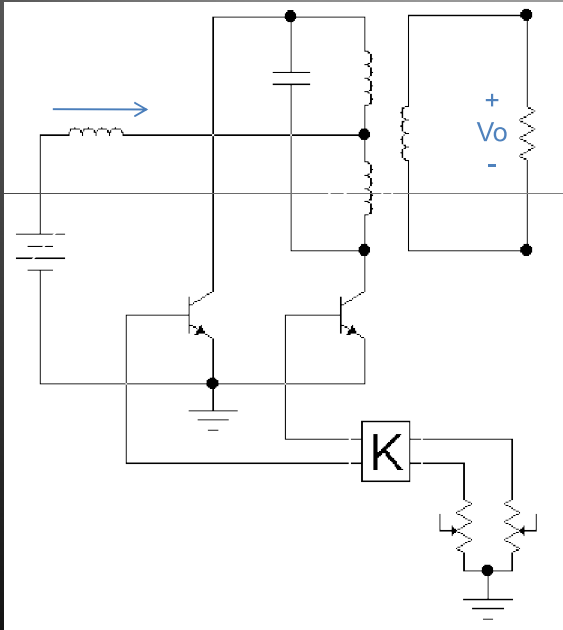
- 8-9) Anahtar gerilimi ve akımı,
- Üzerindeki akım ve gerilime göre,
V_T= 1,3 . V_m
I_T= 1,3 . I_m = 1,3 . V_m / R
olacaktır.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 2) Paralel Rezonanslı Invertörler;
- Paralel rezonanslı invertörler, aslında paralel RLC rezonans devresi mantığı ile çalışan invertör devreleridir ve rezonans anında en yüksek seviyede sinüsoidal gerilim osilasyonu oluşturmaktadır.
- Bilindiği gibi paralel rezonans devrelerinde rezonans anında X_L ve X_C sonsuza doğru gitmekte geriye sadece R kalmaktadır. Yani devre gösterebileceği en yüksek empedansı göstermektedir.
- Bu durumda invertör tarafından devre üzerinde uygun anahtarlama yapıldığında devre üzerinde ideal sinüs gerilim oluşacaktır.
- Paralel rezonanslı invertörler kullanılarak 200Hz ile 100kHz aralığında sinüsoidal gerilim osilasyonları elde edilebilmektedir.
- Paralel rezonanslı invertörde rezonans anında gerilimin sinüsoidal olarak değişmesi ve kendiliğinden sıfırdan geçişlerin gerçekleşmesi, anahtar kullanımında büyük kolaylık ve rahatlık getirmektedir.
- Bu sayede transistör, mosfet ve IGBT gibi güç anahtarları sıfır gerilimde anahtarlatabilmektedir.
- Bu invertörler genellikle yüksek voltajlı dc iletim hatlarının (HVDC) oluşturulması ve yüksek frekans uygulamalarında kullanılmaktadır.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

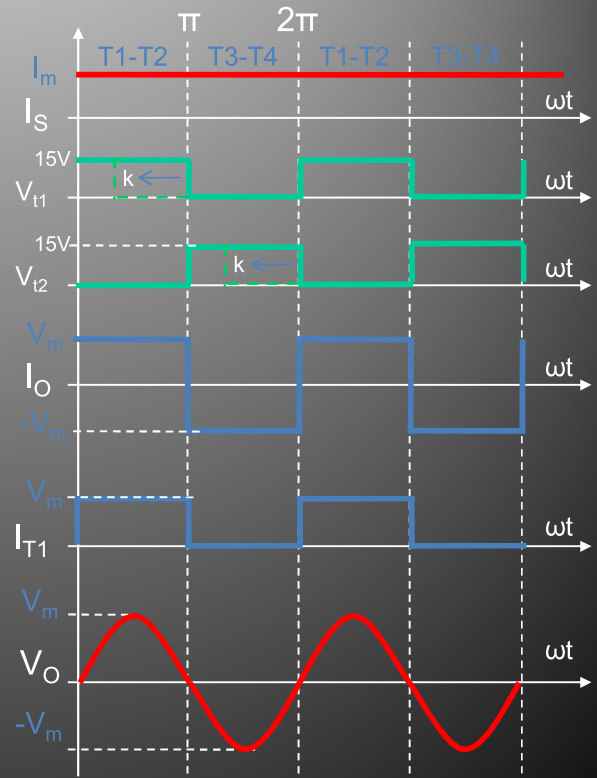
- Paralel rezonanslı invertörler, tek yönlü güç anahtarları kullanılarak, simetrik veya tam köprü olarak yapılabilir.



- Yandaki Şekil-7.86'da simetrik yapılı paralel rezonanslı invertör devresi görülmektedir.
- Şekilden görüldüğü gibi güç devresi girişine I_s akımlı bir akım kaynağı bağlanmış durumdadır. Paralel rezonans devresi ise orta uçlu bir transformatörün primer devresinde oluşturulmuştur.
- Orta uçtan giren kaynak akımı push-pull çalıştırılan T1 ve T2 transistörlerinin iletim durumuna göre L1 veya L2 üzerinden akmaktadır.
- Devrenin çıkışı ise L_o sekonder bobini üzerinden alınmaktadır. Kontrolü kolay olan bu devre özellikle floresant lamba kontrolü vb. işler için kullanılmaktadır.

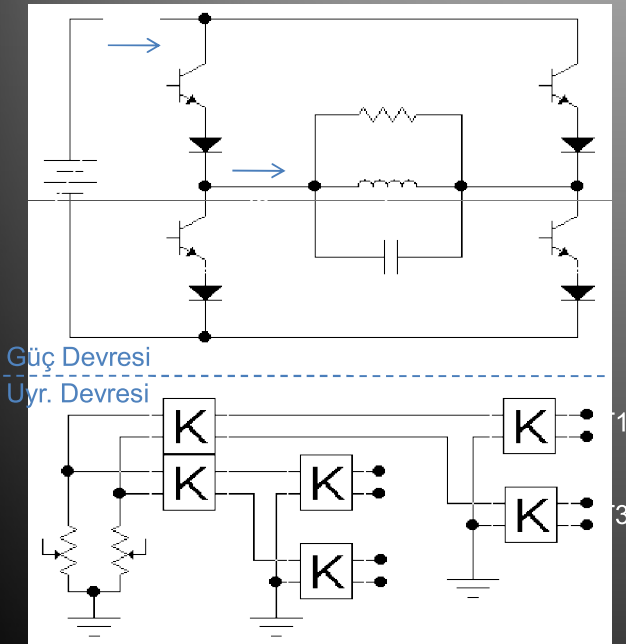
VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.87’de ise devrenin çalışma performansını gösteren temel dalga şekilleri verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi T1 ve T2 anahtarları pushpull (ters zamanlı) olarak ilettime alınmakta ve iletim süreleri kontrol edilebilmektedir.
- Rezonans frekansında yapılan bu kontrole bağlı olarak da çıkışa bağlanmış olan paralel rezonans devresine en yüksek seviyede akım aktarmak mümkün olmakta ve bu sayede de rezonans frekansında sinüsoidal bir çıkış gerilimi elde edilebilmektedir.
- Kaynaktan çekilen akım invertör kontrolüne bağlı olarak sürekli ve sabit olmak durumundadır ve değişmeyecektir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

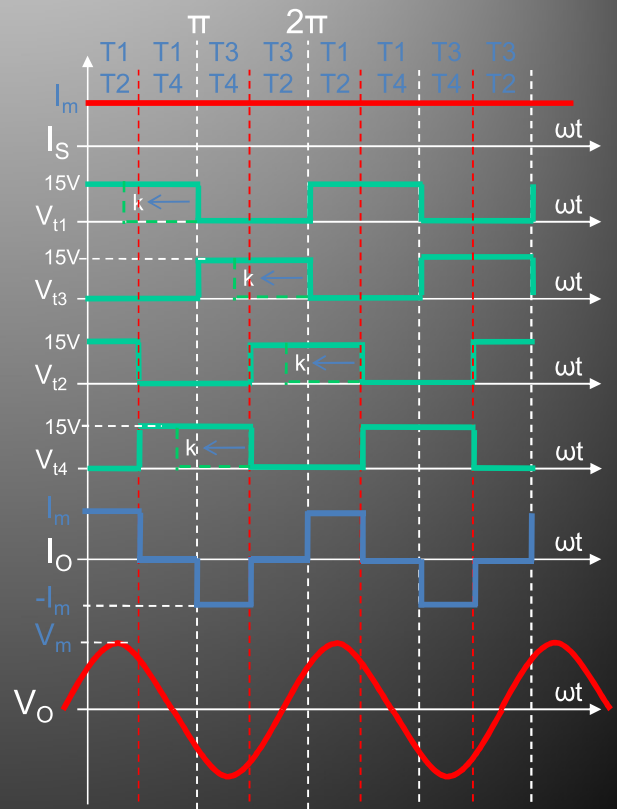
- Paralel rezonanslı invertörler, tek yönlü güç anahtarları kullanarak, simetrik veya tam köprü olarak yapılabilmektedir.



- Yandaki Şekil-7.88'de tam köprü yapılı paralel rezonanslı invertör devresi görülmektedir.
- Şekilden görüldüğü gibi güç devresi girişine I_s akımlı bir akım kaynağı bağlanmış durumdadır. Paralel rezonans devresi ise köprü invertör çıkışına yük olarak veya yükle birlikte bağlanmıştır.
- Akım kaynağından gelen kaynak akımı push-pull çalıştırılan T1-T2 ve T3-T4 transistörlerinin iletim durumuna göre paralel rezonans devresine aktarılmaktadır.
- Daha çok HVDC vb. uygulamada kullanılan devrenin çıkışı şekilde görüldüğü gibi doğrudan veya L bobini transformatör yapılarak sekonderinden alınabilmektedir.

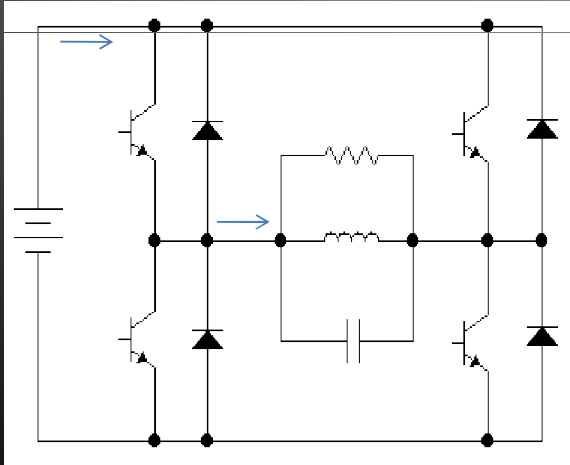
VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-7.89'da ise devrenin çalışma performansını gösteren temel dalga şekilleri verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi T1-T2 ve T3-T4 anahtarları pushpull (ters zamanlı) olarak ilettime alınmakta ve iletim süreleri kontrol edilebilmektedir.
- Rezonans frekansında yapılan bu kontrole bağlı olarak da çıkışa bağlanmış olan paralel rezonans devresine istenilen seviyede akım aktarmak mümkün olmakta ve bu sayede de rezonans frekansında sinüsoidal bir çıkış gerilimi elde edilebilmektedir.
- Kaynaktan çekilen akım invertör kontrolüne bağlı olarak sürekli ve sabit olmak durumundadır ve değişmeyecektir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Paralel rezonanslı invertörlerde Şekil-7.88’de görüldüğü gibi bir akım kaynaklı köprü invertör kullanılabildiği gibi indüksiyonla ısıtma vb. gibi bazı uygulamalarda aşağıdaki Şekil-7.90’da görüldüğü gibi gerilim kaynaklı köprü bağlantısı da kullanılabilmektedir.



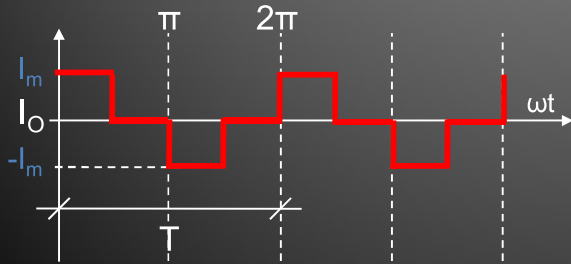
- Sabit frekanslı ve sinüsoidal formatta gerilim gereken uygulamalarda kullanılan 1 fazlı paralel rezonanslı invertörün paralel rezistif yükte çalışırken diğer güç devrelerinde olduğu gibi,
 - 1) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 2) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 3) Etkin çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımının ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Devrenin frekansı,
 - 8) Anahtar gerilimi,
 - 9) Anahtar akımı,hesaplanabilir.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Çıkış akımının etkin değeri;
- 1 fazlı paralel rezonanslı invertörün rezistif yükte oluşan çıkış gerilimi Şekil-7.91'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği,

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} V_m^2 \cdot dt} = \sqrt{k} \cdot V_s$$

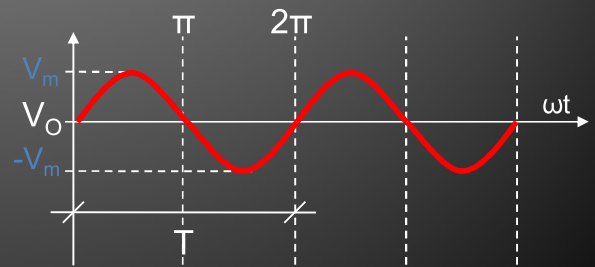
olarak bulunabilecektir.



- 2) Çıkış geriliminin etkin değeri;
- 1 fazlı paralel rezonanslı invertörün rezistif yükte oluşan çıkış gerilimi Şekil-7.92'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değer eşitliği,

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} [V_m \sin(t)]^2 \cdot d(t)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

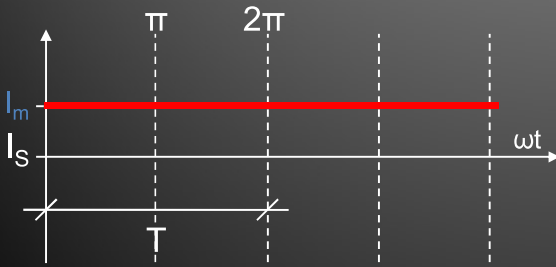
olarak bulunabilecektir.



VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Etkin çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = I_o \cdot V_o$
- 4) Kaynak akımı ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli,
Şekil-7.93'deki gibi olduğuna göre,
 $I_s(\text{ort}) = I_m$

eşitliğinden bulunabilecektir.



- 5) Ortalama giriş gücü;
- Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = I_s^2 \cdot Z$

- 6) Devrenin verimi,
 $\eta = P_o / P_s$ olacaktır.

- 7) Devrenin frekansı,

$$f_o = f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{1}{4 \cdot R^2 \cdot C^2}}$$

- 8-9) Anahtar gerilimi ve akımı,
- Üzerindeki akım ve gerilime göre,
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / R$ olacaktır.

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Örnek:

- a) 200Vdc şebekede, %100 etkin peryotlu uyarmada, 20μH bir bobin 2,5μF bir kondansatör kullanılarak çalıştırılan 1 fazlı seri rezonanslı invertörün, 10Ω'luk seri bağlı rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.
- b) 50Adc şebekede, %100 etkin peryotlu uyarmada, 20μH bir bobin 2,5μF bir kondansatör kullanılarak çalıştırılan, 1 fazlı paralel rezonanslı invertörün, 10Ω'luk paralel bağlı rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) Seri rezonanslı invertörün parametreleri,

- Çıkış geriliminin etkin değeri,

$$V_{O(rms)} = \sqrt{k} \cdot V_s = \sqrt{1} \cdot 200 = 200V$$

- Çıkış akımının etkin değeri,

$$I_m = V_s / R = 200 / 10$$

$$I_m = 20A$$

$$I_{O(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 14,18A$$

- Etkin çıkış gücü,

$$P_o = I_o \cdot V_o$$

$$P_o = 14,18 \cdot 200 = 2,83kW$$

VII – DC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen akım,
 $I_s = V_s \cdot I_s = 200 \cdot 10 = 2\text{kW}$

$$I_{S(rms)} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2 \cdot 20}{3,14} = 12,73\text{A}$$
- Kaynaktan çekilen ortalama güç,
 $P_s = V_s \cdot I_s = 200 \cdot 12,73 = 2,54\text{kW}$
- Devrenin çalışma frekansı,

$$f_o = f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{R^2}{4 \cdot L^2}}$$
 $f_o \approx 20\text{kHz}$
- Anahtar (transistör) akımı,
 $I_T \geq V_m / R + \%30$
 $I_T \geq (200 / 10) \cdot 1,3 \geq 26\text{A}$
- Anahtar (transistör) gerilimi,
 $V_T \geq 200 \cdot 1,3 \geq 260\text{V}$
- b) Paralel rezonanslı invertör,
 - Çıkış akımının etkin değeri,
 $I_{O(rms)} = \sqrt{k} \cdot I_s = \sqrt{1} \cdot 50 = 50\text{A}$
 - Çıkış geriliminin etkin değeri,
 $V_m = I_s \cdot R = 50 \cdot 10 = 500\text{V}$

$$V_{O(rms)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{500}{\sqrt{2}} = 354,6\text{V}$$
 - Etkin çıkış gücü,
 $P_o = I_o \cdot V_o$
 $P_o = 50 \cdot 354,6 = 17,73\text{kW}$
 - Kaynaktan çekilen ortalama güç,
 $P_s = I_s^2 \cdot R = 50^2 \cdot 10 = 25\text{kW}$
 - Devrenin çalışma frekansı,

$$f_o = f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{1}{4 \cdot R^2 \cdot C^2}}$$
 $f_o \approx 20\text{kHz}$

ÖDEV-16

- 16.1) 500Vdc kaynakta, %100 etkin peryotlu uyarmada, 200 μ H bir bobin 25 μ F bir kondansatör kullanılarak çalıştırılan 1 fazlı seri rezonanslı invertörün, 10 Ω 'luk seri bağlı rezistif bir yükü beslediğinde
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.
- 16.2) 30Adc kaynakta, %100 etkin peryotlu uyarmada, 100 μ H bir bobin 0,5 μ F bir kondansatör kullanılarak çalıştırılan 1 fazlı paralel rezonanslı invertörün, 10 Ω 'luk paralel bağlı rezistif yükü beslediğinde
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
 - b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
 - c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.