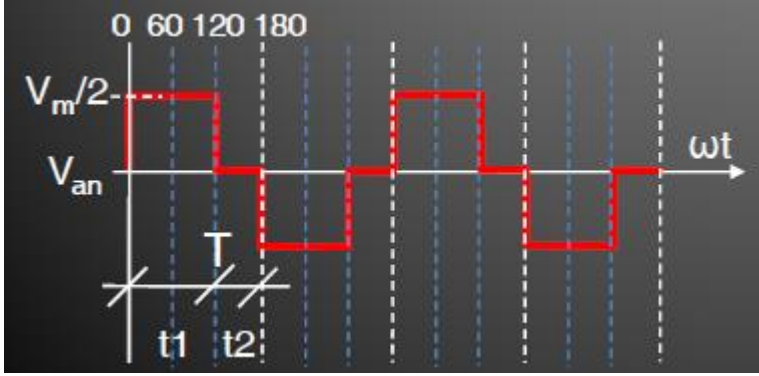


**1.a. Çıkış faz gerilimi etkin değeri;**

3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün yıldız yükte oluşan çıkış faz gerilimi Şekil-7.32'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değeri aşağıdadır.

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

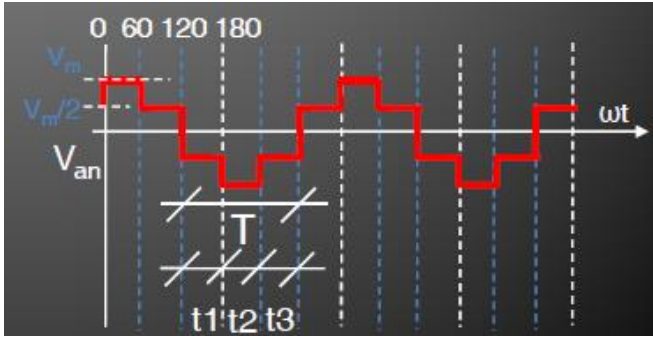
$$V_{an(rms)} = (V/2) \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$



**1.b. 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 değeri aşağıdadır.

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

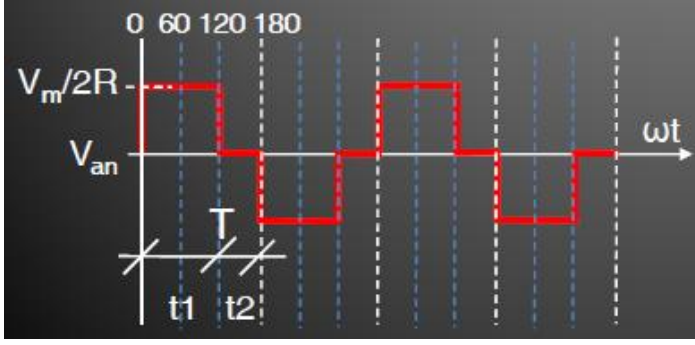


**2) Çıkış hat-faz akımı etkin değeri;**

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

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

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



**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.



**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;

$I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / 2R$

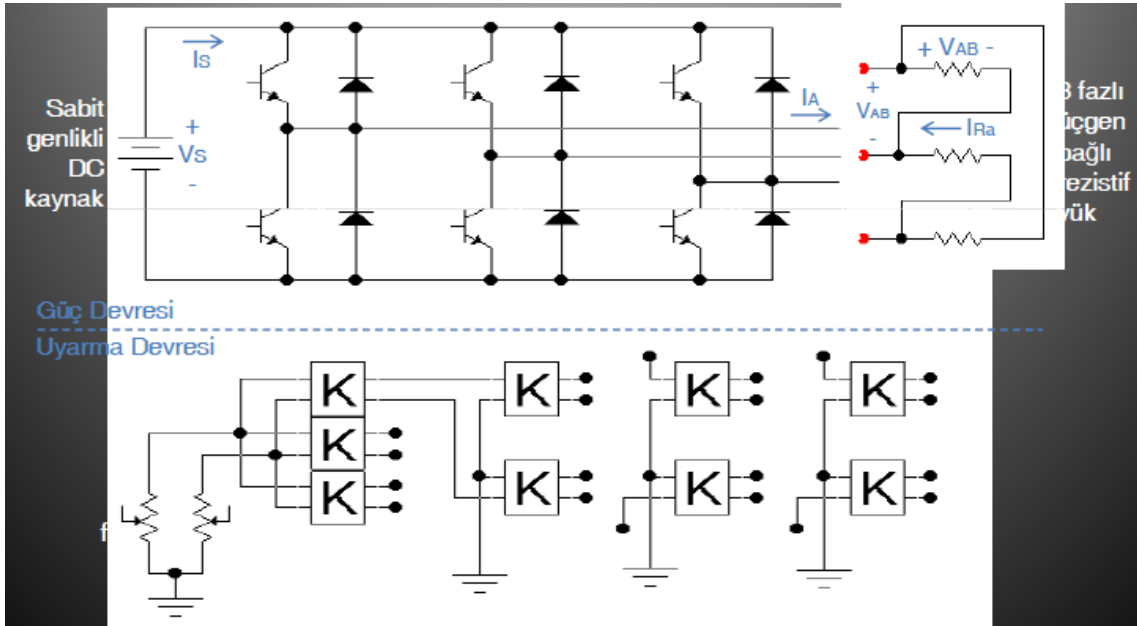
## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

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 invertörün üçgen bağlı yükte çalıştırılması durumunda devre yapısında, dalga şekillerinde ve performans hesaplamalarında oluşacak değişiklikler yine 120 derece çalışma durumu için aşağıdaki bölümde ayrıntısıyla incelenecektir.

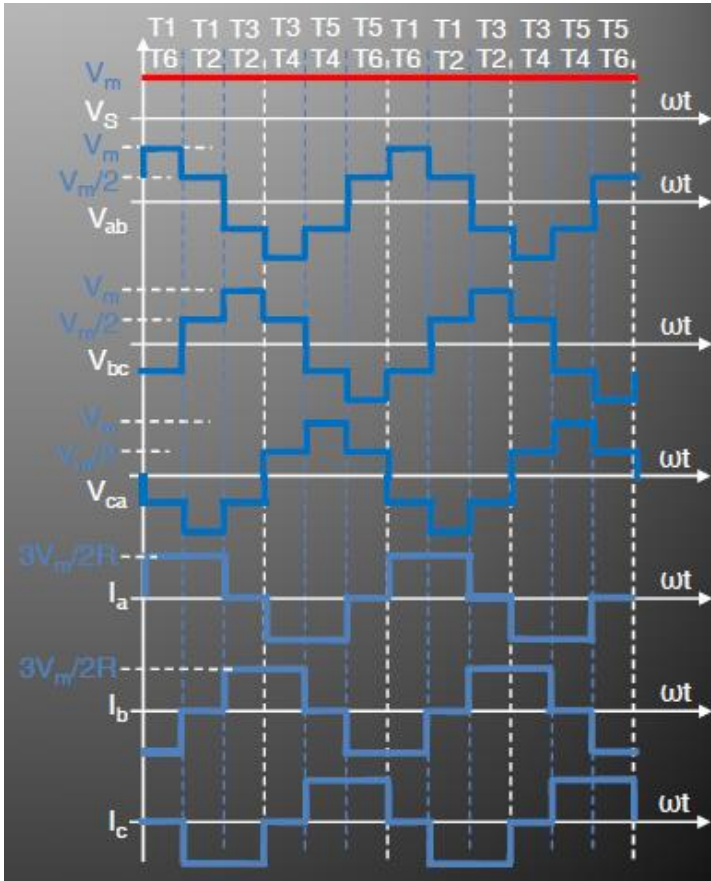
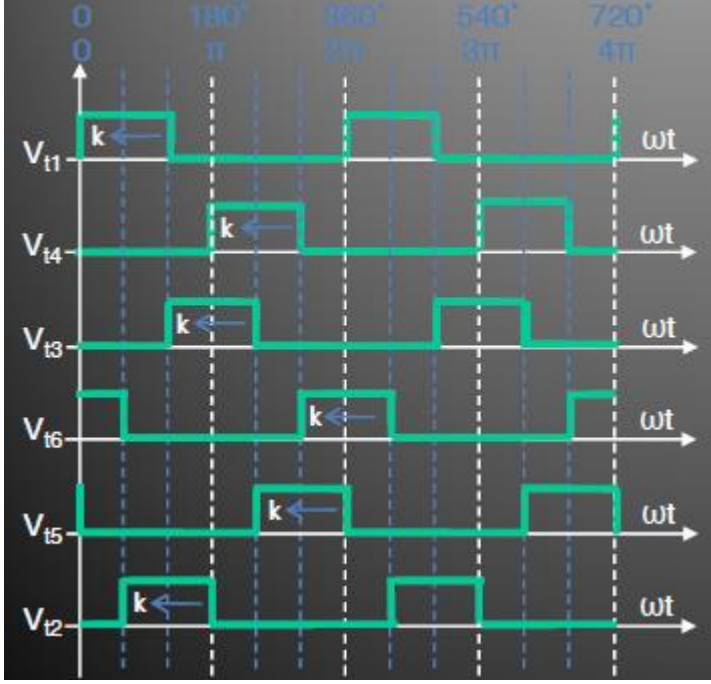
### 3 fazlı Gerilim Kaynaklı PWM İnvörtör (üçgen bağlı yükte ve 120° iletimde);

Şekil-7.36'da 3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertörün (VSI), üçgen yük ve 120° uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görülmektedir.



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.

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta



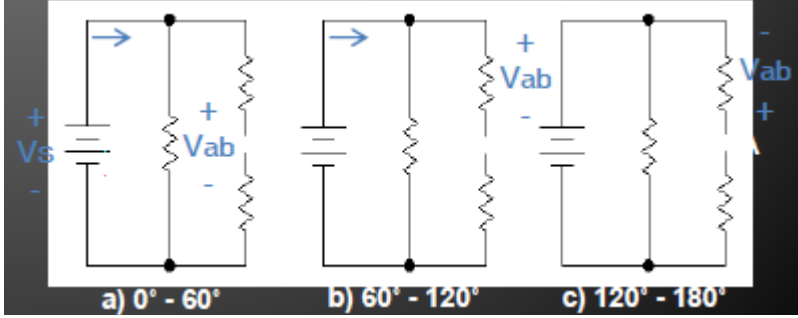
Şekil-7.37'den görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine 120 derece faz farklı iki kare dalga kontrol sinyali uygulanacaktır.

İkinci fazı (B) oluşturabilmek içinse T3 ve T6 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 120 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

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'ser derece faz farklı ve " $V_m$ " tepe değerli 3 adet hat-faz gerilimi ( $V_{ab}, \dots$ ) ile yine kendi aralarında 120'ser derece faz farklı ve " $3V_m/2R$ " tepe değerli 3 adet hat akımı ( $I_a, \dots$ ) oluşmaktadır. Şekil-7.38'de gösterilen kademeli hat gerilimleri-akımlarının oluşumu Şekil-7.39'da gösterilmiştir.



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 dalga 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.

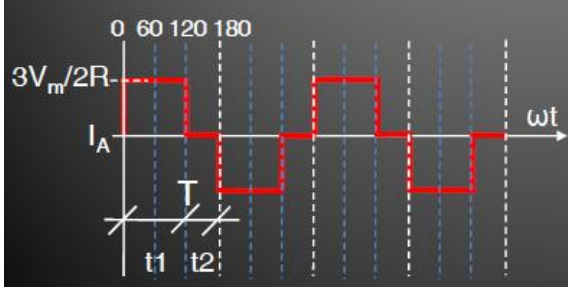
## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

### 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 değeri aşağıdadır.

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

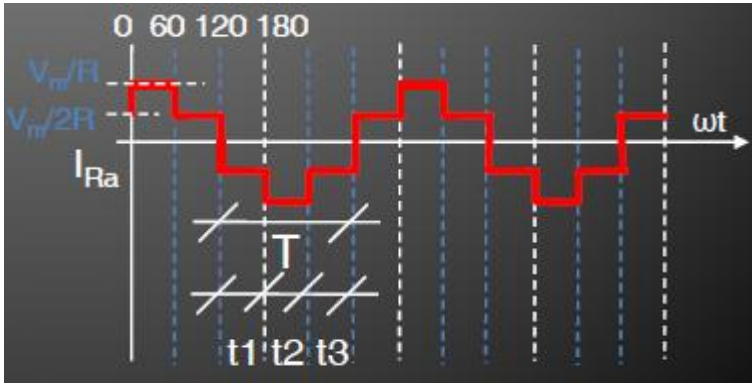
$$I_{a(rms)} = 3V/2R \cdot \sqrt{(t_1/T)}$$



### 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 değeri aşağıdadır.

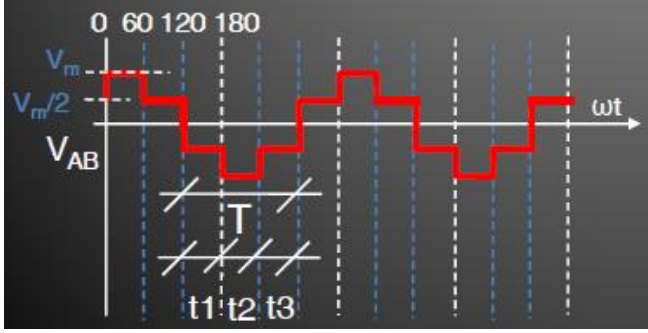
$$I_{Ra(rms)} \approx (V_m/2R) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3)/T]} + (V_m/R) \cdot \sqrt{(t_2/T)}$$



### 2) Çıkış hat-faz gerilimi etkin değeri;

3 fazlı gerilim kaynaklı invertörün üçgen yükte oluşan çıkış hat ve faz gerilim Şekil-7.42'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış geriliminin etkin değeri aşağıdadır.

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



### 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.



### 5) Ortalama giriş gücü;

Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.

$$P_s = I_s \cdot V_s \text{ eşitliğinden bulunabilecektir.}$$

### 6) Devrenin verimi;

Devrenin verimi,

$$\eta = P_o / P_s \text{ olacaktır.}$$

### 7) Anahtar gerilimi,

Anahtarın üzerine gelecek olan gerilime göre,

$$V_T = 1,3 \cdot V_m \text{ olacaktır.}$$

### 8) Anahtar akımı;

Anahtarın üzerine göre;

$$I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot 3V_m / 2R$$

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

### Örnek:

200Vdc şebekede 120 derece uyarda çalıştırılan 3 fazlı gerilim kaynaklı 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;

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

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

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

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;

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

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

$$I_{a(rms)} = 8,16A \text{ olarak bulunur.}$$

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;



## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

$$P_s = I_s \cdot V_s$$

$$P_s = 10 \cdot 200 = 2,0 \text{ kW}$$

Devrenin verimi;

$$\eta = P_o / P_i$$

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

Anahtar gerilimi;

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

Anahtar akımı;

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

b)  $3 \times 10 \Omega$ 'luk üçgen bağlı yük beslenmesi durumunda,

Çıkış gerilimlerinin etkin değeri;

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

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

$$V_{AB(\text{rms})} \approx 81,6 + 115,4 \approx 197 \text{ V}$$

Çıkış faz akımının etkin değeri;

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

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

$$I_{Ra(\text{rms})} \approx 8,16 + 11,54 \approx 19,7 \text{ A}$$

Çıkış hat akımının etkin değeri;

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

$$I_a(\text{rms}) = 3 \cdot 200/2 \cdot 10 \cdot \sqrt{(0,666)} = 24,5 \text{ A}$$

Etkin çıkış gücü;

$$P_o = 3/2 \cdot I_{ra} \cdot V_{ab}$$

$$P_o = 3/2 \cdot 19,7 \cdot 197 = 5,82 \text{ kW}$$

Kaynak akımının ortalama değeri;

$$I_s = 3V_m / 2R$$

$$I_s = 3 \cdot 200 / 2 \cdot 10 = 30 \text{ A}$$

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

Kaynaktan çekilen güç;

$$P_s = I_s \cdot V_s$$

$$P_s = 30 \cdot 200 = 6,0 \text{ kW}$$

Devrenin verimi;

$$\eta = P_o / P_i$$

$$\eta = 5,82 \text{ kW} / 6,0 \text{ kW} = \%97$$

Anahtar gerilimi;

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

Anahtar akımı;

$$I_T = I_m \cdot 1,3 = 3 \cdot 200 / 2 \cdot 10 \cdot 1,3 = 39 \text{ A}$$

### **B - AKIM KAYNAKLI PWM İNVERTÖRLER (CSI):**

Endüstride özellikle Asenkron motorların kontrolünde yoğun olarak kullanılmakta olan PWM invertörler, DC akım kaynağını kullanarak değişken frekanslı ve değişken akımlı AC üretirler. Bu bölümde akım kaynaklı türü incelenecek olan PWM invertörlerin en önemli avantajı çıkışta oluşan AC akımın genlik ve frekansının çok kolaylıkla ayarlanabilmesidir ki bu sayede senkron ve asenkron motorlarda çok kolaylıkla tork kontrolü yapılabilmektedir.

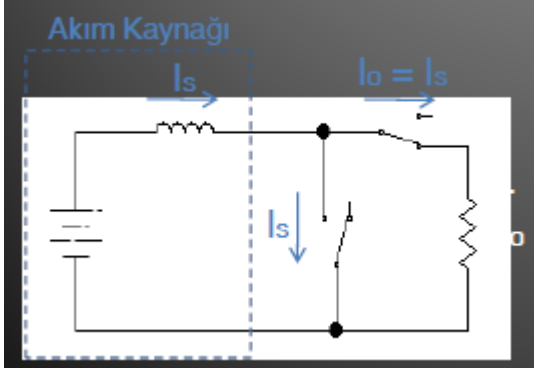
#### **1) 1 fazlı Akım Kaynaklı PWM İnvertörler (Rezistif yük);**

Bir fazlı CSI invertörler DC akım kaynağı kullanarak 1 fazlı, değişken frekanslı ve değişken genlikli AC akım elde etmekte kullanılan devrelerdir. Bu aşamada öncelikle güç elektroniği uygulamalarında kullanılabilecek bir DC akım kaynağının yapısının ve çalışmasının nasıl olduğunu incelemek gerekmektedir.

Bilindiği gibi gerilim kaynağı denildiğinde “sabit gerilim çıkışlı” akım kaynağı denildiğinde de “sabit akım çıkışlı” anlaşılmaktadır. Aşağıdaki Sekil-7.44’de güç elektroniği uygulamalarında kullanılmakta olan sabit akım kaynağı yapısı görülmektedir.

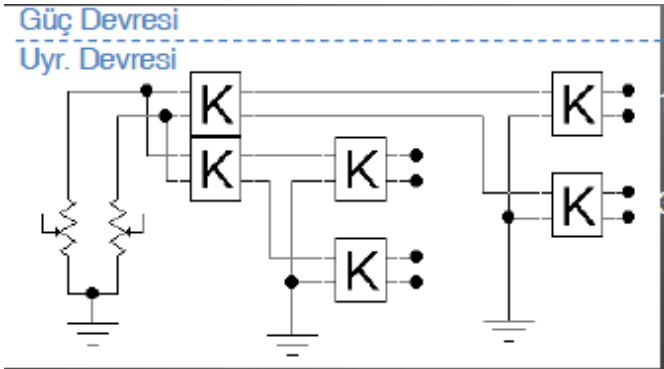
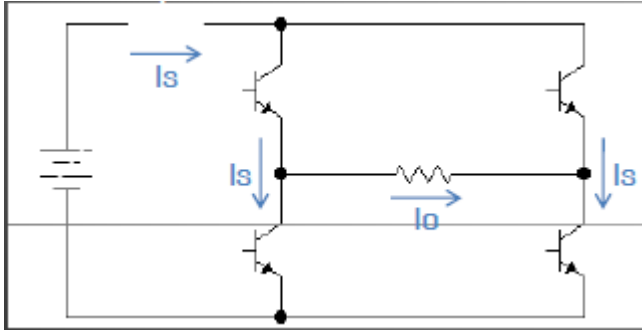
Şekilden görüldüğü gibi akım kaynağı aslında, değişken bir gerilim kaynağı ile ona seri bağlanmış yüksek değerli bir endüktanstan (bobinden) oluşmaktadır.

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta



Akım kaynağı uygulamalarında, akım kaynağı çıkışındaki “ $I_s$ ” akımının sürekli ve sabit kalabilmesi için mutlaka kaynak çıkışında akımın devam edebileceği bir bağlantı oluşturmak gerekmektedir.

Şekil-7.44’den görüldüğü gibi, kaynaktan akım alınmak istendiğinde, kaynak çıkışına S2 anahtarı üzerinden yük bağlanmalı kaynaktan akım alınmak istenmediğinde ise S2 anahtarı açık devre S1 anahtarı ise kısa devre yapılarak kaynak kısa devre edilmelidir. Bu sayede kaynak akımı “ $I_s$ ” bizim belirlediğimiz değerinde daima sabit akacaktır. Aşağıdaki Şekil-7.45’de 1 fazlı akım kaynaklı (CSI) köprü invertör bağlantısı görülmektedir.

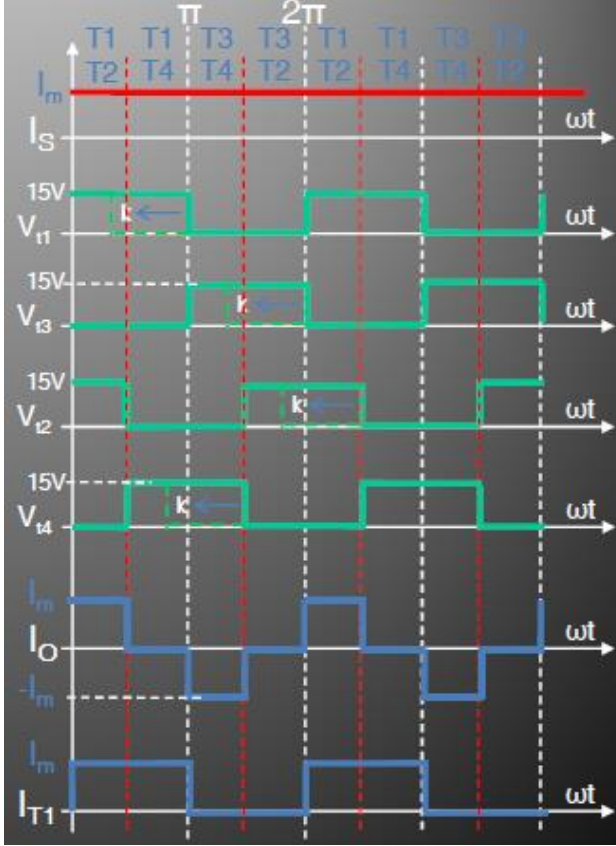


Şekil-7.45’de görülen 1 fazlı akım kaynaklı invertör devresi yardımıyla yük üzerinden istenen frekanslı ve istenen genlikli (seviyeli) akım akıtılabilmektedir. Devre çıkışında AC akım elde edebilmek için T1-T2-T3-T4 transistörleri sırayla ve kaynak akımı kesilmeyecek şekilde uyarılmalıdır.

T1-T2 uyarıldığında  $I_s$  kaynağı yüke bağlanacak ve çıkış akımı pozitif olacaktır. T3-T4 uyarıldığı zaman ise  $I_s$  kaynağı yüke ters bağlanacak ve çıkış akımı negatif olacaktır. Bu işlem periyodik olarak yapıldığında çıkışta istenilen frekanslı AC akım oluşmaktadır. Şekil-7.45

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

görülen akım kaynaklı PWM invertörün (CSI) rezistif performansını gösteren dalga şekilleri yan tarafta Şekil-7.46'da verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi T1-T2-T3 ve T4 transistörlerinin periyodik olarak devreye sokulmasıyla istenen frekansta kare dalga formatında bir AC akım çıkış uçlarında oluşmaktadır. Şekil-7.46'da gösterilen tüm dalga şekillerinin tepe değeri akım kaynağının sabit akım seviyesi olan " $I_s$ " değeridir. Çizilen bu dalga şekillerine göre akım kaynaklı invertörün rezistif yük performans parametreleri hesaplanacaktır.



Akım kaynaklı PWM invertör kullanılarak elde edilen AC akımın frekansı tamamen kontrol sinyalinin frekansına bağlı olarak oluşmaktadır. İnvörtör kullanılarak elde edilen AC akımın genliği ise iki farklı yöntemle kontrol edilebilmektedir. Bu yöntemler,

- 1) Değişken kaynak akımı ( $I_s$ ) kullanılarak,
- 2) Değişken etkin periyot ( $k$ ) kullanılarak.

PWM invertörlerde adından da anlaşılacağı gibi daha çok ikinci yöntem olan etkin periyot kontrolü yöntemi kullanılmaktadır. Değişken frekanslı ve genlikli akım gereken güç elektroniği uygulamalarında kullanılan 1 fazlı akım kaynaklı PWM invertörün rezistif yükte çalışırken diğer güç devrelerine benzer şekilde,

- 1) Çıkış akımının etkin değeri,
- 2) Etkin çıkış gücü,
- 3) Anahtar gerilimi,

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

4) Anahtar akımı, hesaplanabilir.

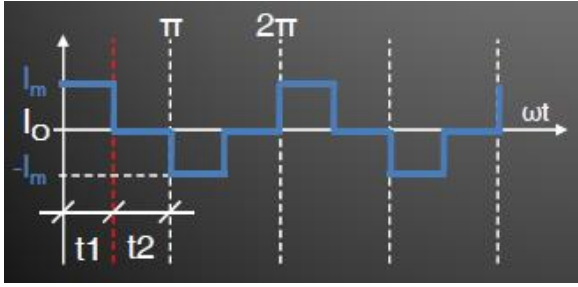
Akım kaynaklı invertör uygulamalarında çıkış gerilimi takip edilmemektedir. Bu uygulamalarda esas olan akımdır ve akımın hep istenen değerde olması için çalışılır.

### 1) Çıkış akımının etkin değeri;

1 fazlı akım kaynaklı invertörün (CSI) saf rezistif yükte oluşan çıkış akımı Sekil-7.47'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değeri eşitliği,

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} I_m^2 dt} = I_S \cdot \sqrt{\frac{t_1}{t_1 + t_2}}$$

olarak bulunabilecektir.



### 2) Etkin çıkış gücü;

Yüke aktarılan etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = I_{O(rms)}^2 \cdot R$$

eşitliğinden bulunabilecektir.

### 3) Anahtar gerilimi,

Anahtarın üzerine gelecek olan en yüksek gerilime göre,

$$V_T = 1,3 \cdot V_m \text{ olacaktır.}$$

### 4) Anahtar akımı;

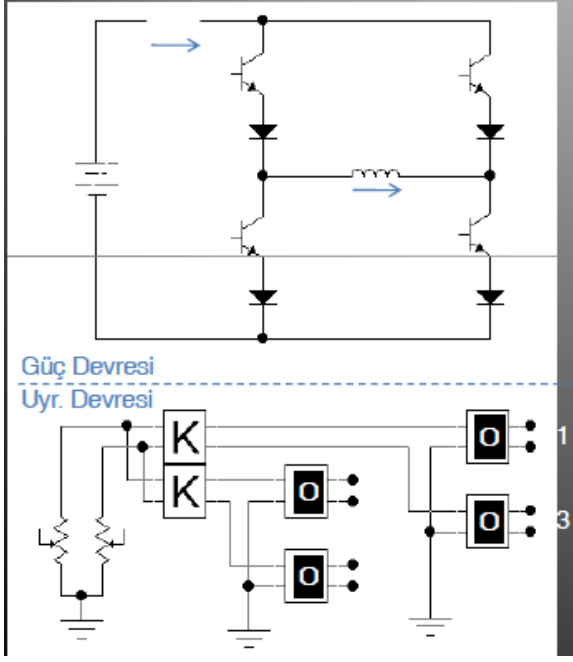
Anahtarın üzerine göre;

$$I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot I_S$$

**NOT:** Kaynak gerilimi ve akımının seviyesi yüke göre belirlenir.

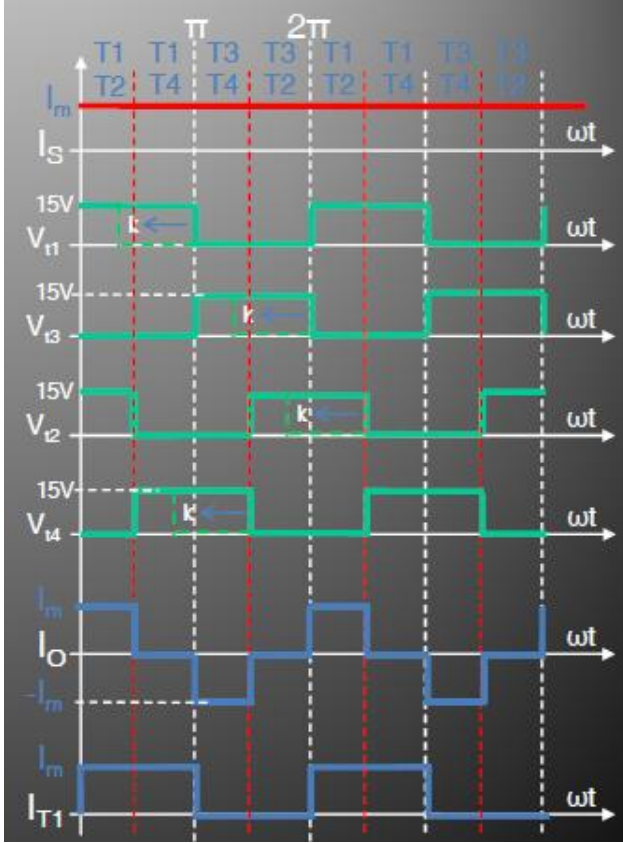
## B) 1 fazlı Akım Kaynaklı PWM İnvvertörler (Endüktif yükte);

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta



Şekil-7.48’de görülen 1 fazlı akım kaynaklı invertör devresi yardımı ile endüktif yük üzerinden istenen frekanslı ve istenen genlikli (seviyeli) akım akıtılabilmektedir. Uyarma devresinde görüldüğü gibi 2 adet PWM üretici kullanılarak T1 ve T3’e  $180^\circ$  faz farklı, T2 ve T4’e ise onlara göre  $270^\circ$  fazı kayık kare dalga uygulanmıştır. Güç devresinde görüldüğü gibi daha önceden gerilim kaynaklı invertörlerde transistörlere paralel olarak kullanılan serbest geçiş diyotları bu defa seri bağlanarak tampon olarak kullanılmışlardır. Bu uygulamanın sebebi izinsiz akım akışını engellemektir. Sekil-7.48 görülen akım kaynaklı PWM invertörün (CSI) endüktif performansını gösteren dalga şekilleri yan tarafta Sekil-7.49’da verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi T1-T2-T3 ve T4 transistörlerinin periyodik olarak devreye sokulmasıyla yine istenen frekansta kare dalga formatında bir AC akım çıkış uçlarında oluşmaktadır.

Sekil-7.49’da gösterilen tüm dalga şekillerinin tepe değeri akım kaynağının sabit akım seviyesi olan “ $I_s$ ” değeridir. Çizilen bu dalga şekillerine göre akım kaynaklı invertörün endüktif yük performans parametreleri hesaplanacaktır.

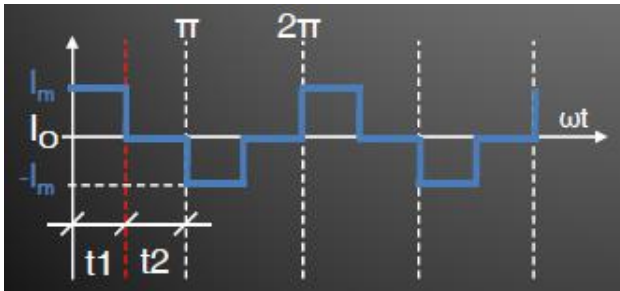


1) Çıkış akımının etkin değeri;

1 fazlı akım kaynaklı invertörün (CSI) saf endüktif yükte oluşan çıkış akımı Sekil-7.50'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği,

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T/2} \int_0^{T/2} I_m^2 dt} = I_s \cdot \sqrt{\frac{t_1}{t_1 + t_2}}$$

olarak bulunabilecektir.



2) Etkin çıkış gücü;

Yüke aktarılan etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = I_{O(rms)}^2 \cdot R$$

eşitliğinden bulunabilecektir.

3) Anahtar gerilimi,

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

Anahtarın üzerine gelecek olan en yüksek gerilime göre,

$$V_T = 1,3 \cdot V_m \text{ olacaktır.}$$

### 4) Anahtar akımı;

Anahtarın üzerine göre;

$$I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot I_s$$

**NOT:** Kaynak gerilimi ve akımının seviyesi yüke göre belirlenir.

### Örnek:

50A dc kaynakta %50 etkin periyodu uyarmada çalıştırılan 1 fazlı akım kaynaklı invertörün,

a)  $10\Omega$ 'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,

b)  $10\Omega$ 'luk endüktif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.

Çözüm:

a) Rezistif yükte çıkış akımının etkin değeri,

$$I_{O(rms)} = I_s \cdot \sqrt{k} = 50 \cdot \sqrt{0,5} = 35A$$

Etkin çıkış gücü,  $P_{O(rms)} = I_{O(rms)}^2 \cdot R = 35^2 \cdot 10 = 12,25kW$

Anahtar gerilimi,

$$V_o = I_{o(max.)} \cdot R$$

$$V_o = 50 \cdot 10 = 500V$$

$$V_T \geq 500 \cdot 1,3 \geq 650V$$

Anahtar akımı,

$$V_T \geq I_s \cdot 1,3$$

$$V_T \geq 50 \cdot 1,3 \geq 65A$$

b) Endüktif yükte çıkış akımının etkin değeri, Endüktif yükte oluşan dalga şekillerinden ve eşitliklerden görüldüğü gibi rezistif yükle tamamen aynıdır. Dolayısıyla ayrıca hesaba gerek yoktur.

### 2) 3 Fazlı akım kaynaklı PWM invertörler (CSI):

3 fazlı gerilim kaynaklı PWM invertörler, sanayide çok yoğun olarak kullanılmakta olan 3 fazlı asenkron motorların kontrolü için kullanılmaktadır. Bu invertörler sayesinde asenkron motorların,



## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

- Yol verme,
- Tork kontrolü,
- Yön kontrolü,
- Frenleme kontrolü, kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.

Son yıllarda IPM'ler kullanılarak bu devreler daha da yayılmıştır. 3 fazlı akım kaynaklı PWM invertörlerde de yine kullanılmakta olan 2 farklı kontrol yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler,

a- 180° iletim kontrolü,

b- 120° iletim kontrolüdür.

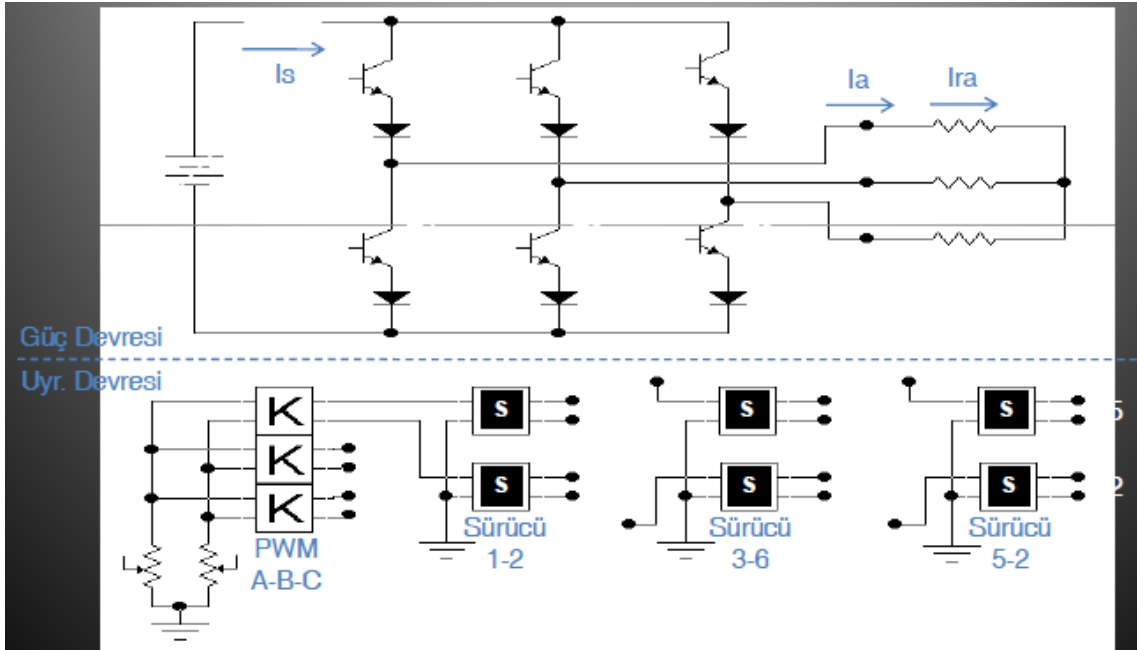
Bu yöntemlerden birincisi olan 180° iletim kontrolünde, invertörü oluşturan her bir güç elemanı, 180° iletimde, 180°'de yalıtımda tutulmaktadır.

İkinci yöntem olan 120° iletim kontrolünde ise invertörü oluşturan her bir güç elemanı, 120° iletimde, 240°'de yalıtımda tutulmaktadır.

Şimdi CSI'da bu yöntemlerin kullanımı sırasıyla incelenecektir.

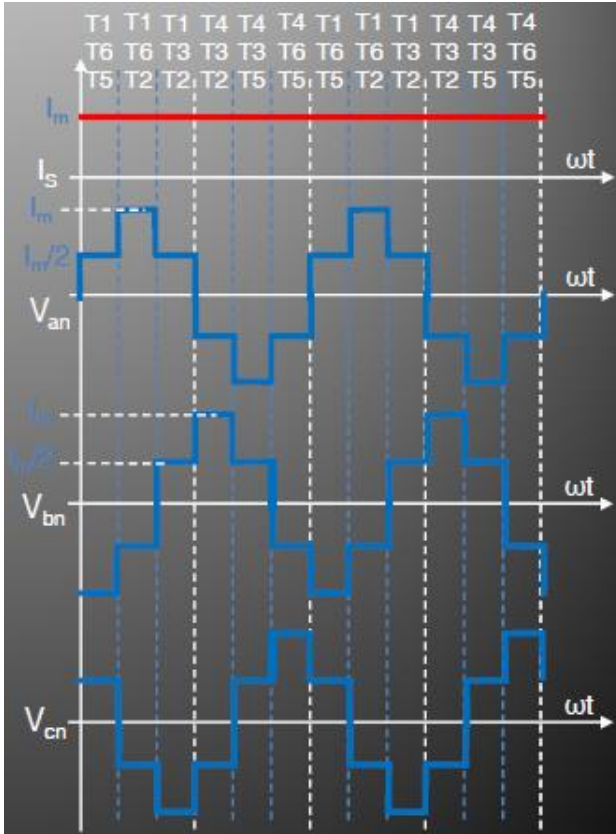
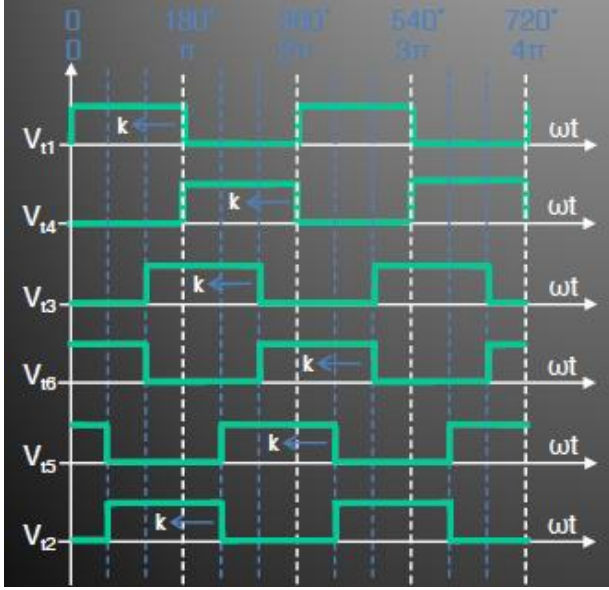
3 fazlı Akım Kaynaklı PWM İntertör (yıldız bağlı yükte ve 180° iletimde);

Şekil-7.51'de 3 fazlı akım kaynaklı PWM invertörün (CSI), yıldız yük ve 180° uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görülmektedir.



Şekil-7.51'de görülen 3 fazlı devrenin performansını gösteren uyarma dalga şekilleri Şekil-7.52'de, güç devresi dalga şekilleri de Şekil-7.53'de verilmiştir.

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta



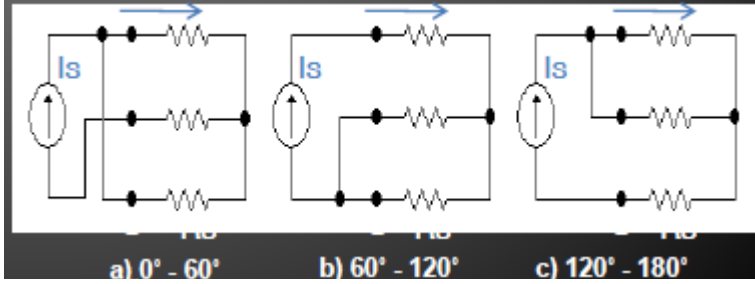
Şekil-7.52'den görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine 180 derece faz farklı iki kare dalga kontrol sinyali uygulanacaktır.

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.

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

Böylelikle 3 fazlı AC akım elde edebilmek için T1'den T6'ya kadar transistörler 60'ar derece arayla 180° sürülmüş olmaktadır. Şekil-7.53'de verilen güç devresi dalga şekillerine bakıldığında yapılan 180 derecelik uyarma sonucunda, istenilen frekansta, 120'ser derece faz farklı ve "I<sub>m</sub>" tepe değerli 3 adet hat akımı (I<sub>a</sub>, I<sub>b</sub>, I<sub>c</sub>) ile yine yıldız bağlantı nedeniyle bu akımlarla aynı şekil ve değerli 3 adet faz akımı (I<sub>ra</sub>, I<sub>rb</sub>, I<sub>rc</sub>) oluşmaktadır. Şekil-7.53'de gösterilen kademeli hat akımlarının oluşumu aşağıda Şekil-7.54'de gösterilmiştir.



Şekil-7.54'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 üzerinden "I<sub>s</sub>/2" kadarlık bir akım geçişi olacaktır. İkinci 60 derecelik dilimde ise "b" şeklinde görüldüğü gibi Rb-Rc paralel Ra ise onlara seri durumdadır. Bu durumda Ra üzerinden "I<sub>s</sub>" kadarlık bir akım geçişi olacaktır.

Üçüncü 60 derecelik dilimde ise Ra direnci yine paralele girdiği için üzerinden "I<sub>s</sub>/2" geçecektir. 3 fazlı akım kaynaklı PWM invertör devresinin 180 derece iletim durumunda ve yıldız yükteki dalga şekillerinden yararlanarak diğer güç devrelerinde olduğu gibi aşağıdaki temel hesaplamalar yapılabilir.

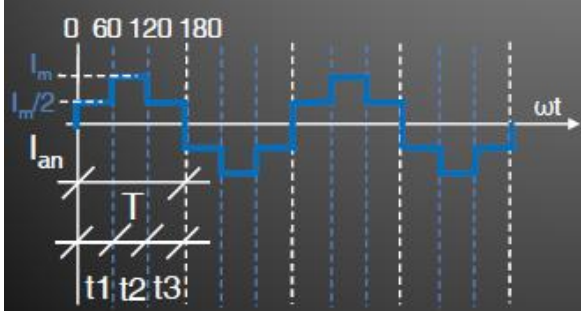
- 1) Çıkış hat-faz akımlarının etkin değeri,
- 2) Etkin çıkış gücü,
- 3) Anahtar gerilimi,
- 4) Anahtar akımı.

Çıkış gerilimi kontrol edilmediği için hesaplaması yapılmamıştır.

### 1) Çıkış hat-faz akımı etkin değeri;

3 fazlı akım kaynaklı invertörün yıldız yükte oluşan çıkış hat ve faz akımı Şekil-7.55'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği aşağıdadır.

$$I_{a(\text{rms})} \approx (I_m/2) \cdot \sqrt{[(t_1+t_3) / T] + I \cdot \sqrt{(t_2 / T)}}$$



**2) Etkin çıkış gücü;**

Devrenin etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)}^2 \cdot R$$

**3) Anahtar gerilimi,**

Anahtarın üzerine gelecek olan gerilim,

$$V_m = I_m \cdot R \text{ buradan,}$$

$$V_T = 1,3 \cdot V_m \text{ olacaktır.}$$

**4) Anahtar akımı;**

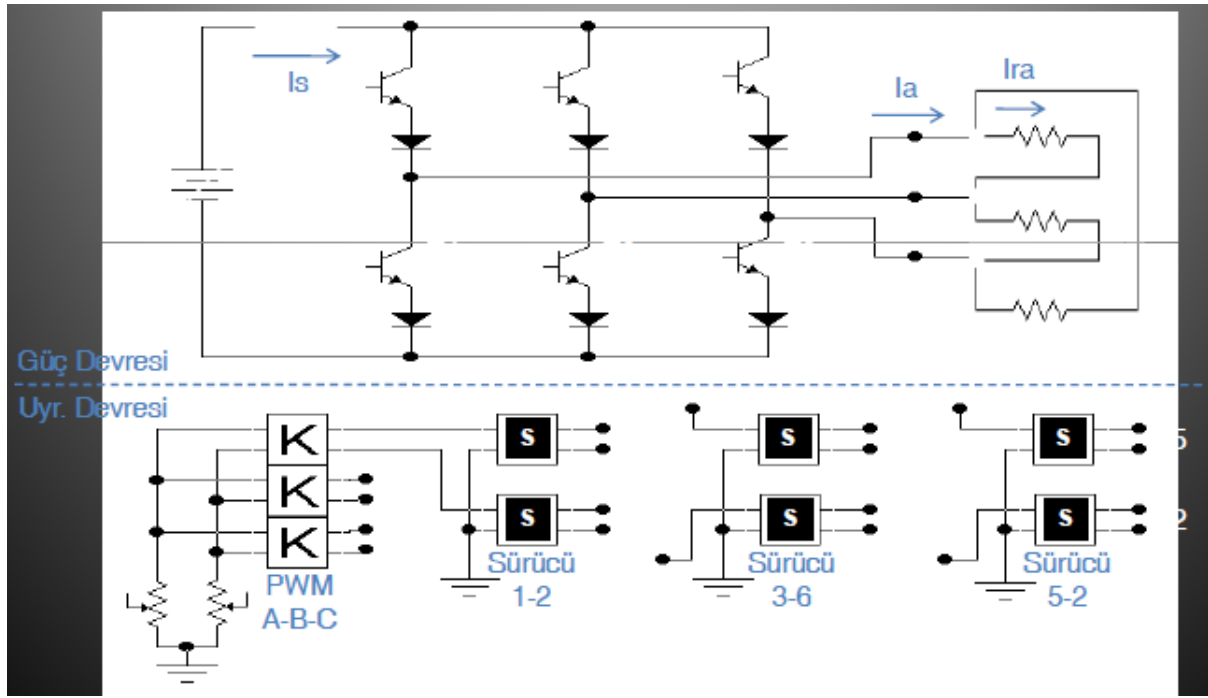
Anahtarın üzerindeki akıma göre;

$$I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m \text{ bulunacaktır.}$$

**3 fazlı Akım Kaynaklı PWM İvertör (üçgen bağlı yükte ve 180° iletimde);**

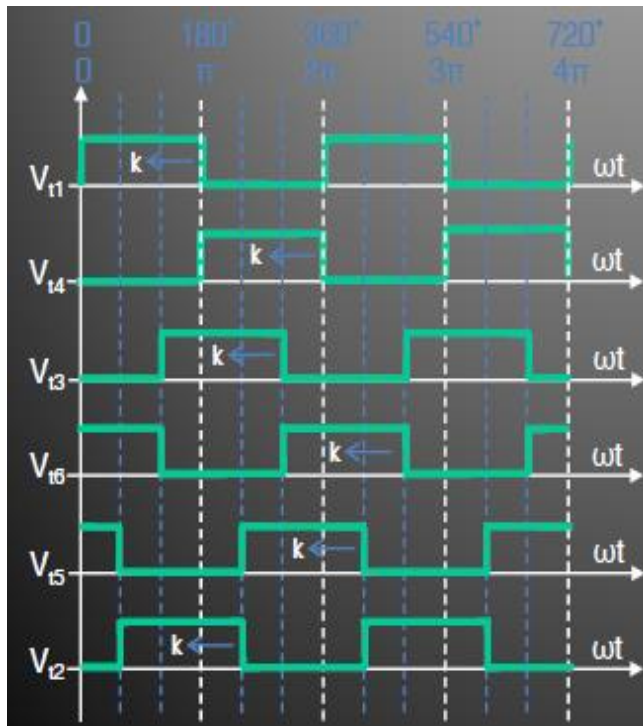
Şekil-7.56'da 3 fazlı akım kaynaklı PWM invertörün (CSI), üçgen yük ve 180° uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görülmektedir.

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

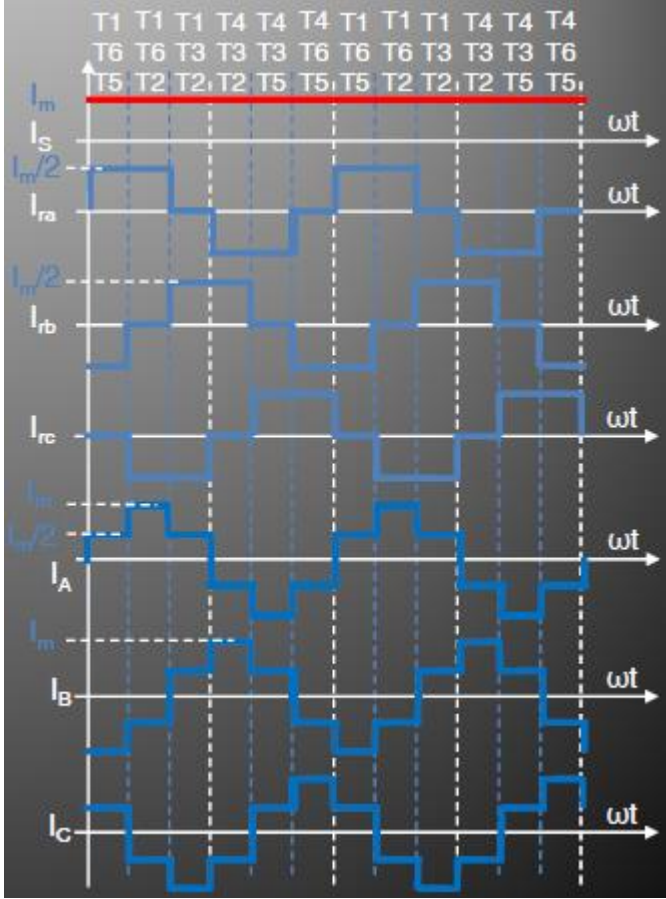


Şekil-7.56'da görülen 3 fazlı devrenin performansını gösteren uyarma dalga şekilleri Şekil-7.57'de, güç devresi dalga şekilleri

de Şekil-7.58'de verilmiştir.



## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta



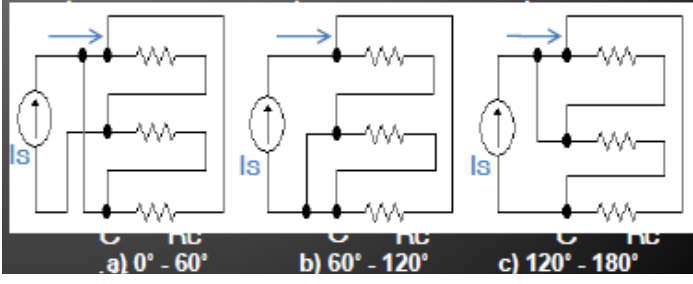
Şekil-7.57'den görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine 180 derece faz farklı iki kare dalga kontrol sinyali uygulanacaktır.

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 akım elde edebilmek için T1'den T6'ya kadar transistörler 60'ar derece arayla 180° sürülmüş olmaktadır. Şekil-7.58'de verilen güç devresi dalga şekillerine bakıldığında yapılan 180 derecelik uyarma sonucunda, istenilen frekansta, 120'ser derece faz farklı ve " $I_m$ " tepe değerli 3 adet hat akımı ( $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$ ) ile yine üçgen bağlantı nedeniyle bu akımlardan farklı olarak yine 120° farklı 3 adet faz akımı ( $I_{ra}$ ,  $I_{rb}$ ,  $I_{rc}$ ) oluşmaktadır. Şekil-7.58'de gösterilen kademeli hat akımlarının oluşumu aşağıda

Şekil-7.59'de gösterilmiştir.



Şekil-7.59’da verilen yük eşdeğer devrelerinden görüldüğü gibi, ilk 60 derecelik dilimde T1-T6-T5 iletimde olduğu için yük “a” şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rb paralel Rc ise bloke olmuş durumdadır. Bu durumda A fazı üzerinden “ $I_s/2$ ” kadarlık bir akım geçişi olacaktır.

İkinci 60 derecelik dilimde ise “b” şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rc paralel Rb ise bloke olmuş durumdadır. Bu durumda A fazı üzerinden “ $I_s$ ” kadarlık bir akım geçişi olacaktır.

Üçüncü 60 derecelik dilimde ise Ra direnci yine paralele girdiği için A fazı üzerinden “ $I_s/2$ ” geçecektir. 3 fazlı akım kaynaklı PWM invertör devresinin 180 derece iletim durumunda ve üçgen yükteki daga şekillerinden yararlanarak diğer güç devrelerinde olduğu gibi aşağıdaki temel hesaplamalar yapılabilir.

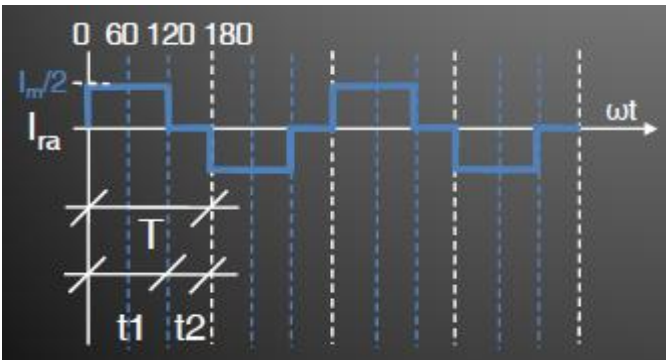
- 1) Çıkış hat-faz akımlarının etkin değeri,
- 2) Etkin çıkış gücü,
- 3) Anahtar gerilimi,
- 4) Anahtar akımı.

Çıkış gerilimi kontrol edilmediği için hesaplaması yapılmamıştır.

### 1a) Çıkış faz akımı etkin değeri;

3 fazlı akım kaynaklı invertörün üçgen yükte oluşan çıkış faz akımı Sekil-7.60’da görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değeri eşitliği aşağıdadır.

$$I_{Ra(rms)} = (I_m/2) \cdot \sqrt{(t_1 / T)} \text{ olacaktır.}$$



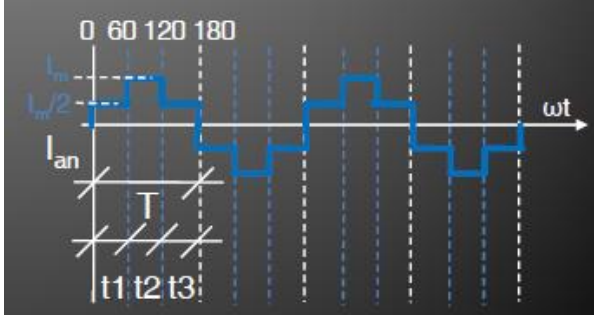
### 1b) Çıkış hat akımı etkin değeri;



## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

3 fazlı akım kaynaklı invertörün üçgen yükte oluşan çıkış hat akımı Şekil-7.61'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değeri aşağıdadır.

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



### 2) Etkin çıkış gücü;

Devrenin etkin çıkış gücü, 
$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{Ra(rms)}^2 \cdot Ra$$

### 3) Anahtar gerilimi,

Anahtarın üzerine gelecek olan gerilim,

$$V_m = I_m \cdot R \text{ buradan,}$$

$$V_T = 1,3 \cdot V_m \text{ olacaktır.}$$

### 4) Anahtar akımı;

Anahtarın üzerindeki akıma göre;

$$I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m \text{ bulunacaktır.}$$

### Örnek:

50A dc kaynaktan 50Hz'de 180 derecelik uyarmada çalıştırılan 3 fazlı akım kaynaklı invertörün,

- 10Ω'luk yıldız bağlı rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- 10Ω'luk üçgen bağlı rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak devre parametrelerini hesaplayınız.

Çözüm:

a) Yıldız bağlı yükte hat-faz akımlarının etkin değeri,

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

$$I_{a(rms)} \approx 25 \cdot \sqrt{[(6,66) / 10]} + 50 \cdot \sqrt{(3,33 / 10)} = 49,25A$$

Etkin çıkış gücü,



## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{A(rms)}^2 \cdot R = 3 \cdot 49,25^2 \cdot 10$$
$$P_{O(rms)} = 72,76 kW$$

Anahtar gerilimi,

$$V_o = I_{o(max.)} \cdot R$$

$$V_o = 50 \cdot 10 = 500V$$

$$V_T \geq 500 \cdot 1,3 \geq 650V$$

Anahtar akımı,

$$V_T \geq I_s \cdot 1,3$$

$$V_T \geq 50 \cdot 1,3 \geq 65A$$

b) Üçgen bağlı yükte hat akımının etkin değeri,

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

$$I_{a(rms)} \approx 25 \cdot \sqrt{[(6,66) / 10]} + 50 \cdot \sqrt{(3,33 / 10)} = 49,25A$$

Üçgen bağlı yükte faz akımının etkin değeri,

$$I_{Ra(rms)} = (I_m/2) \cdot \sqrt{(t_1 / T)}$$

$$I_{Ra(rms)} = 25 \cdot \sqrt{(6,66 / 10)} = 20,4A$$

Etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{Ra(rms)}^2 \cdot R = 3 \cdot 20,4^2 \cdot 10$$
$$P_{O(rms)} = 12,48 kW$$

Anahtar gerilimi,

$$V_o = I_{o(max.)} \cdot R$$

$$V_o = 50/2 \cdot 10 = 250V$$

$$V_T \geq 250 \cdot 1,3 \geq 325V$$

Anahtar akımı,

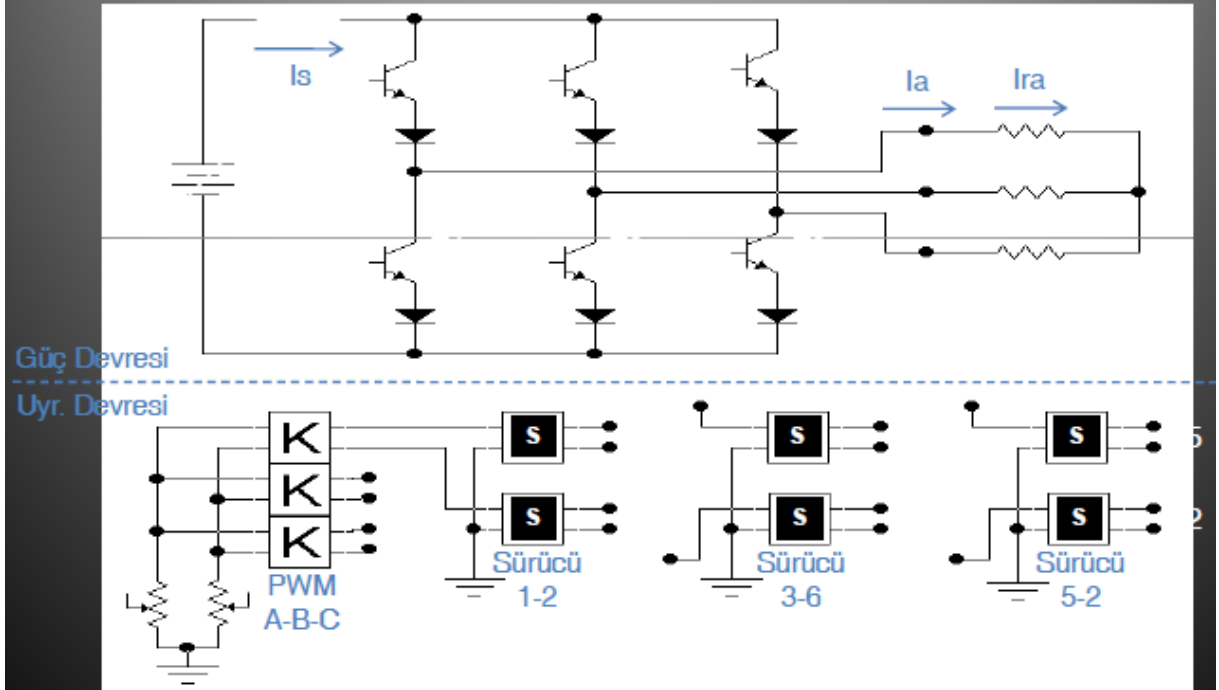
$$V_T \geq I_s \cdot 1,3$$

$$V_T \geq 50 \cdot 1,3 \geq 65A$$

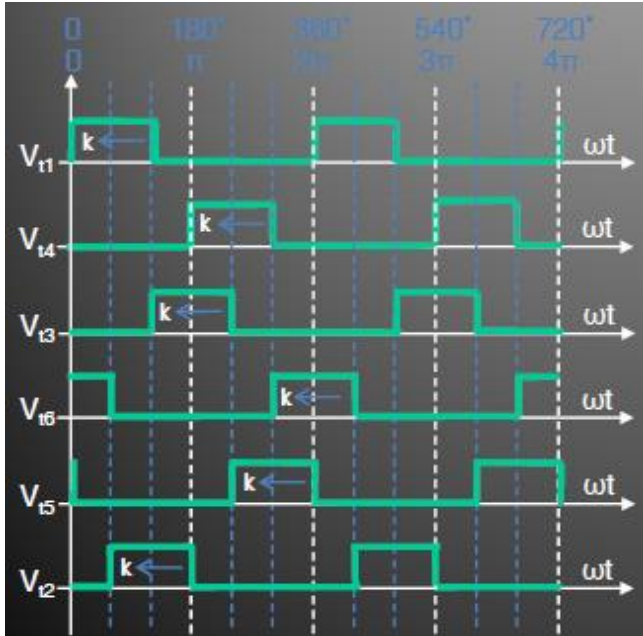
**3 fazlı Akım Kaynaklı PWM İnvörtör (yıldız bağlı yükte ve 120° iletimde);**

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

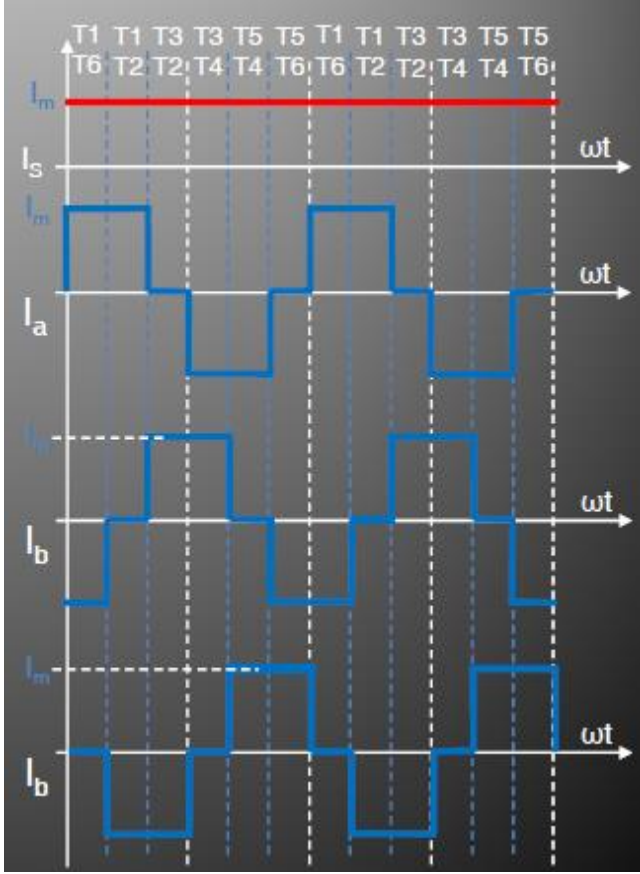
Şekil-7.62'de 3 fazlı akım kaynaklı PWM invertörün (CSI), yıldız yük ve  $120^\circ$  uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görülmektedir.



Şekil-7.62'de görülen 3 fazlı devrenin performansını gösteren uyarma dalga şekilleri Şekil-7.63'de, güç devresi dalga şekilleri de Şekil-7.64'de verilmiştir.



## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

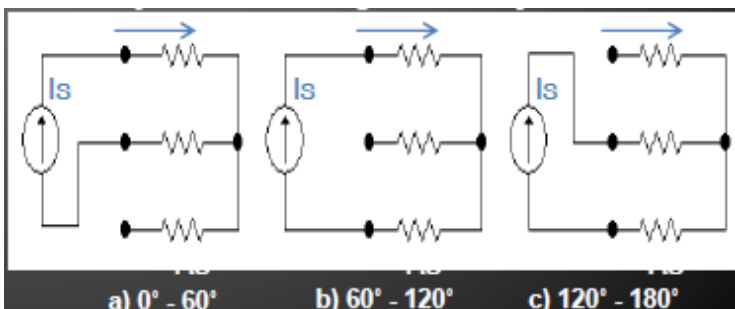


Şekil-7.63'den görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine  $120^\circ$  etkin periyotlu  $180^\circ$  faz farklı iki kare dalga sinyal uygulanacaktır.

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 akım elde edebilmek için T1'den T6'ya kadar transistörler  $60'$ ar derece arayla  $120^\circ$  sürülmüş olmaktadır. Şekil-7.64'de verilen güç devresi dalga şekillerine bakıldığında yapılan  $120$  derecelik uyarma sonucunda, istenilen frekansta,  $120'$ ser derece faz farklı ve " $I_m$ " tepe değerli 3 adet hat akımı ( $I_a, I_b, I_c$ ) ile yine yıldız bağlantı nedeniyle bu akımlarla aynı şekil ve değerli 3 adet faz akımı ( $I_{ra}, I_{rb}, I_{rc}$ ) oluşmaktadır. Şekil-7.64'de gösterilen kademeli hat akımlarının oluşumu aşağıda Şekil-7.65'de gösterilmiştir.



## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

Şekil-7.65’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 boşta bulunmaktadır. Bu durumda Ra üzerinden “Is” kadarlık bir akım geçişi olacaktır.

İkinci 60 derecelik dilimde ise “b” şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rc paralel Rb ise boşta bulunmaktadır. Bu durumda Ra üzerinden yine “Is” kadarlık bir akım geçişi olacaktır.

Üçüncü 60 derecelik dilimde ise Ra direnci boşta bulunduğu için üzerinden herhangi bir akım geçmeyecektir. 3 fazlı akım kaynaklı PWM invertör devresinin 120 derece iletim durumunda ve yıldız yükteki dalga şekillerinden yararlanarak diğer güç devrelerinde olduğu gibi aşağıdaki temel hesaplamalar yapılabilir.

1) Çıkış hat-faz akımlarının etkin değeri,

2) Etkin çıkış gücü,

3) Anahtar gerilimi,

4) Anahtar akımı.

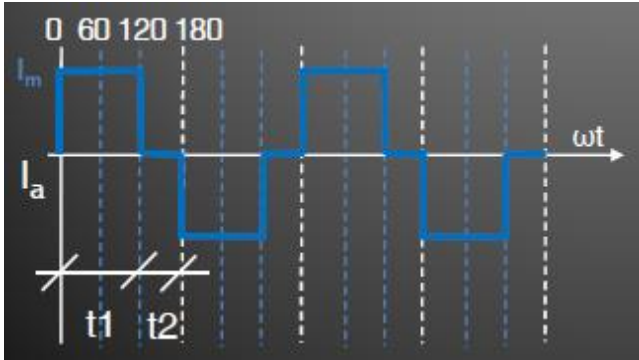
Çıkış gerilimi kontrol edilmediği için hesaplaması yapılmamıştır.

### 1) Çıkış hat-faz akımı etkin değeri;

3 fazlı akım kaynaklı invertörün yıldız yükte oluşan çıkış hat ve faz akımı Şekil-7.66’da görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değeri eşitliği aşağıdadır.

$$I_{a(rms)} = I_m \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{a(rms)} = I_m \cdot \sqrt{[t_1/(t_1+t_2)]}$$



### 2) Etkin çıkış gücü;

Devrenin etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{A(rms)}^2 \cdot R$$

### 3) Anahtar gerilimi,

Anahtarın üzerine gelecek olan gerilim,

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

$V_m = I_m \cdot R$  buradan,

$V_T = 1,3 \cdot V_m$  olacaktır.

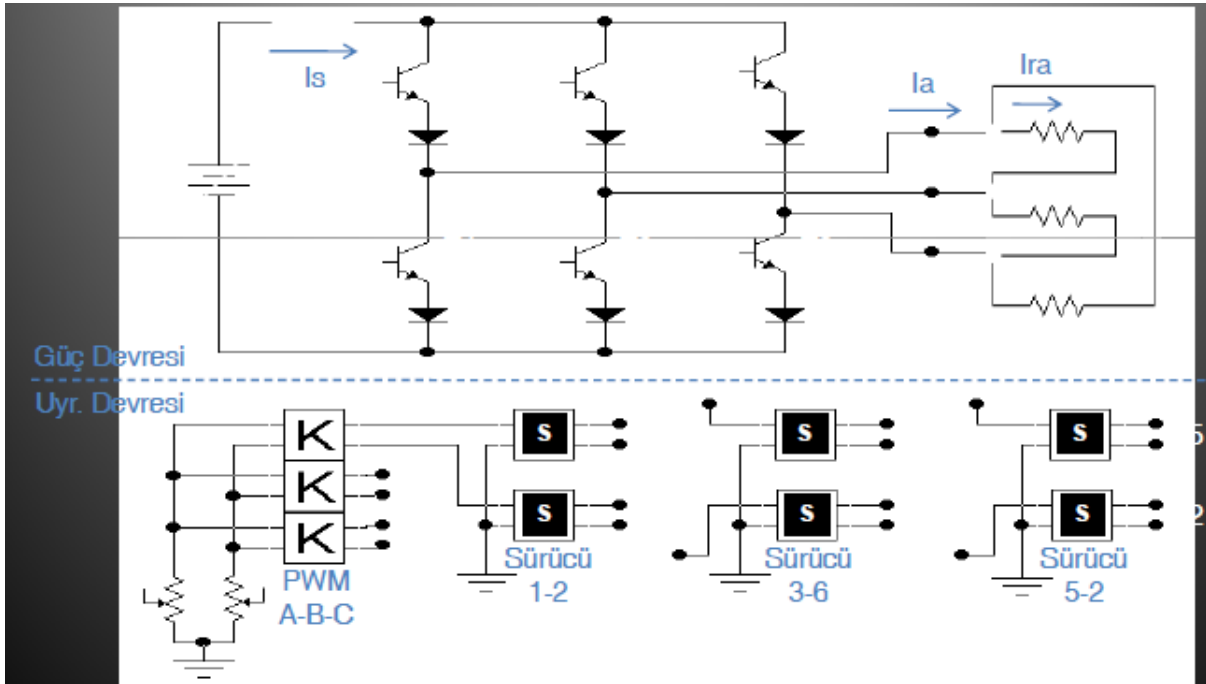
### 4) Anahtar akımı;

Anahtarın üzerindeki akıma göre;

$I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m$  bulunacaktır.

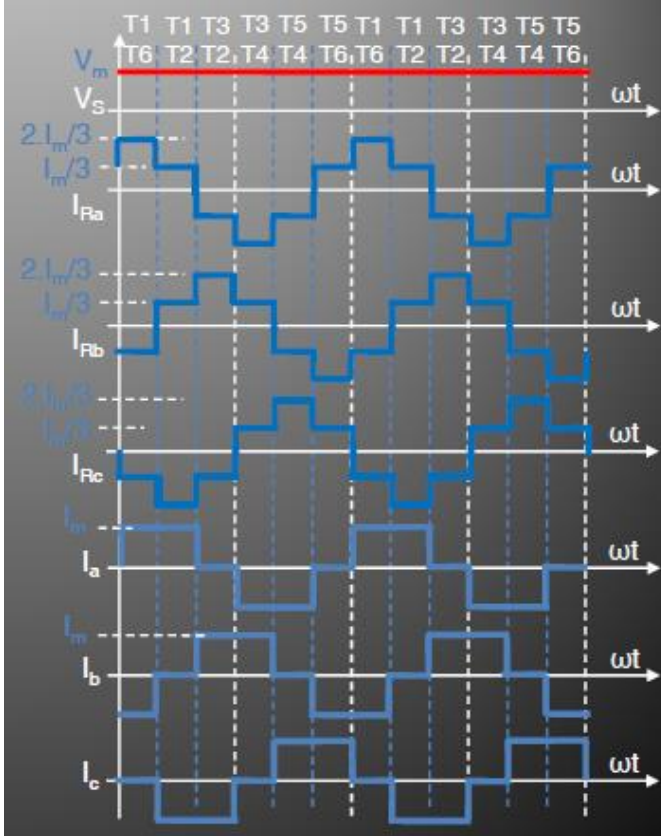
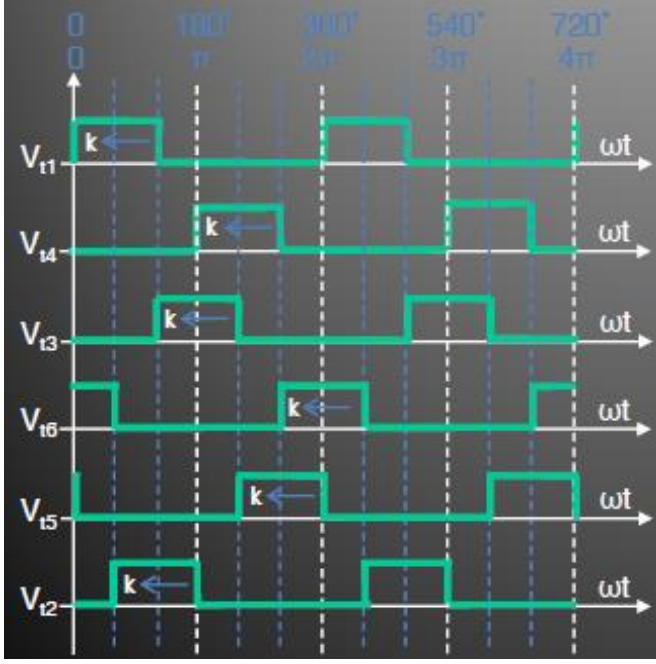
### 3 fazlı Akım Kaynaklı PWM İnvörtör (üçgen bağlı yükte ve 120° iletimde);

Şekil-7.67'de 3 fazlı akım kaynaklı PWM invertörün (CSI), üçgen yük ve 120° uyarma için, güç ve kontrol devrelerinin bağlantısı görülmektedir.



Şekil-7.67'de görülen 3 fazlı devrenin performansını gösteren uyarma dalga şekilleri Şekil-7.68'de, güç devresi dalga şekilleri de Şekil-7.69'da verilmiştir.

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta



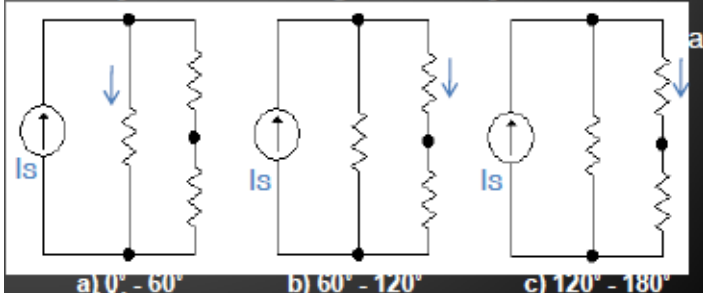
Şekil-7.68'den görüldüğü gibi referans olarak aldığımız birinci fazı (A) oluşturabilmek için T1 ve T4 transistörlerine 180 derece faz farklı  $120^\circ$  etkin iki kare dalga kontrol sinyali uygulanmıştır.

İkinci fazı (B) oluşturabilmek içinse T3 ve T6 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar  $120^\circ$  derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

Üçüncü fazı oluşturmak için ise T5 ve T2 transistörlerine yine aynı ters kare dalgalar 240 derece faz kaydırılarak uygulanmıştır.

Böylelikle 3 fazlı AC akım elde edebilmek için T1'den T6'ya kadar transistörler 60'ar derece arayla 120° sürülmüş olmaktadır. Şekil-7.69'da verilen güç devresi dalga şekillerine bakıldığında yapılan 120 derecelik uyarma sonucunda, istenilen frekansta, 120'ser derece faz farklı ve "I<sub>m</sub>" tepe değerli 3 adet hat akımı (I<sub>a</sub>, I<sub>b</sub>, I<sub>c</sub>) ile yine üçgen bağlantı nedeniyle bu akımlardan farklı olarak yine 120° farklı 3 adet faz akımı (I<sub>ra</sub>, I<sub>rb</sub>, I<sub>rc</sub>) oluşmaktadır. Şekil-7.69'da gösterilen kademeli hat akımlarının oluşumu aşağıda Şekil-7.70'de gösterilmiştir.



Şekil-7.70'de verilen yük eşdeğer devrelerinden görüldüğü gibi, ilk 60 derecelik dilimde T1-T6 iletimde olduğu için yük "a" şeklinde görüldüğü gibi Rc-Rb seri Rc ise onlara paralel durumdadır. Bu durumda A fazı üzerinden "Is" kadarlık bir akım geçişi olacaktır.

İkinci 60 derecelik dilimde ise "b" şeklinde görüldüğü gibi Ra-Rb paralel Rc ise onlara paralel durumdadır. Bu durumda A fazı üzerinden yine "Is" kadarlık bir akım geçişi olacaktır.

Üçüncü 60 derecelik dilimde ise A hattı boştaki için A hattı üzerinden herhangi bir akım geçişi olmayacaktır.

3 fazlı akım kaynaklı PWM invertör devresinin 120 derece iletim durumunda ve üçgen yükteki dalga şekillerinden yararlanarak diğer güç devrelerinde olduğu gibi aşağıdaki temel hesaplamalar yapılabilir.

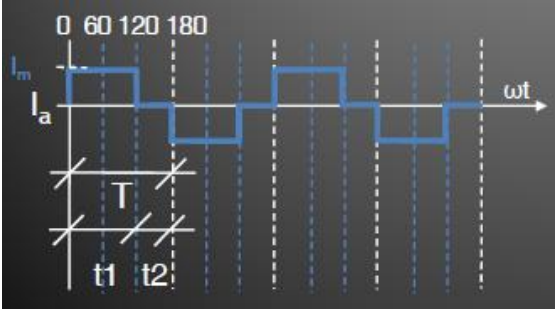
- 1) Çıkış hat-faz akımlarının etkin değeri,
- 2) Etkin çıkış gücü,
- 3) Anahtar gerilimi,
- 4) Anahtar akımı.

Çıkış gerilimi kontrol edilmediği için hesaplaması yapılmamıştır.

### 1a) Çıkış hat akımı etkin değeri;

3 fazlı akım kaynaklı invertörün üçgen yükte oluşan çıkış hat akımı Şekil-7.71'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değer eşitliği aşağıdadır.

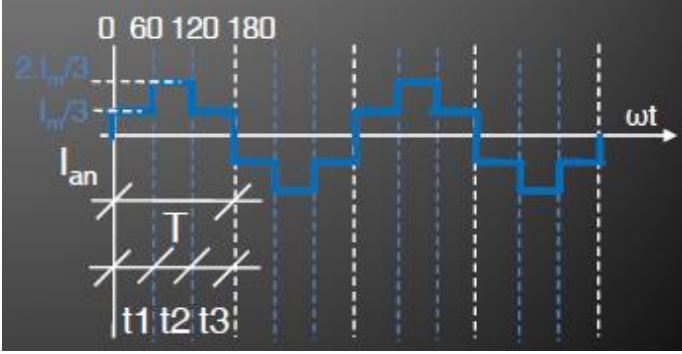
$$I_{a(rms)} = I_m \cdot \sqrt{(t_1 / T)} \text{ olacaktır.}$$



**1b) Çıkış faz akımı etkin değeri;**

3 fazlı akım kaynaklı invertörün üçgen yükte oluşan çıkış faz akımı Sekil-7.72'de görüldüğü gibi olduğundan, çıkış akımının etkin değeri aşağıdadır.

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



**2) Etkin çıkış gücü;**

Devrenin etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{Ra(rms)}^2 \cdot Ra$$

**3) Anahtar gerilimi,**

Anahtarın üzerine gelecek olan gerilim,

$$V_m = I_m \cdot R$$

buradan,

$$V_T = 1,3 \cdot V_m \text{ olacaktır.}$$

**4) Anahtar akımı;**

Anahtarın üzerindeki akıma göre;

$$I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / R \text{ bulunacaktır.}$$



## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

### Örnek:

50A dc kaynakta 50Hz'de 120 derecelik uyarmada çalıştırılan 3 fazlı akım kaynaklı invertörün,

- 10Ω'luk yıldız bağlı rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- 10Ω'luk üçgen bağlı rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak devre parametrelerini hesaplayınız.

Çözüm:

- Yıldız bağlı yükte hat-faz akımlarının etkin değeri,

$$I_{a(rms)} = I_m \cdot \sqrt{(t_1 / T)}$$

$$I_{a(rms)} = 50 \cdot \sqrt{(6,66 / 10)}$$

$$I_{a(rms)} = 40,8A$$

Etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{A(rms)}^2 \cdot R = 3 \cdot 40,8^2 \cdot 10$$
$$P_{O(rms)} = 49,93kW$$

Anahtar gerilimi,

$$V_o = I_{o(max.)} \cdot R$$

$$V_o = 50 \cdot 10 = 500V$$

$$V_T \geq 500 \cdot 1,3 \geq 650V$$

Anahtar akımı,

$$V_T \geq I_s \cdot 1,3$$

$$V_T \geq 50 \cdot 1,3 \geq 65A$$

- Üçgen bağlı yükte faz akımının etkin değeri,

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

$$I_{Ra(rms)} \approx 50/3 \cdot \sqrt{[(6,66) / 10] + 100/3 \cdot \sqrt{(3,33 / 10)}} = 32,83A$$

Üçgen bağlı yükte hat akımının etkin değeri,

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

$$I_{Ra(rms)} = 50 \cdot \sqrt{(6,66 / 10)} = 40,8A$$

Etkin çıkış gücü,

## Akım beslemeli invertörler / 14. Hafta

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{Ra(rms)}^2 \cdot R = 3 \cdot 32,8^2 \cdot 10$$
$$P_{O(rms)} = 32,27 kW$$

Anahtar gerilimi,

$$V_o = I_{o(max)} \cdot R$$

$$V_o = 50 \cdot 10 = 500V$$

$$V_T \geq 500 \cdot 1,3 \geq 650V$$

Anahtar akımı,

$$V_T \geq I_s \cdot 1,3$$

$$V_T \geq 50 \cdot 1,3 \geq 65A$$

Kaynakça:

1. Ned MOHAN, William P. ROBBINS, Tore M. UNDELAND, Güç Elektroniği, 2003
2. Muhammad H. Rashid, Power Electronics: Circuits, Devices & Applications, 2013
3. MEGEP, Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Doğrultmaçlar ve Regüle Devreleri, Ankara, 2011
4. M. Necdet YILDIZ, Güç Elektroniği Ders Notları, 2011