

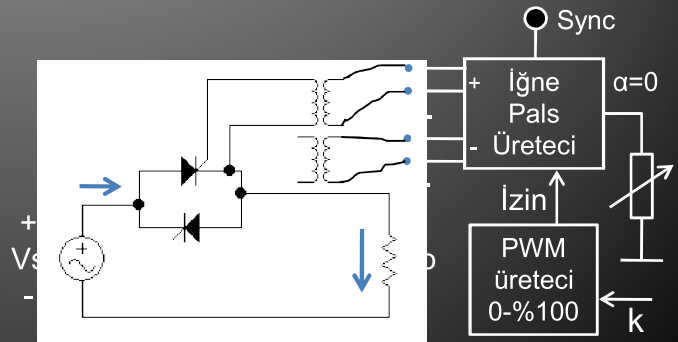
AC-AC Dönüştürücüler

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- **Giriş:**
- AC kıyıcılar (AC-AC dönüştürücüler), şebekeden aldıkları sabit genlik ve frekanslı AC gerilimi işleyerek çıkışına yine AC olarak veren güç elektroniği devreleridir.
- Bu devreleri genel olarak 2 gruba ayırmak mümkündür. Bu gruplar,
 - 1) AC voltaj kontrolcular,
 - 2) Direkt frekans çeviricilerdir.
- Bu gruplardan birincisi olan AC voltaj kontrolcular, girişine uygulanan AC gerilimin sadece genliğini kontrol eder.
- İkinci grupta yer alan direkt frekans çeviriciler ise girişlerine uygulanan AC gerilimin hem genliğini hem de frekansını kontrol edebilmektedirler.
- AC kıyıcılar bu özellikleriyle 3 farklı alanda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanlar,
 - 1) Isı kontrolü,
 - 2) Işık kontrolü,
 - 3) Motor kontrolüdür.
- Isı ve ışık (aydınlatma) kontrolunda sadece AC voltaj kontrolcular, motor kontrolunda ise her iki grup AC kıyıcı da kullanılabilir.

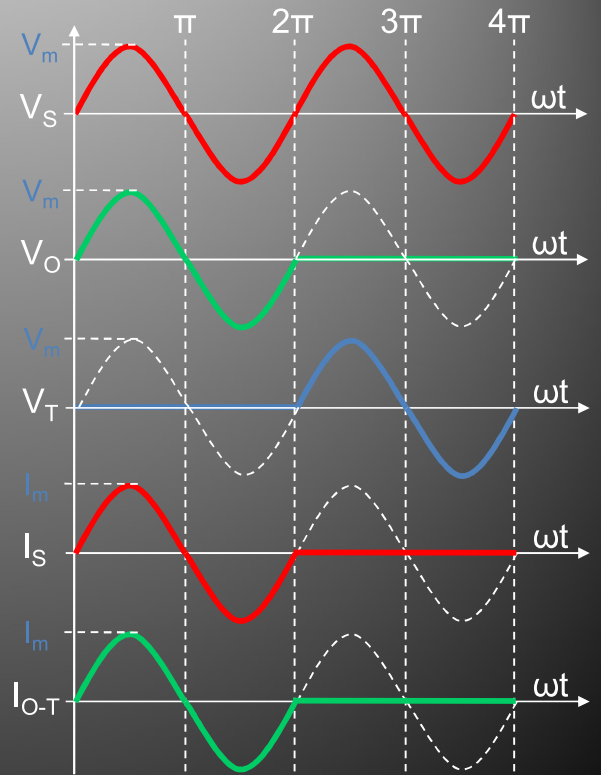
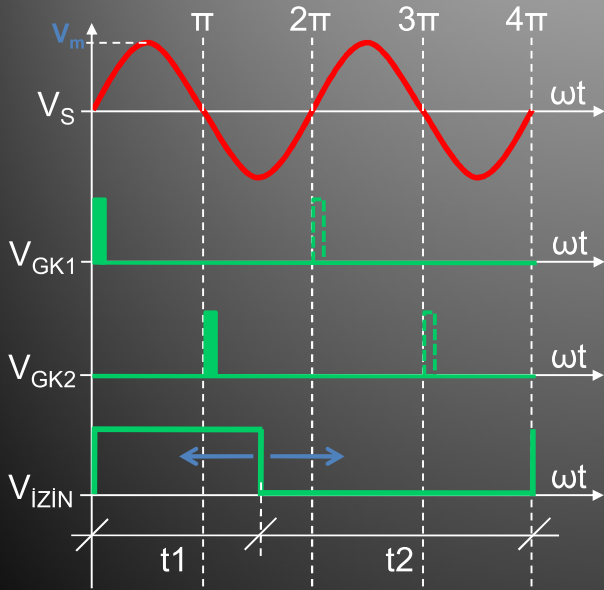
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Temel güç elemanı olarak tristör, triyak ve diyot kullanılan AC kıyılarının alt grupları ise aşağıda görüldüğü gibidir.
- AC voltaj kontrolcular;
 - 1) 1 fazlı AC voltaj kontrolcular,
 - 1a- Açma-kapama kontrollü,
 - 1b- Faz açısı kontrollü,
 - 2) 3 fazlı AC voltaj kontrolcular,
 - 2a- Açma-kapama kontrollü,
 - 2b- Faz açısı kontrollü,
- Direkt frekans çeviriciler (DFÇ)
 - 1) 1 fazdan-1 faza DFÇ,
 - 2) 3 fazdan-1 faza DFÇ,
 - 3) 3 fazdan-3 faza DFÇ.
- 1 Fazlı Açma-Kapama Kontrollü AC Voltaj Kontrolcu (rezistif yük);
- Şekil-5.1’de 1 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devre bağlantısı görülmektedir. Görüldüğü gibi tristörler bir iğne pals üreticiyle pals üreticinin izin girişi ise bir PWM ile kontrol edilmektedir.



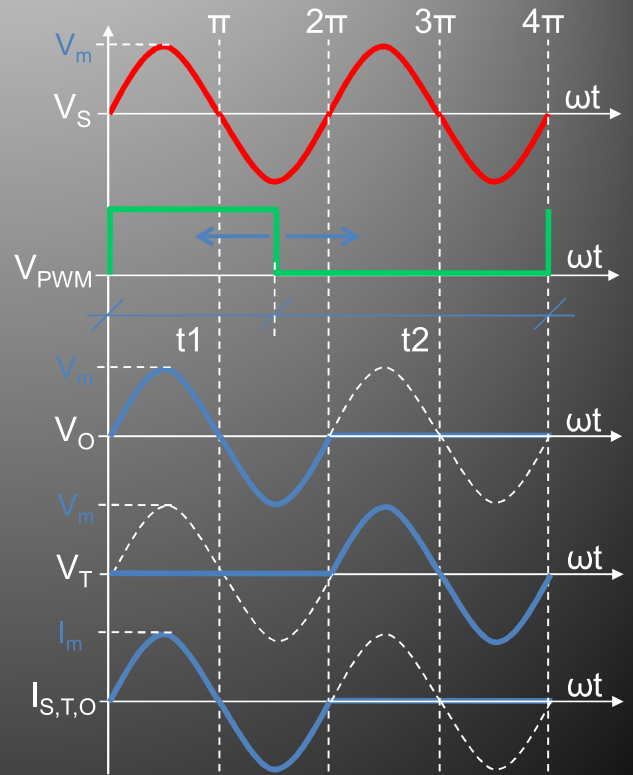
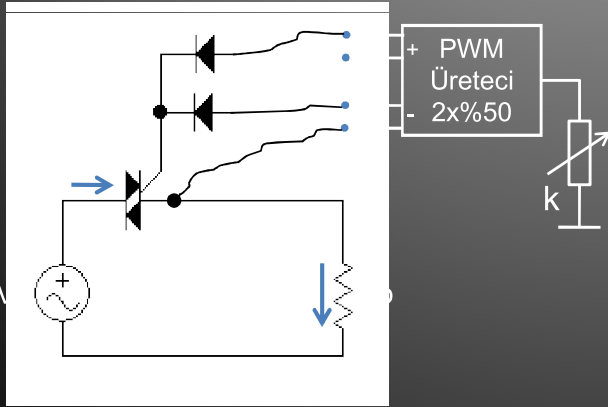
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Şekil-5.2'de devrenin uyarma, Şekil-5.3'de ise güç devresi dalga şekilleri eş zamanlı olarak verilmiştir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.1'de görülen açma kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devresini, düşük ve orta güçler için, Şekil-5.4 ve Şekil-5.5'de görüldüğü gibi sadece bir "triyak" kullanarak da yapmak mümkündür.

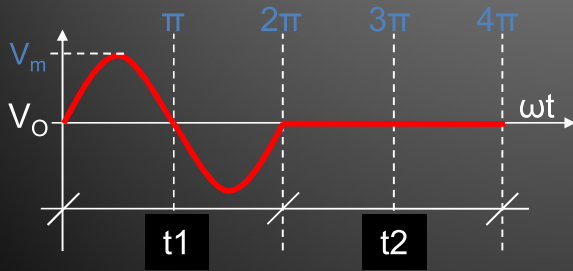


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.1 ve 5.5'den görüldüğü gibi 1 fazlı açma kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devresi hem birbirine ters paralel bağlanmış tristörlerle hem de triyak kullanarak yapılabilir.
- Tristörler kullanıldığında iğne pals üretici alternansın hemen başında pals üretecek şekilde ayarlanıp, izin girişi bir PWM sinyali ile kontrol edilmektedir.
- Triyak kullanıldığında ise PWM sinyali doğrudan triyak girişine uygulanabilmekte ve açma-kapama kontrolü olmaktadır.
- Şekil-5.3 ve 5.5'de görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 2) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 3) Etkin (rms) çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç
 - 6) Güç katsayısı,
 - 7) Anahtar gerilimleri,
 - 8) Anahtar akımları,

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış gerilimin etkin değeri;
- 1 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, yük üzerinde aşağıdaki Şekil-5.6'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış gerilimi eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T} \int_0^T [v_o(t)]^2 dt}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_m^2 \cdot \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot (\sqrt{2} \cdot V_{S(rms)})^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot 2 \cdot V_{S(rms)}^2}{2\pi} \cdot \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

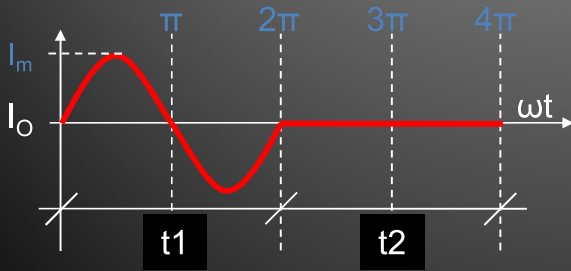
$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot V_{S(rms)}^2}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot V_{S(rms)}^2}{\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{k \cdot V_{S(rms)}^2}$$

$$V_{O(rms)} = V_{S(rms)} \cdot \sqrt{k} = V_{S(rms)} \cdot \sqrt{\frac{t_1}{t_1 + t_2}}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımının etkin değeri;
- 1 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, yük üzerinden aşağıdaki Şekil-5.7’de dalga şekli verilen akımın geçeceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış akımı eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



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

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot (\sqrt{2} \cdot I_{S(rms)})^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot 2 \cdot I_{S(rms)}^2}{2\pi} \cdot \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

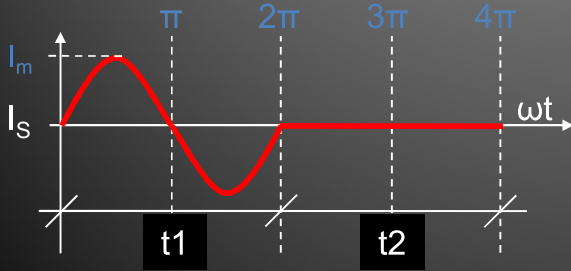
$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_{S(rms)}^2}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_{S(rms)}^2}{\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{k \cdot I_{S(rms)}^2}$$

$$I_{O(rms)} = I_{S(rms)} \cdot \sqrt{k} = \frac{V_{O(rms)}}{R}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Etkin çıkış gücü;
- Bilindiği gibi etkin çıkış gücü,
 $P_{O(rms)} = I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- Kaynak akımı etkin değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın
Şekil-5.8'deki gibi olduğunu
belirtmiştik. Buna göre,



$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T} \int_0^T [i_s(t)]^2 \cdot dt}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m^2 \cdot \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot (I_m)^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

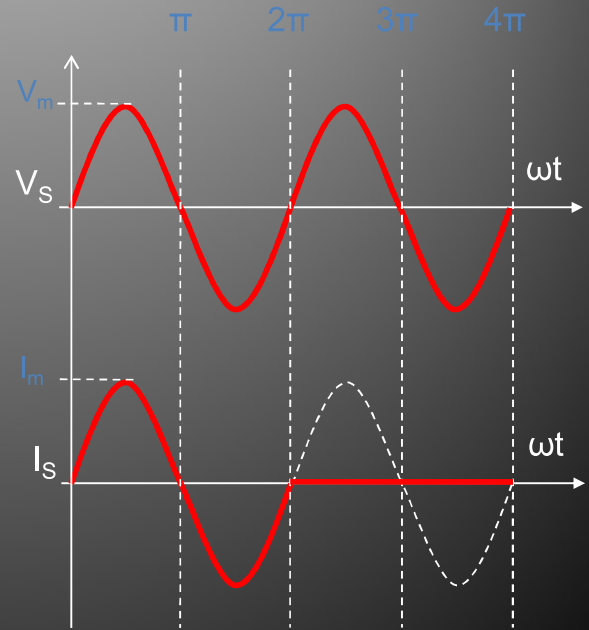
$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2}}$$

$$I_{S(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{k} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{t_1}{t_1 + t_2}}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

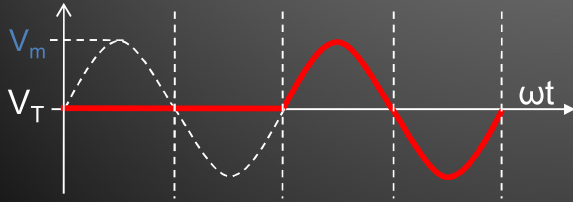
- Kaynaktan çekilen güç;
- Bilindiği gibi etkin giriş gücü,
 $P_{S(rms)} = I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Güç katsayısı kaynaktan verilen gerilim ile kaynaktan çekilen akım arasındaki açının “cos” değeridir. Şekil-5.9’da kaynak gerilimi ve akımı görülmektedir.
- Buradan, kıyıcı iletimde (on) iken faz kayması olmadığı görülmektedir.

- Kıyıcı yalıtıma (off) geçtiğinde ise akımın olmadığı görülmektedir.

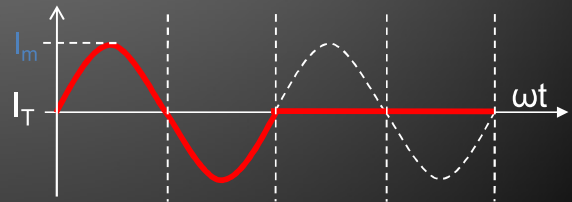


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (tristör) gerilimi;
- Bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının gerilimi, bloke ettikleri gerilimin tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki gerilim Şekil-5.10'daki gibi olduğuna göre anahtar gerilimi,
- $V_T = V_m + (\%30.V_m) = 1,3.V_m$ olarak hesaplanabilmektedir.

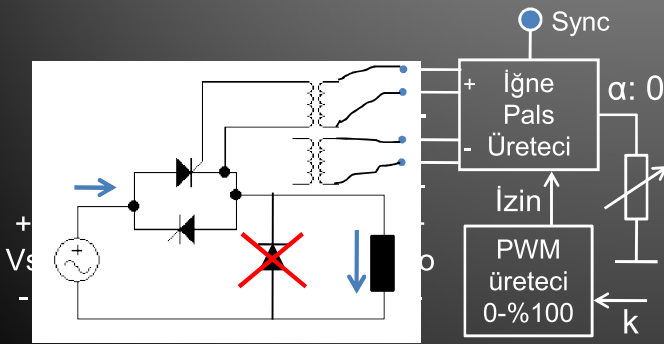


- Anahtar (tristör-triyak) akımı;
- Yine bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının üzerlerinden geçirilen akımın tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki akım Şekil-5.11'deki gibi olduğuna göre anahtar akımı,
- $I_T = I_m + (\%30.I_m) = 1,3.V_m / R$ olarak hesaplanabilmektedir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

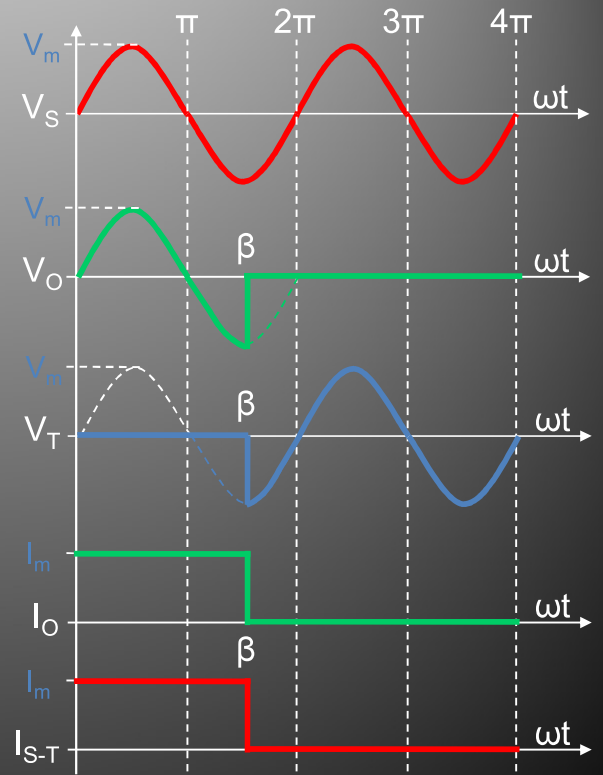
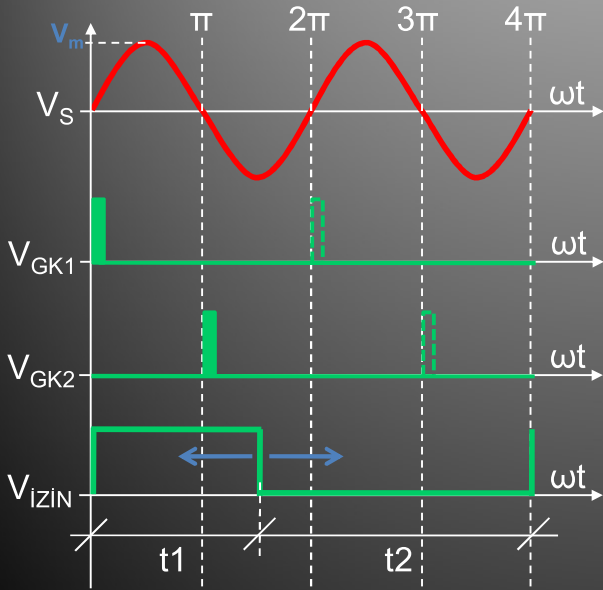
- 1 Fazlı Açma-Kapama Kontrollü AC Voltaj Kontr. (endüktif yük);
- Şekil-5.12'de 1 fazlı açma-kapama kontrollü tristörlü AC voltaj kontrolcü devresinin endüktif yükte bağlantısı görülmektedir. Devrede yüke ters paralel serbest geçiş diyodu kullanılamamaktadır.



- Şekil-5.12'de görülen devrede endüktif yük kullanılması durumunda, özellikle kaynak frekansına yakın frekanslarda (10Hz-50Hz) anahtarlama yapıldığında, özellikle yükün çok endüktif olması durumlarında, yük üzerindeki enerjinin boşalması nedeniyle tristörler hemen yalıtıma geçememekte ve dolayısıyla da paralelindeki tristörün de hemen iletme geçmesine engel olmaktadır.
- Devreye ait dalga şekilleri Şekil-5.13-5.14'de verilmiştir.

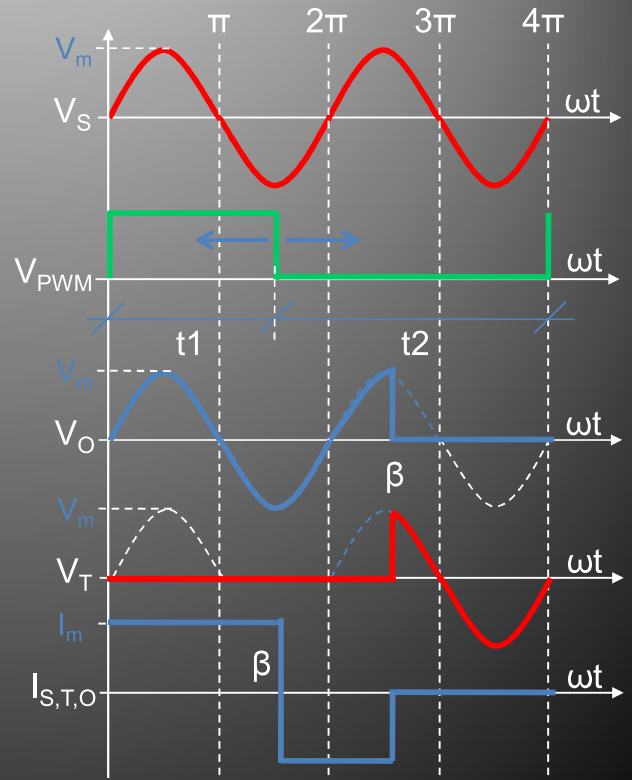
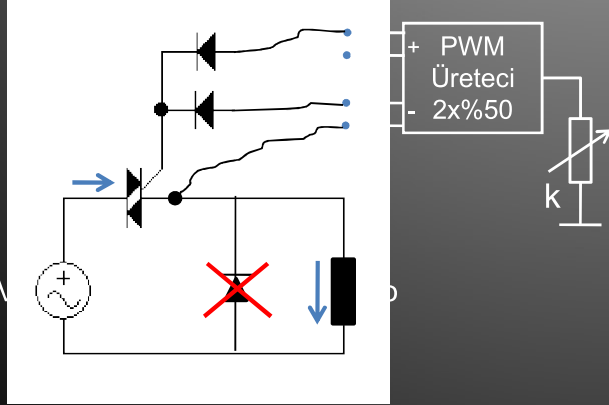
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Şekil-5.13'de devrenin uyarma, Şekil-5.14'de ise güç devresi dalga şekilleri eş zamanlı olarak verilmiştir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.12’de görülen açma kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devresinin triyak ile yapılmış olan versiyonunun endüktif yük altında çalışması Şekil-5.15 ve 5.16’da ayrıntılı olarak görülmektedir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Her iki devreden de görüldüğü gibi, yük endüktif olmasına rağmen serbest geçiş diyodu kullanılamamıştır. Bunun nedeni çıkış geriliminin AC olmasıdır. Bağlanacak olan diyot hangi yönde olursa olsun kısa devreye yol açacaktır.
- Dalga şekillerinden görüldüğü gibi, serbest geçiş diyodu kullanılamadığı için tristörler veya triyak yük tarafından fazladan iletimde tutulmakta ve ancak yükün enerjisi bittiğinde (“ β ” açısında) tristör veya triyak yalıtıma geçebilmektedir.
- Bu durumda daha önceki devrelerde olduğu gibi temel dalga şekillerinden yararlanarak genel eşitlikler çıkartılamayacaktır.
- Bunun nedeni, yükün endüktiflik derecesine göre dalga şeklinin uzaması veya kısalmasıdır.
- Düşük endüktifliğe sahip olan yüklerde bu devreler aynen kullanılıp oluşan dalga şekillerine göre hesaplama yapılabilir. Yüksek endüktif yüklerde ise kontrollü bir serbest geçiş kullanılmalıdır.

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Açma kapama kontrolü yöntemi incelemelerden de görüldüğü gibi, kesikli yapısı gereği, AC voltaj kontrolcülerin temel kullanım alanlarından olan motor kontrolunda ve ışık kontrolunda kullanılamaz.
- Kullanıldığı taktirde motorlarda kesik kesik enerjilenmeden dolayı performans kaybı oluşur. Aynı şekilde ışığın düşük frekansta yanıp sönmesi kontrol değildir.
- Bu yöntem sadece ısı kontrolunda çok verimli olarak kullanılmaktadır.

■ Örnek:

- 220V-50Hz şebekede 10Hz ferkanslı %50 etkin periyotlu uyarmada çalıştırılan açma kapama kontrollu 1 fazlı AC kıyıcı devresinin,
- 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,
 $V_{O(rms)} = V_{S(rms)} \cdot \sqrt{k}$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

$$k = t_1/(t_1+t_2) = \%50 = 0,5$$

$$V_{O(rms)} = 220V \cdot \sqrt{0,5}$$

$$V_{O(rms)} = 155,56V$$

- Çıkış akımı etkin değeri,

$$I_{O(rms)} = V_{O(rms)} / R = 155,56 / 10$$

$$I_{O(rms)} = 15,5A$$

- Etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$$

$$P_{O(rms)} = 155,5 \cdot 15,5 = 2,41kW$$

- Kaynak akımının etkin değeri,

$$I_m = V_m/R = 220 \cdot \sqrt{2} / 10 = 31,1A$$

$$I_{S(rms)} = (I_m/\sqrt{2}) \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{S(rms)} = (31,1/1,41) \cdot \sqrt{0,5}$$

$$I_{S(rms)} = 15,5A$$

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 15,5 \cdot 220 = 3,41kW$$

- Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) gerilimi,

$$V_D \geq V_m + \%30$$

$$V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400V$$

- Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) akımı,

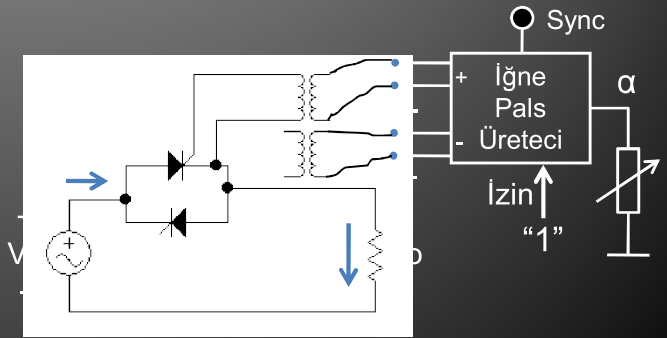
$$I_D \geq V_m/R + \%30$$

$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$$

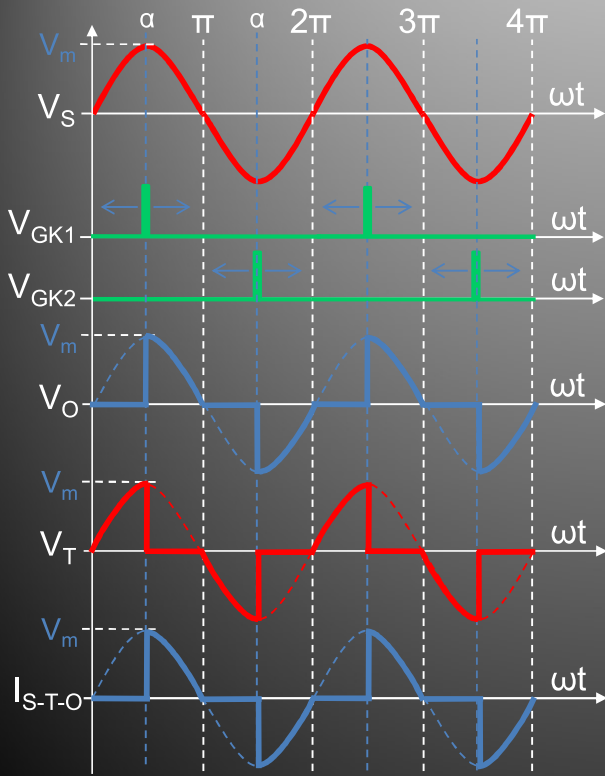
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- AC voltaj kontrolcularda kullanılan ikinci kontrol yönteminin “faz açısı kontrolü” yöntemi olduğunu belirtmiştik.
- Bu yöntemde devrede kullanılan tristörler veya triyak hiç ara vermeden tüm alternanslarda sürekli olarak uyarılmaktadır.
- Çıkış geriliminin değiştirilmesi işlemi ise tristör veya triyakların uyarma açılarının 0-180° arasında değiştirilmesiyle olmaktadır. Işık (dimmer) ve motor kontrolunda kullanılan bu yöntem yanda incelenmiştir.

- 1 Fazlı Faz Açısı Kontrollu AC Voltaj Kontrolcu (rezistif yükte);
- Şekil-5.17’de 1 fazlı faz açısı kontrollu AC voltaj kontrolcu devre bağlantısı görülmektedir. Devreyenin çalışmasını gösteren temel dalga şekilleri ise Şekil-5.18’de ayrıntılı olarak verilmiştir.



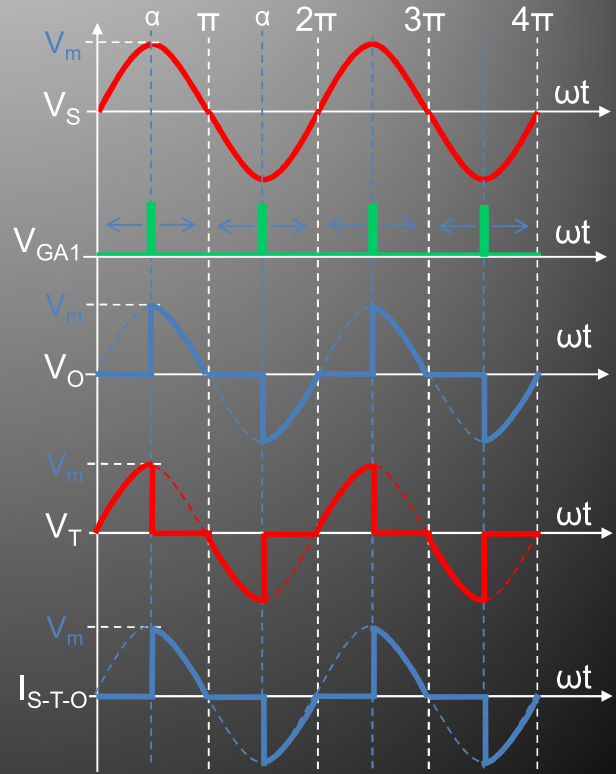
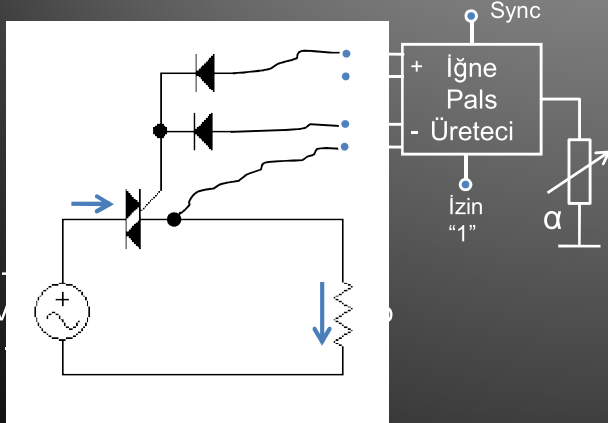
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Şekil-5.18'den görüldüğü gibi her iki tristöre de sürekli olarak kendi alternanslarında pals verilmekte ve uyarılmaktadır.
- Her iki tristörün de uyarma açıları kendi alternansları içinde 0° ile 180° arasında ayarlanabilmektedir.
- Bu sayede de şekilden görüldüğü gibi devre çıkışındaki AC gerilimin etkin değeri sıfır ile kaynak gerilimi arasında değiştirilebilmektedir.
- Şekilden görüldüğü gibi devrede kaynak, anahtar ve yük akımları tamamen aynıdır.

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.17’de görülen faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcu devresini, düşük ve orta güçler için, Şekil-5.19 ve Şekil-5.20’de görüldüğü gibi sadece bir “triyak” kullanarak da yapmak mümkün olmaktadır.

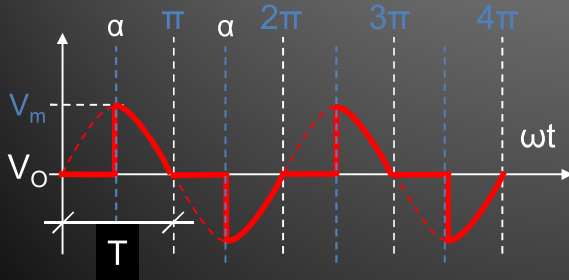


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.17 ve 5.19'dan görüldüğü gibi 1 fazlı faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcu devresi hem birbirine ters paralel bağlanmış tristörlerle hem de triyak kullanarak yapılabilir.
 - Tristörler kullanıldığında iğne pals üretici her bir tristöre ait alternansın istenilen derecesinde (α) uyarılmasını sağlamaktadır.
 - Triyak kullanıldığında ise yine aynı tristör uyarma devresi kullanılmakta ve triyak her iki alternansta da uyarılmaktadır.
- Şekil-5.18 ve 5.20'de görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 2) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 3) Etkin (rms) çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç
 - 6) Güç katsayısı,
 - 7) Anahtar gerilimleri,
 - 8) Anahtar akımları,

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış gerilimin etkin değeri;
- 1 fazlı faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, yük üzerinde aşağıdaki Şekil-5.21'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış gerilimi eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v_o(t)]^2 dt}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{V_m^2}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{V_m^2}{\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_{\alpha}^{\pi}}$$

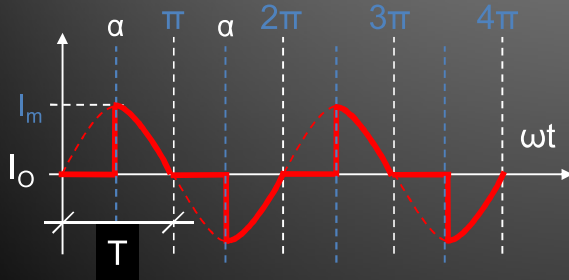
$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{V_m^2}{\pi} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sin 2\pi}{4} \right) - \left(\frac{\alpha}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) \right]}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{1} - \frac{\alpha}{1} + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)}$$

$$V_{O(rms)} = V_{S(rms)} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Çıkış akımının etkin değeri;
- 1 fazlı faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, yük üzerinden aşağıdaki Şekil-5.22'de verilen akımın geçeceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış akımı eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i_o(t)]^2 dt}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_m^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_{\alpha}^{\pi}}$$

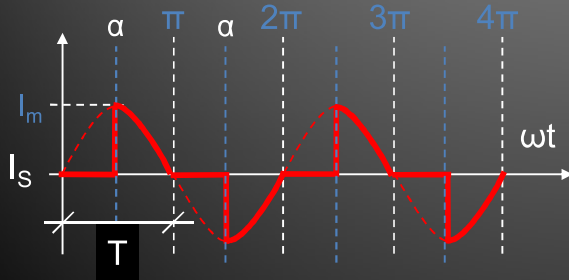
$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sin 2\pi}{4} \right) - \left(\frac{\alpha}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) \right]}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{1} - \frac{\alpha}{1} + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)}$$

$$I_{O(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} = \frac{V_{O(rms)}}{R}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Etkin çıkış gücü;
- Bilindiği gibi etkin çıkış gücü,
 $P_{O(rms)} = I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- Kaynak akımı etkin değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın
Şekil-5.23'deki gibi olduğunu
belirtmiştik. Buna göre,



$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i_s(t)]^2 dt}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_m^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_{\alpha}^{\pi}}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sin 2\pi}{4} \right) - \left(\frac{\alpha}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) \right]}$$

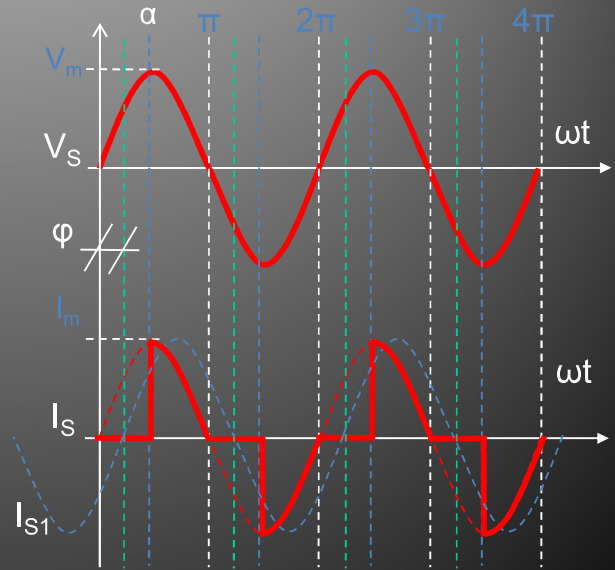
$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{1} - \frac{\alpha}{1} + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)}$$

$$I_{S(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

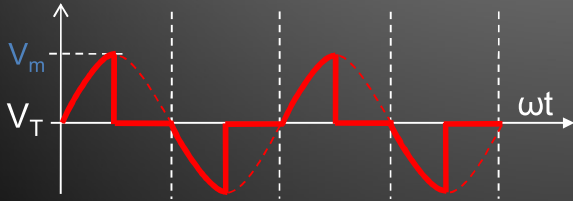
- Kaynaktan çekilen güç;
- Bilindiği gibi etkin giriş gücü,
 $P_{S(rms)} = I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Güç katsayısı kaynaktan verilen gerilim ile kaynaktan çekilen akım arasındaki açının “cos” değeridir. Şekil-5.24’de kaynak gerilimi ve akımı görülmektedir. Buradan, devre çıkışındaki yükün rezistif olmasına rağmen “ ϕ ” kadarlık bir faz kaymasının olduğu görülmektedir

- Bu durumda güç katsayısı,
 $\cos\phi = \cos(\alpha/2)$
olacaktır.

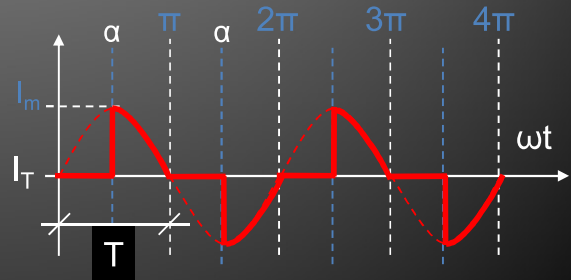


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (tristör) gerilimi;
- Bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının gerilimi, bloke ettikleri gerilimin tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki gerilim Şekil-5.25'deki gibi olduğuna göre anahtar gerilimi,
- $V_T = V_m + (\%30.V_m) = 1,3.V_m$ olarak hesaplanabilmektedir.

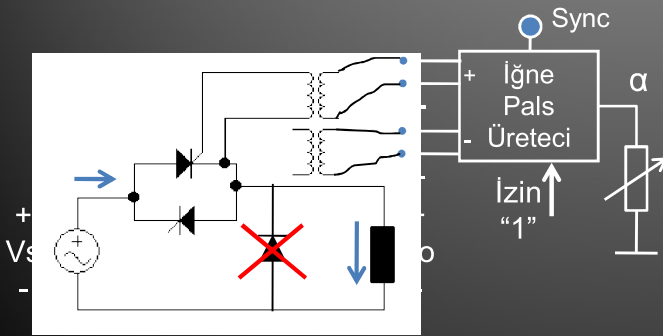


- Anahtar (tristör-triyak) akımı;
- Yine bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının üzerlerinden geçirilen akımın tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki akım Şekil-5.26'daki gibi olduğuna göre anahtar akımı,
- $I_T = I_m + (\%30.I_m) = 1,3.V_m / R$



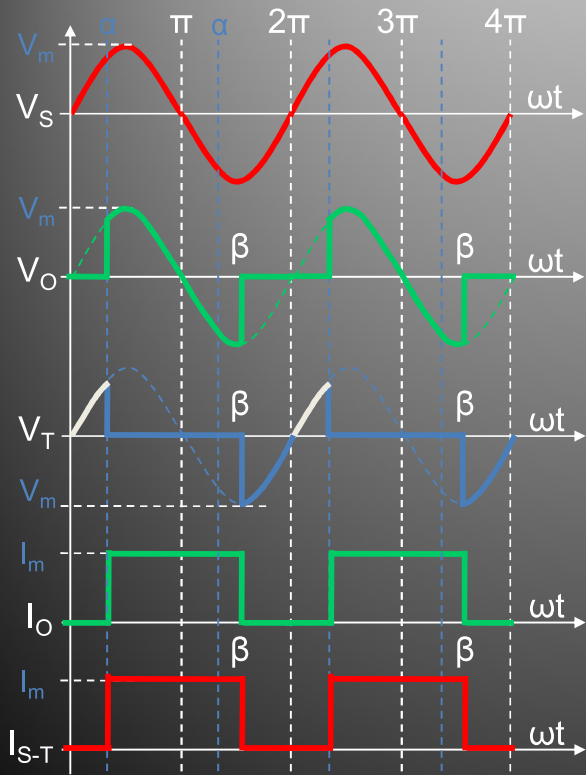
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1 Fazlı Faz Açısı Kontrollü AC Voltaj Kontr. (endüktif yükte);
- Şekil-5.27’de 1 fazlıfaz açısı kontrollü tristörlü AC voltaj kontrolcu devresinin endüktif yükte bağlantısı görülmektedir. Devrede yine yüke ters paralel olarak bağlanan serbest geçiş diyodu kullanılamamaktadır.



- Şekil-5.27’de görülen devrede endüktif yük kullanılması durumunda, özellikle yükün çok endüktif olması durumlarında, yük üzerindeki enerjinin boşalması nedeniyle tristörler hemen yalıtıma geçememekte ve dolayısıyla da paralelindeki tristörün de hemen ilettime geçmesine engel olmaktadır. Bu durumda dere sanki yarım dalga kontrollü doğrultucuymuş gibi çalışmaktadır.
- Devreye ait dalga şekilleri Şekil-5.28’de verilmiştir.

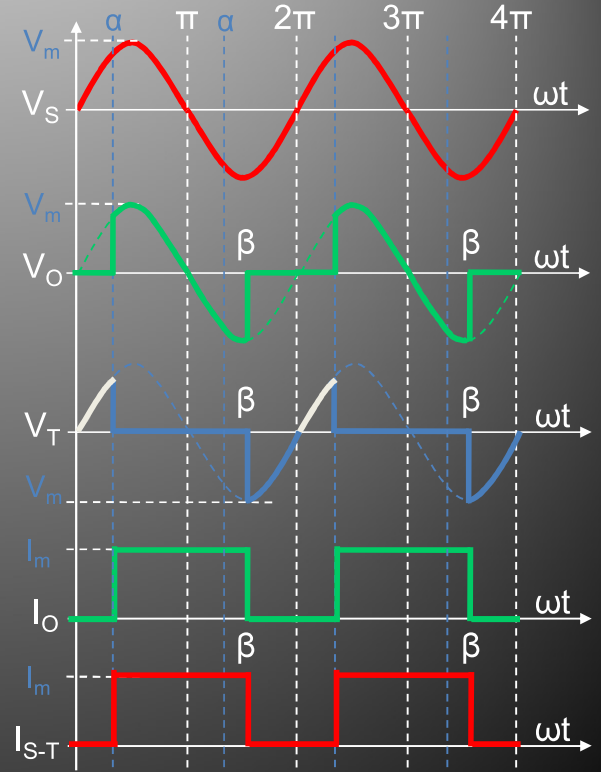
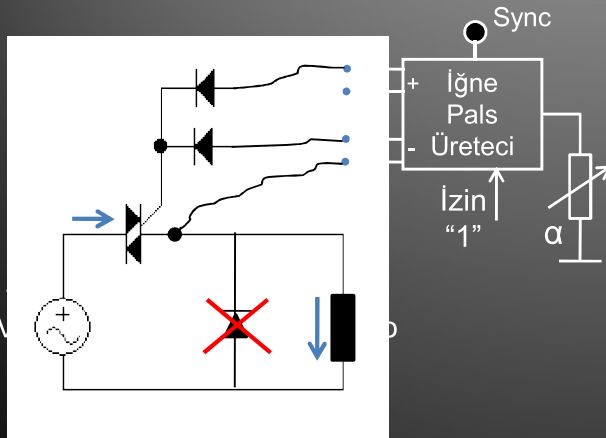
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



- Şekil-5.28'den görüldüğü gibi kaynağın pozitif alteransını kontrol eden T1 tristörü yaklaşık 60 derecede (α) uyarılmış ve ilettime geçmiştir.
- Alternans sonunda tristör yalıtıma geçmek istemesine rağmen yük üzerindeki akımın sıfıra düşmemesi nedeniyle " β " açısına kadar ilettime devam etmiştir.
- β açısı, yükün endüktifliğine göre değişmektedir. Bu durumda negatif alternansta çalışması gereken T2 tristörü uyarılamamaktadır.

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.27’de görülen açma kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devresinin triyak ile yapılmış olan versiyonunun endüktif yük altında çalışması Şekil-5.29 ve 5.30’da ayrıntılı olarak görülmektedir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Her iki devreden de görüldüğü gibi, yük endüktif olmasına rağmen serbest geçiş diyodu kullanılamamıştır. Bunun nedeni yine çıkış geriliminin AC olmasıdır. Bağlanacak olan diyot hangi yönde olursa olsun kısa devreye yol açacaktır.
- Dalga şekillerinden görüldüğü gibi, serbest geçiş diyodu kullanılamadığı için tristörler veya triyak yük tarafından fazladan iletimde tutulmakta ve ancak yükün enerjisi bittiğinde (“ β ” açısında) tristör veya triyak yalıtıma geçebilmektedir.
- Bu durumda daha önceki devrelerde olduğu gibi temel dalga şekillerinden yararlanarak genel eşitlikler çıkartılamayacaktır.
- Bunun nedeni, yükün endüktiflik derecesine göre dalga şeklinin uzaması veya kısılmasıdır.
- Düşük endüktifliğe sahip olan yüklerde bu devreler aynen kullanılıp oluşan dalga şekillerine göre hesaplama yapılabilir. Yüksek endüktif yüklerde ise kontrollü bir serbest geçiş kullanılmalıdır.

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Örnek:

- 220V-50Hz şebekede 90 derecelik uyarma açısında çalıştırılan faz açısı kontrollü 1 fazlı AC kıyıcı,
- 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,

$$V_{O(rms)} = V_{S(rms)} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

$$V_{O(rms)} = 220 \sqrt{1 - \frac{\pi/2}{\pi} + \frac{\sin 2.90}{2\pi}}$$

$$V_{O(rms)} = 220 \cdot \sqrt{0,5} = 154V$$

- Çıkış akımı etkin değeri,

$$I_{O(rms)} = V_{O(rms)} / R = 154 / 10$$

$$I_{O(rms)} = 15,4A$$

- Etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$$

$$P_{O(rms)} = 15,4 \cdot 154 = 2,37kW$$

- Kaynak akımının etkin değeri,

$$I_{S(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

$$I_{S(rms)} = 31,1/1,41 \cdot \sqrt{0,5} = 15,4A$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 15,4 \cdot 220 = 3,38 \text{ kW}$$

- Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) gerilimi,

$$V_D \geq V_m + \%30$$

$$V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400 \text{ V}$$

- Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) akımı,

$$I_D \geq V_m / R + \%30$$

$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40 \text{ A}$$

- b) Endüktif yükte çıkış geriliminin etkin değeri,

- Daha önce de açıklandığı gibi, endüktif yükte normal olarak serbest geçiş diyodu kullanma imkanı olmadığından, yükün üzerindeki enerjinin etkisiyle güç anahtarı fazladan iletimde kalacak ve ters yöndeki iletimini gerçekleştirme imkanı olmayacaktır. Bu durumda dalga şekli bozulacağından yükün büyüklüğüne göre oluşacak “ β ” değerine göre hesap yapmak gerekecektir.

ÖDEV-11

11.1) 220V-50Hz şebekede, 10Hz-%50 etkin peryotla uyarmada, 5Ω 'luk saf rezistif bir yükü besleyen 1 fazlı açma-kapama kontrollü AC kıyıcının,

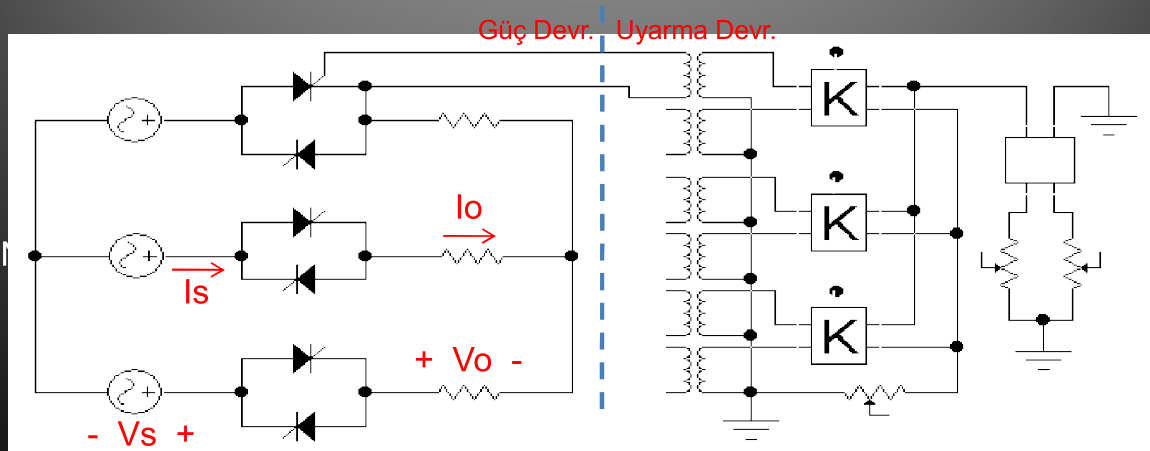
- a) Devre şemasını tam olarak çiziniz, akım ve gerilim yönlerini devre üzerinde gösteriniz.
- b) Devrenin temel dalga şekillerini değerleriyle birlikte çiziniz.
- c) Çizilen dalga şekillerine göre temel parametreleri hesaplayınız.

11.2) 220V-50Hz şebekede, 45° uyarma açısında, 15Ω 'luk saf rezistif yükü besleyen 1 fazlı faz açısı kontrollü AC kıyıcının,

- 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.

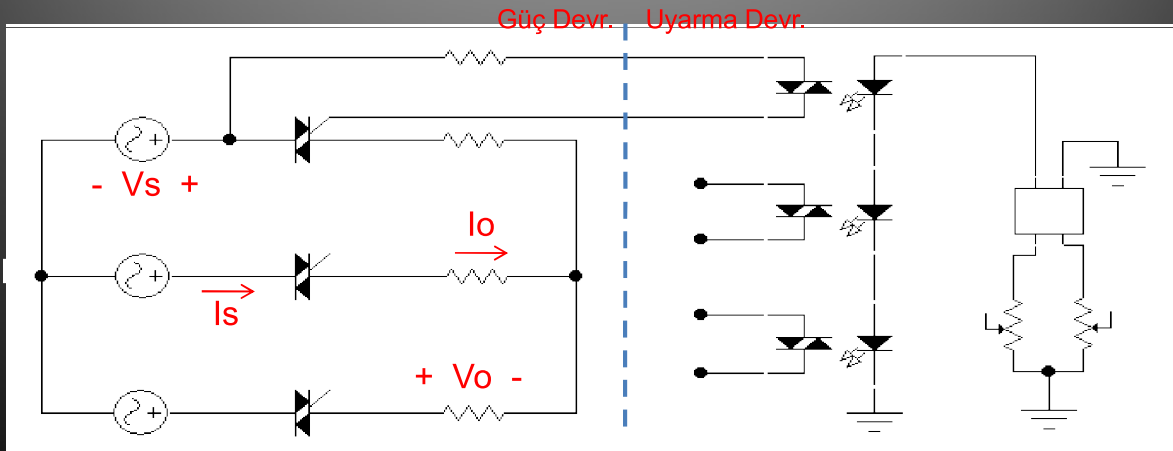
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3 FAZLI AC KIYICILAR:
- 1 fazlı AC kıyıcılar, daha önce de belirtildiği gibi, düşük güçlü ısıtıcı kontrolü, aydınlatma kontrolü ve motor kontrolünde kullanılmaktadır. Orta ve yüksek güçteki benzer uygulamalarda ise aşağıda görülen 3 fazlı AC kıyıcılar kullanılmaktadır.
- 3 Fazlı Açma-Kapama Kontrollü AC Voltaj Kontrolcü (yıldız bağlı rezistif yükte);
- Şekil-5.31’de 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcü devre bağlantısı görülmektedir. Uyarma devresindeki “K” işaretli bloklar “iğne pals üretici”dir.

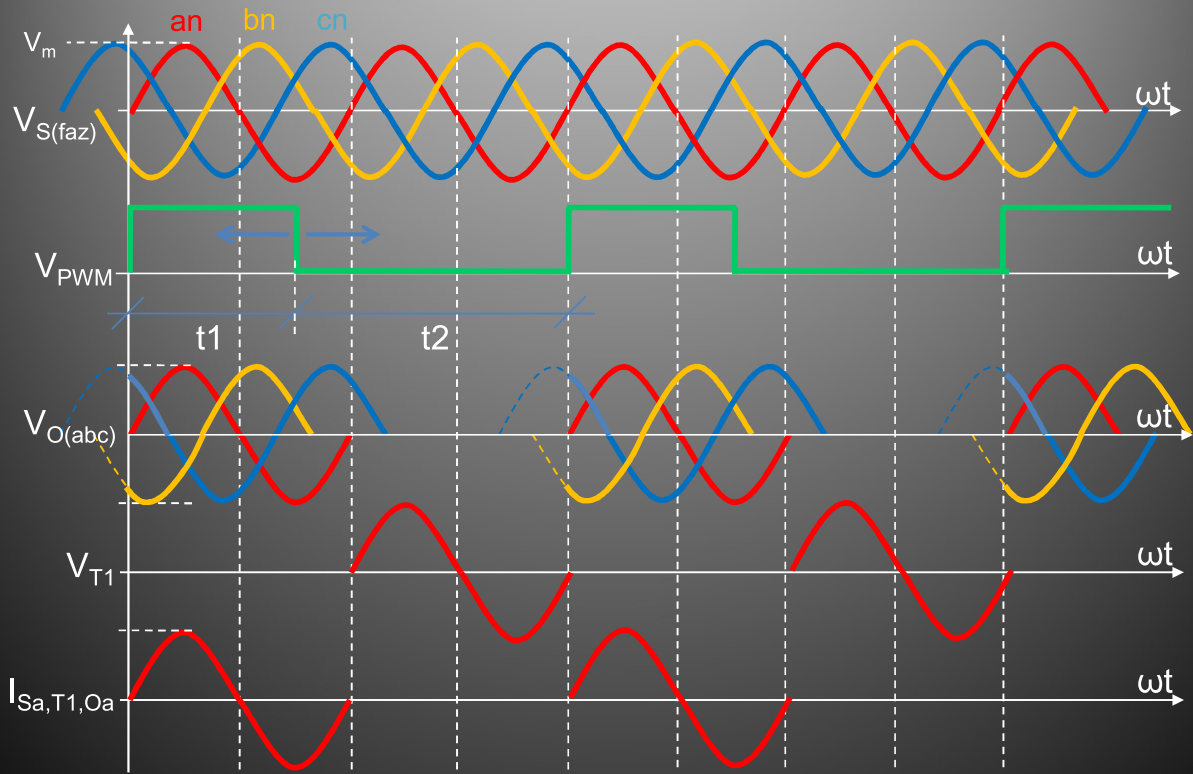


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Bir fazlı uygulamalardan bilindiği gibi düşük ve orta güçlerde ters paralel bağlı tristörler yerine triyak kullanımı daha uygun olmaktadır. Aynı durum 3 faz uygulamaları için de geçerlidir.
- Şekil-5.32’de 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devre bağlantısının triyaklar kullanılarak yapılması görülmektedir. Şekil-5.33’de ise devrenin çalışmasını gösteren dalga şekilleri verilmiştir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

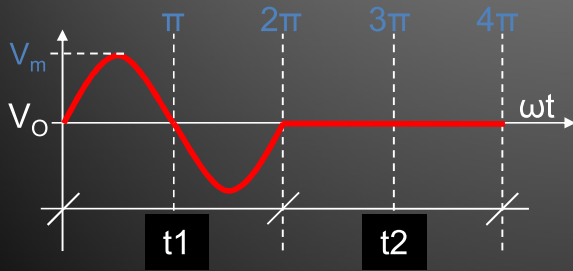


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.31 ve 5.32'den görüldüğü gibi yıldız yükte açma kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devresi de hem birbirine ters paralel bağlanmış tristörlerle hem de triyak kullanarak yapılabilmektedir.
 - Tristörler kullanıldığında iğne pals üretici alternansın hemen başında pals üretecek şekilde ayarlanıp, izin girişi bir PWM sinyali ile kontrol edilmektedir.
 - Triyak kullanıldığında ise PWM sinyali doğrudan triyak girişine uygulanabilmekte ve açma-kapama kontrolü olmaktadır.
- Şekil-5.33 görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 2) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 3) Etkin (rms) çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç
 - 6) Güç katsayısı,
 - 7) Anahtar gerilimleri,
 - 8) Anahtar akımları,

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Yük gerilimin etkin değeri;
- 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, her yük üzerinde aşağıdaki Şekil-5.34'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış gerilimi eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T} \int_0^T [v_o(t)]^2 dt}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_m^2 \cdot \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot (\sqrt{2} \cdot V_{S(rms)})^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot 2 \cdot V_{S(rms)}^2}{2\pi} \cdot \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

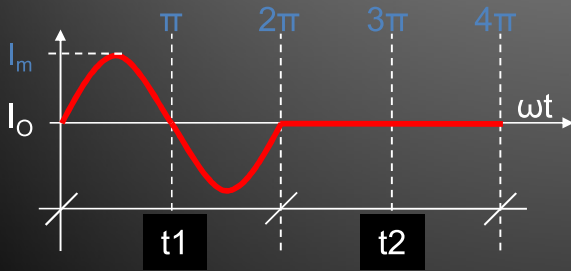
$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot V_{S(rms)}^2}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot V_{S(rms)}^2}{\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{k \cdot V_{S(rms)}^2}$$

$$V_{O(rms)} = V_{S(rms)} \cdot \sqrt{k} = V_{S(rms)} \cdot \sqrt{\frac{t_1}{t_1 + t_2}}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Yük akımının etkin değeri;
- 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, her yük üzerinden aşağıdaki Şekil-5.35'de dalga şekli verilen akımın geçeceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış akımı eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m^2 \cdot \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

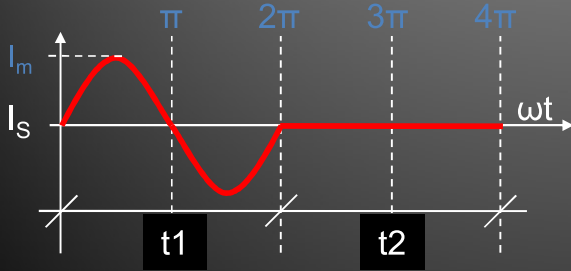
$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2}}$$

$$I_{O(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{k} = \frac{V_m / R}{\sqrt{2}} \sqrt{k}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Etkin çıkış gücü;
- Toplam etkin çıkış gücü,
 $P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- Kaynak akımı etkin değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın
Şekil-5.36'daki gibi olduğunu
belirtmiştik. Buna göre,



$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k}{T} \int_0^T [i_s(t)]^2 dt}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot (I_m)^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

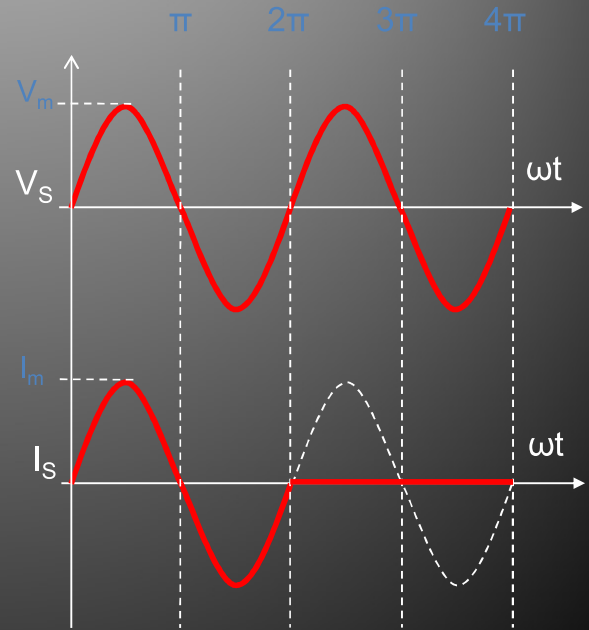
$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2}}$$

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

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

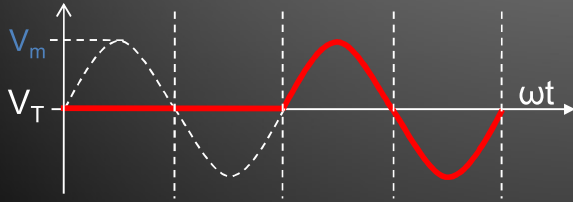
- Kaynaktan çekilen güç;
- Toplam etkin giriş gücü,
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Güç katsayısı kaynaktan verilen gerilim ile kaynaktan çekilen akım arasındaki açının “cos” değeridir. Şekil-5.37’de kaynak gerilimi ve akımı görülmektedir. Buradan, kıyıcı iletimde (on) iken faz kayması olmadığı açık olarak görülmektedir.

- Kıyıcı yalıtıma (off) geçtiğinde ise akımın olmadığı görülmektedir.

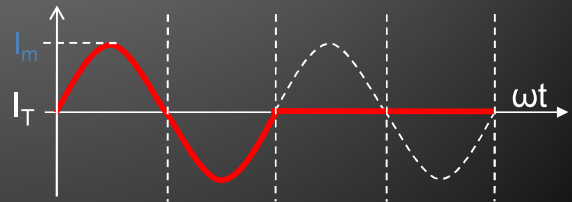


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (tristör) gerilimi;
- Bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının gerilimi, bloke ettikleri gerilimin tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki gerilim Şekil-5.38'deki gibi olduğuna göre anahtar gerilimi,
- $V_T = V_m + (30\% \cdot V_m) = 1,3 \cdot V_m$ olarak hesaplanabilmektedir.

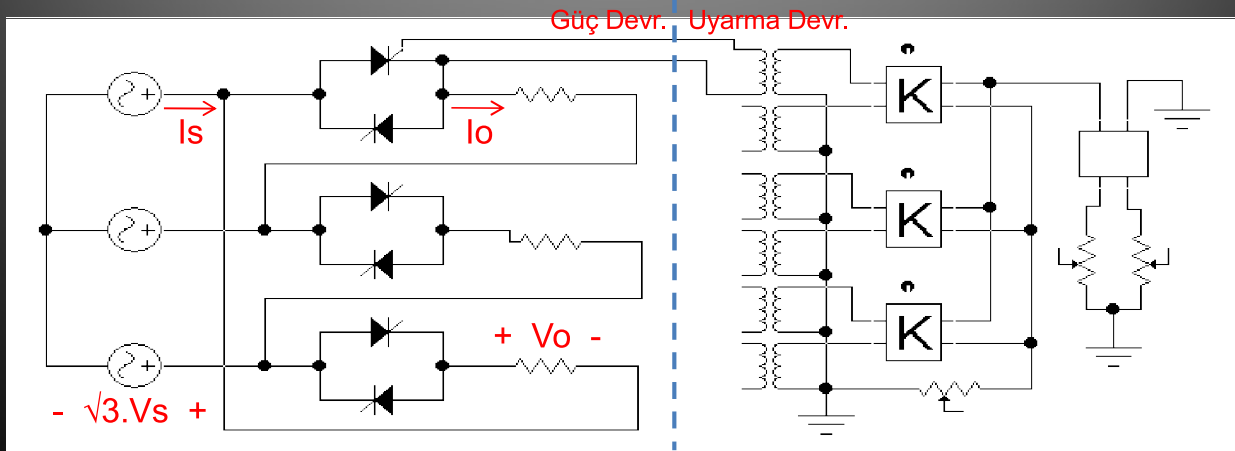


- Anahtar (tristör-triyak) akımı;
- Yine bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının üzerlerinden geçirilen akımın tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki akım Şekil-5.39'daki gibi olduğuna göre anahtar akımı,
- $I_T = I_m + (30\% \cdot I_m) = 1,3 \cdot I_m$ olarak hesaplanabilmektedir.



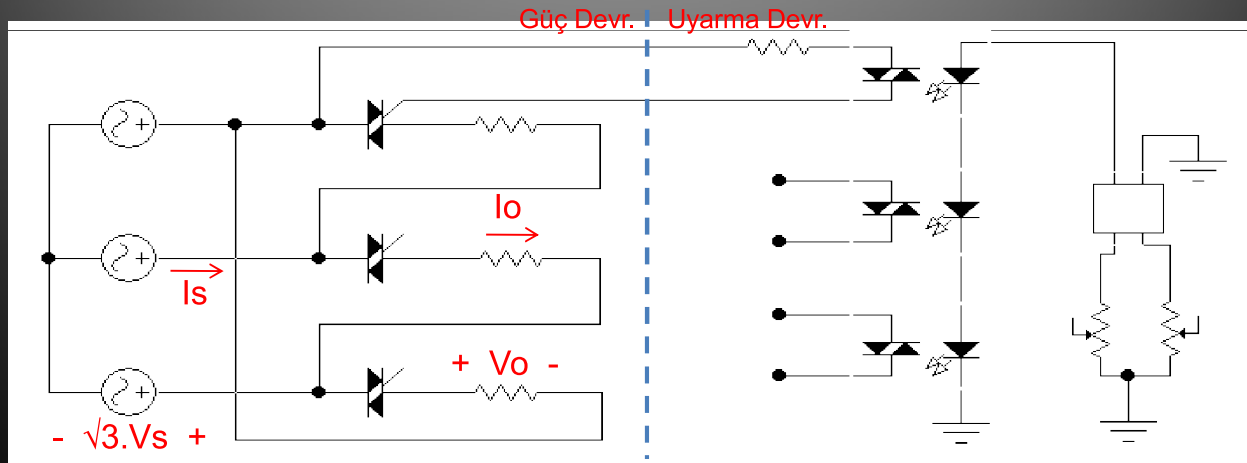
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Bilindiği gibi 3 fazlı sistemde yükler yıldız bağlanabildiği gibi, daha yüksek güç elde edebilmek amacıyla üçgen olarak da bağlanmaktadır. Bu durumda AC kıyıcı devre bağlantısı da değişecektir. Üçgen bağlantı durumu aşağıda gösterilmiştir.
- 3 Fazlı Açma-Kapama Kontrollü AC Voltaj Kontrolcu (üçgen bağlı rezistif yükte);
- Şekil-5.40'da 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devre bağlantısı görülmektedir. Uyarma devresindeki "K" işaretli bloklar "iğne pals üretici"dir.

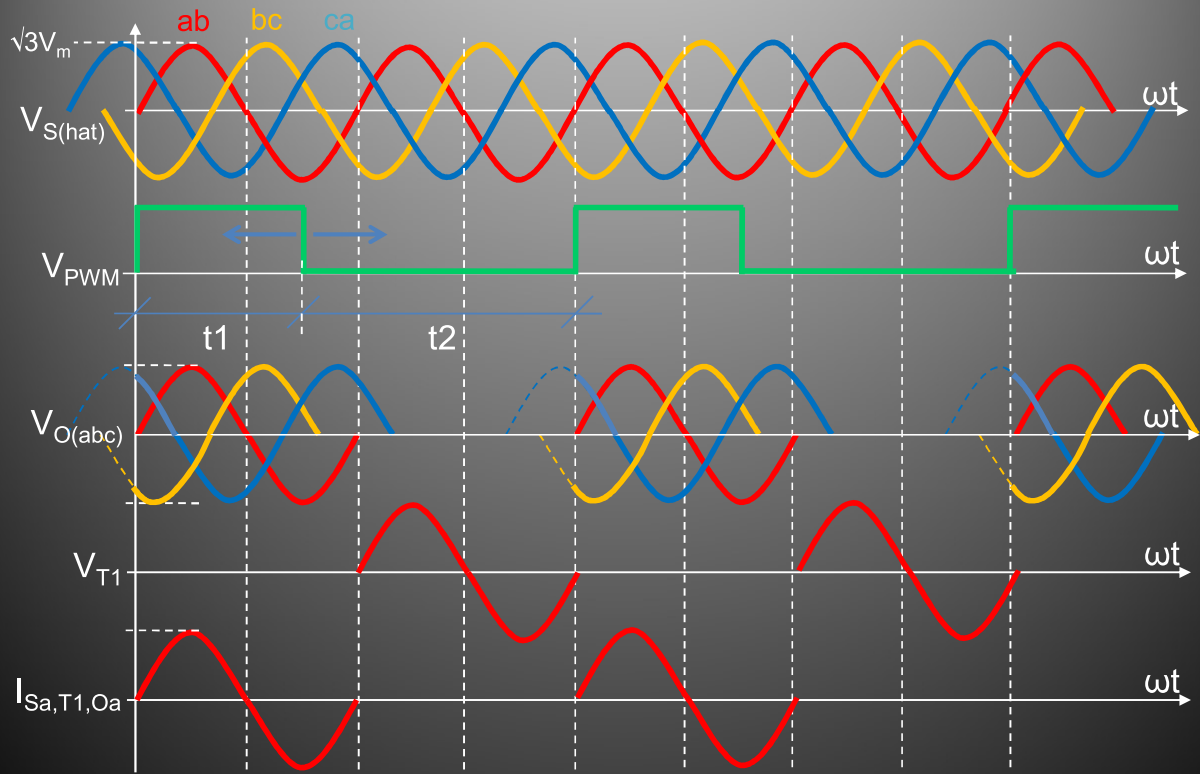


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Bir fazlı uygulamalardan bilindiği gibi düşük ve orta güçlerde ters paralel bağlı tristörler yerine triyak kullanımı daha uygun olmaktadır. Aynı durum 3 faz uygulamaları için de geçerlidir.
- Şekil-5.41'de 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devre bağlantısının triyaklar kullanılarak yapılması görülmektedir. Şekil-5.42'de ise devrenin çalışmasını gösteren dalga şekilleri verilmiştir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

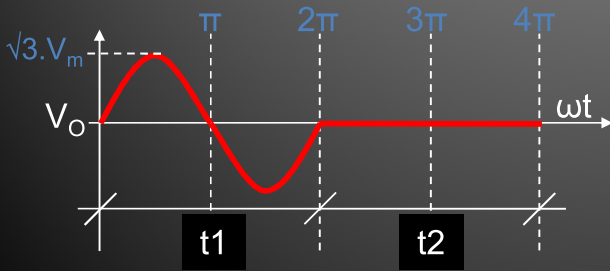


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.40 ve 5.41'den görüldüğü gibi üçgen yükte açma kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devresi de hem birbirine ters paralel bağlanmış tristörlerle hem de triyak kullanarak yapılabilmektedir.
 - Tristörler kullanıldığında iğne pals üretici alternansın hemen başında pals üretecek şekilde ayarlanıp, izin girişi bir PWM sinyali ile kontrol edilmektedir.
 - Triyak kullanıldığında ise PWM sinyali doğrudan triyak girişine uygulanabilmekte ve açma-kapama kontrolü olmaktadır.
- Şekil-5.42 görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 2) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 3) Etkin (rms) çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç
 - 6) Güç katsayısı,
 - 7) Anahtar gerilimleri,
 - 8) Anahtar akımları,

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Yük gerilimin etkin değeri;
- 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, her yük üzerinde aşağıdaki Şekil-5.43'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış gerilimi eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} (\sqrt{3}.V_m)^2 . \sin^2(\omega t) . d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k.(\sqrt{3}\sqrt{2}.V_{S(rms)})^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) . d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k.3.2.V_{S(rms)}^2}{2\pi} . \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

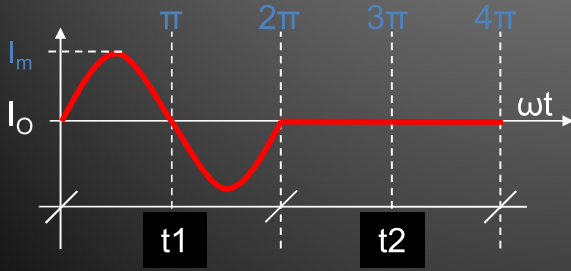
$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k.3.V_{S(rms)}^2}{\pi} . \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k.3.V_{S(rms)}^2}{\pi} . \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{k.3.V_{S(rms)}^2}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{3}.V_{S(rms)} . \sqrt{k} = \sqrt{3}.V_{S(rms)} . \sqrt{\frac{t_1}{t_1 + t_2}}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Yük akımının etkin değeri;
- 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, her yük üzerinden aşağıdaki Şekil-5.44'de dalga şekli verilen akımın geçeceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış akımı eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m^2 \cdot \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

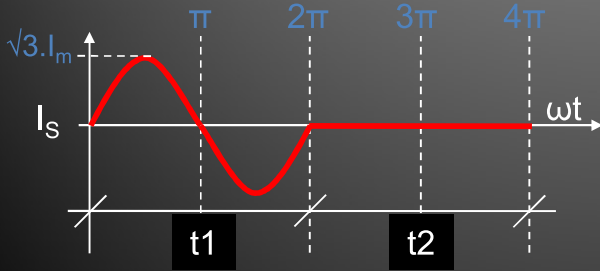
$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{\frac{k \cdot I_m^2}{2}}$$

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

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Etkin çıkış gücü;
- Toplam etkin çıkış gücü,
 $P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$
 eşitliğinden bulunabilmektedir.
- Kaynak akımı etkin değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın
 Şekil-5.45'deki gibi olduğunu
 belirtmiştik. Buna göre,



$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k}{2\pi} \int_0^{2\pi} (\sqrt{3} \cdot I_m)^2 \cdot \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot (\sqrt{3} \cdot I_m)^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot 3 \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_0^{2\pi}}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot 3 \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left[\left(\frac{2\pi}{2} - 0 \right) - (0) \right]}$$

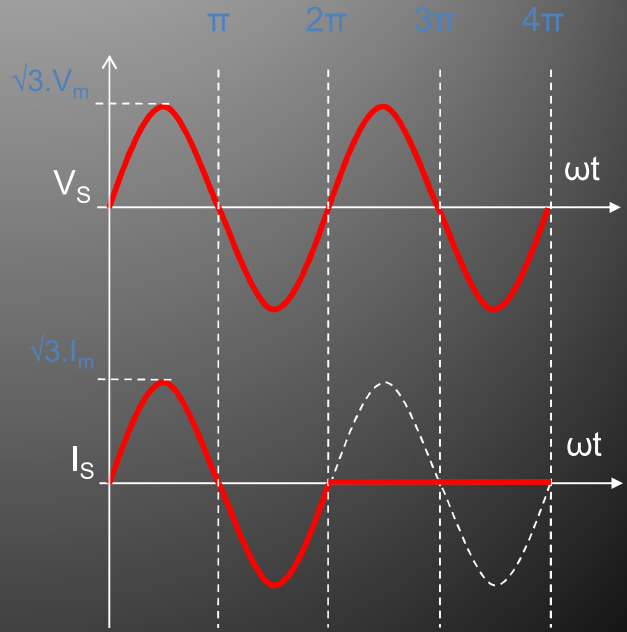
$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{k \cdot 3 \cdot I_m^2}{2\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{1} \right)} = \sqrt{\frac{3}{2} k \cdot I_m^2}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{3}{2} k} \cdot I_m = \sqrt{3} \cdot I_{O(rms)}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

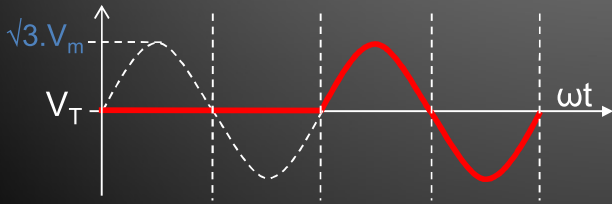
- Kaynaktan çekilen güç;
- Toplam etkin giriş gücü,
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Güç katsayısı kaynaktan verilen gerilim ile kaynaktan çekilen akım arasındaki açının “cos” değeridir. Şekil-5.46’da kaynak gerilimi ve akımı görülmektedir. Buradan, kıyıcı iletimde (on) iken faz kayması olmadığı açık olarak görülmektedir.

- Kıyıcı yalıtıma (off) geçtiğinde ise akımın olmadığı görülmektedir.

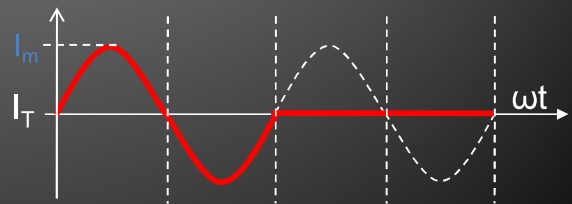


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Anahtar (tristör) gerilimi;
- Bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının gerilimi, bloke ettikleri gerilimin tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki gerilim Şekil-5.47'deki gibi olduğuna göre anahtar gerilimi,
- $V_T = \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$ olarak hesaplanabilmektedir.



- Anahtar (tristör-triyak) akımı;
- Yine bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının üzerlerinden geçirilen akımın tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki akım Şekil-5.48'deki gibi olduğuna göre anahtar akımı,
- $I_T = (\sqrt{3} \cdot V_m / R) + \%30$ olarak hesaplanabilmektedir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Örnek:

- 380V/220V-50Hz şebekede 10Hz ferkanslı %50 etkin periyotlu uyarmada çalıştırılan açma kapama kontrollü 3 fazlı yıldız bağlı AC kıyıcı devresinin,
- a) 10Ω'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini hesaplayınız.
- b) Aynı örneği 3 fazlı üçgen bağlı AC kıyıcı devresi için tekrar yapınız.

■ Çözüm:

- a) Yıldız bağlı rezistif yükte çıkış geriliminin etkin değeri,
 $V_{O(rms)} = V_{S(rms)} \cdot \sqrt{k}$
 $V_{O(rms)} = 220 \cdot \sqrt{0,5} = 154V$

Çıkış akımı etkin değeri,

$$I_{O(rms)} = V_{O(rms)} / R = 154 / 10$$

$$I_{O(rms)} = 15,4A$$

Etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$$

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot 154 \cdot 15,4 = 7,11kW$$

Kaynak akımının etkin değeri,

$$I_m = V_m / R = 220 \cdot \sqrt{2} / 10 = 31,1A$$

$$I_{S(rms)} = (I_m / \sqrt{2}) \cdot \sqrt{k}$$

$$I_{S(rms)} = (31,1 / \sqrt{2}) \cdot \sqrt{0,5}$$

$$I_{S(rms)} = 15,4A$$

Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot 15,4 \cdot 220 = 10,16kW$$

olarak bulunur.

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) gerilimi,
 $V_D \geq V_m + \%30$
 $V_D \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400V$
 - Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) akımı,
 $I_D \geq V_m/R + \%30$
 $I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$
 - NOT: Yıldız bağlantıda güç elemanları doğrudan faz gerilimi ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle de akım ve gerilim belirlenmesi yapılırken faz gerilimi dikkate alınmaktadır.
- b) Üçgen bağlı rezistif yükte çıkış geriliminin etkin değeri,
 $V_{O(rms)} = \sqrt{3} \cdot V_{S(rms)} \cdot \sqrt{k}$
 $V_{O(rms)} = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sqrt{0,5} = 266,4V$
Çıkış akımı etkin değeri,
 $I_{O(rms)} = V_{O(rms)} / R = 266 / 10$
 $I_{O(rms)} = 26,6A$
Etkin çıkış gücü,
 $P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$
 $P_{O(rms)} = 3 \cdot 266 \cdot 26,6 = 21,22kW$
Kaynak akımının etkin değeri,
 $I_m = V_m/R = 380 \cdot \sqrt{2} / 10 = 53,7A$
 $I_{S(rms)} = (I_m/\sqrt{2}) \cdot \sqrt{k}$
 $I_{S(rms)} = (53,7 / \sqrt{2}) \cdot \sqrt{0,5}$
 $I_{S(rms)} = 26,6A$
olarak bulunur.

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Rezistif yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot 26,6 \cdot 380 = 30,32 \text{ kW}$$

Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) gerilimi,

$$V_T \geq V_m + \%30$$

$$V_T \geq 537 \cdot 1,3 \geq 700 \text{ V}$$

Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) akımı,

$$I_T \geq V_m / R + \%30$$

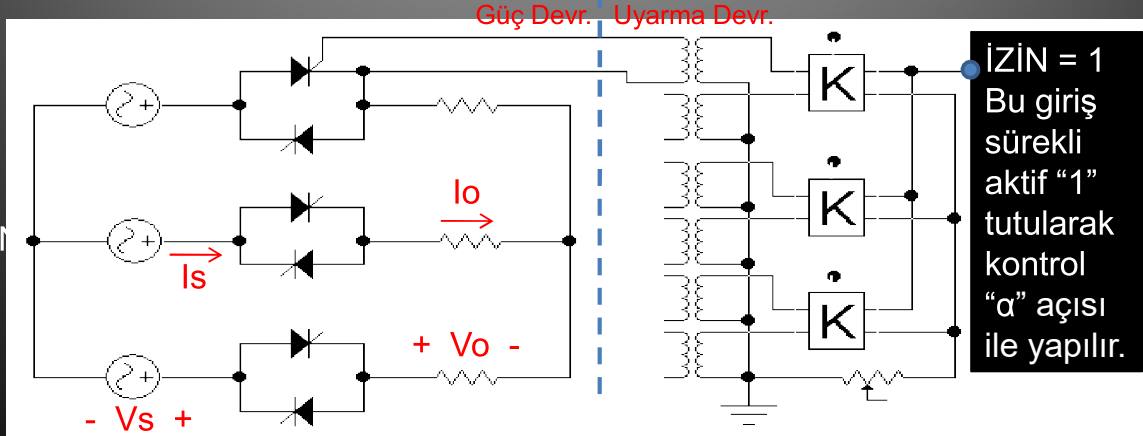
$$I_T \geq 53,7 \cdot 1,3 \geq 70 \text{ A}$$

olarak bulunur.

- NOT: Üçgen bağlantıda güç elemanları doğrudan hat gerilimi ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle de akım ve gerilim belirlenmesi yapılırken hat gerilimi dikkate alınmaktadır.

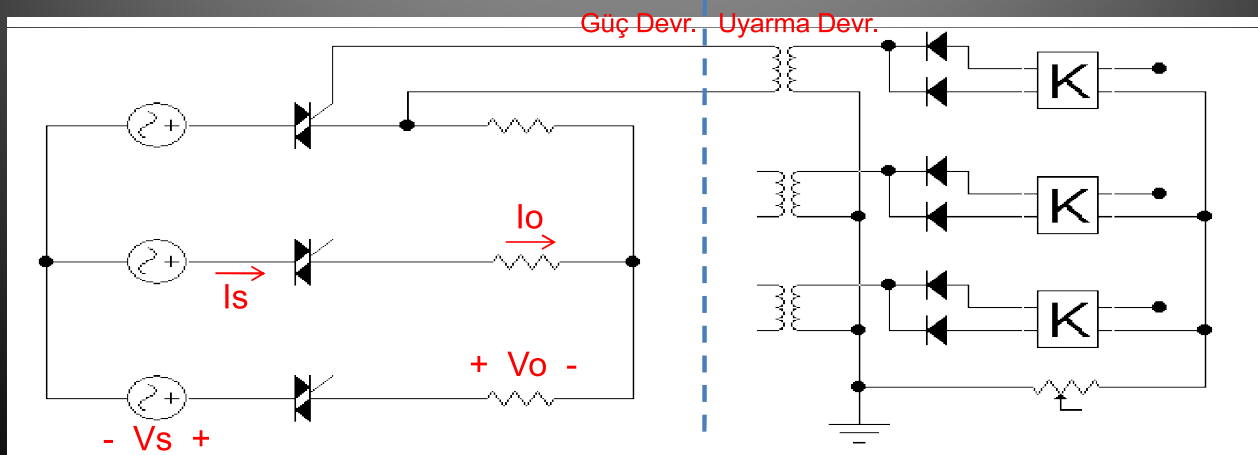
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Bilindiği gibi, açma kapama kontrolü yoğun olarak ısıtıcı kontrolunda kullanılmaktadır. 3 fazlı motor kontrolu ve yüksek güçlü ışık kontrol yapmak için ise aşağıda görüldüğü gibi faz açısı kontrollu AC kıyıcılar kullanmak gerekmektedir.
- 3 Fazlı Faz Açısı Kontrollu AC Voltaj Kontrolcu (yıldız bağlı rezistif yükte);
- Şekil-5.49'da 3 fazlı faz açısı kontrollu AC voltaj kontrolcu devre bağlantısı görülmektedir. Uyarı devresindeki "K" işaretli bloklar "iğne pals üretici"dir.



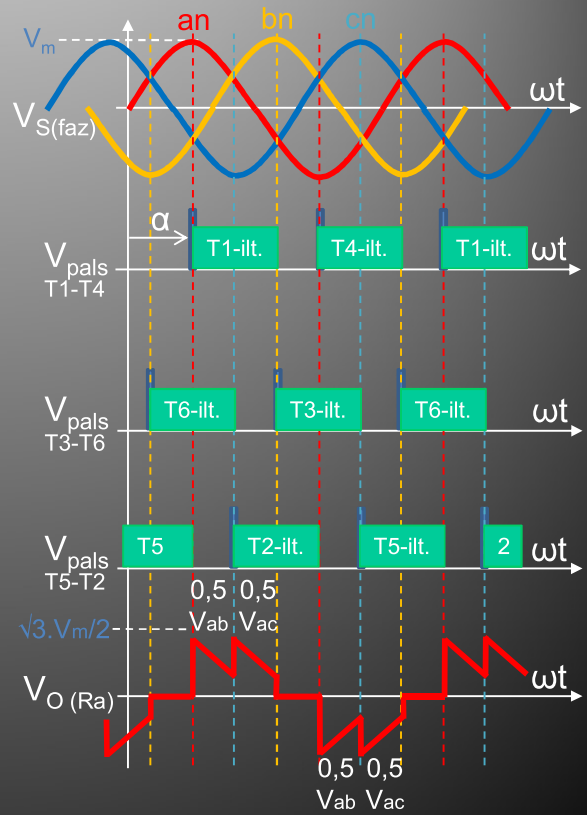
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1 fazlı uygulamalardan bilindiği gibi düşük ve orta güçlerde ters paralel bağlı tristorler yerine triyak kullanımı daha uygun olmaktadır. Aynı durum 3 faz uygulamaları için de geçerlidir.
- Şekil-5.50’de 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devre bağlantısının triyaklar kullanılarak yapılması görülmektedir. Şekil-5.51’de ise devrenin çalışmasını gösteren dalga şekilleri verilmiştir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.49 ve 5.50'den görüldüğü gibi yıldız yükte faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcu devresi de hem birbirine ters paralel bağlanmış tristörlerle hem de triyak kullanarak yapılabilmektedir.
- Hem tristörlü uygulamada hem de triyaklı uygulamada uyarma devresinde iğne pals üreticiler kullanılmıştır. İğne palsler her faz için ayrı ayrı üretilmekte ve anahtarlara uygulanmaktadır.
- Bu yöntemde kontrol ise tetikleme açısının ayarlanması ile olmaktadır, Şekil-5.51.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.51'den görüldüğü gibi, her tristör kendisine ait olan alternansın (T1"A+", T4"A-", T3"B+", T6"B-", T5"C+", T2"C-) 90. derecesinde (α) uyarılmış ve iletme geçmesi sağlanmıştır.
 - Örnek olarak izlenen R_a direnci üzerindeki çıkış faz gerilimine bakıldığında hat gerilimlerinin yarı genliğinde oluştuğu gözlenmektedir.
 - Bunun nedeni her 60 derecelik aralıkta sadece 2 elemanın iletimde kalması ve gerilimin 2 yük üzerinde paylaşılmasıdır.
- Şekil-5.51 görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 2) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 3) Etkin (rms) çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Devrenin güç katsayısı,
 - 8) Anahtar gerilimleri,
 - 9) Anahtar akımları,

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Yük gerilimin etkin değeri;
- 3 fazlı faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, her yük üzerinde aşağıdaki Şekil-5.52'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış gerilimi eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [V_m \cdot \sin(\alpha)]^2 d(\alpha)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\alpha) d(\alpha)}$$

$$0 \leq \alpha \leq 59^\circ$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{6} \cdot V_s \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{8\pi}}$$

$$60 \leq \alpha \leq 89^\circ$$

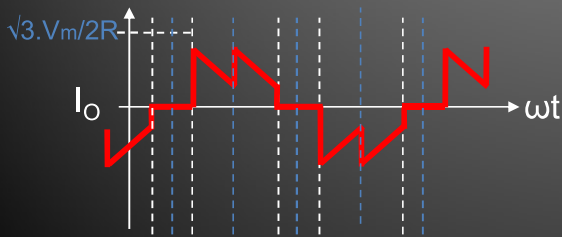
$$V_{O(rms)} = \sqrt{6} \cdot V_s \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{3 \sin 2\alpha}{16\pi} + \frac{\sqrt{3} \cos 2\alpha}{16\pi}}$$

$$90 \leq \alpha \leq 150^\circ$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{6} \cdot V_s \sqrt{\frac{5}{24} + \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{16\pi} + \frac{\sqrt{3} \cos 2\alpha}{16\pi}}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 2) Yük akımının etkin değeri;
- 3 fazlı faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcunun rezistif yükte çalıştırılmasında, her yük üzerinden aşağıdaki Şekil-5.53'de verilen dalga şeklinde akım görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış akımı eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [(V_m / R) \cdot \sin(\omega t)]^2 \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{(V_m / R)^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$0 \leq \alpha \leq 59^\circ$$

$$I_{O(rms)} = (\sqrt{6} \cdot V_s / R) \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{8\pi}}$$

$$60 \leq \alpha \leq 89^\circ$$

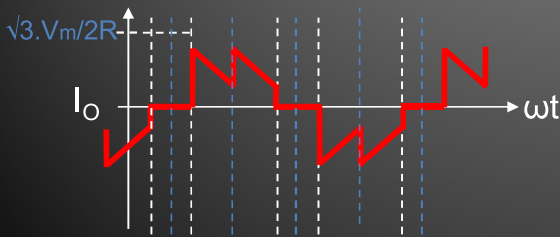
$$I_{O(rms)} = (\sqrt{6} \cdot V_s / R) \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{3\sin 2\alpha}{16\pi} + \frac{\sqrt{3}\cos 2\alpha}{16\pi}}$$

veya

$$I_{O(rms)} = \frac{V_{O(rms)}}{R}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Etkin çıkış gücü;
- Toplam etkin çıkış gücü,
 $P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$
 eşitliğinden bulunabilmektedir.
- 4) Kaynak akımı etkin değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın
 Şekil-5.54'deki gibi olduğunu
 belirtmiştik. Buna göre,



$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [(\sqrt{3}.V_m / R) \cdot \sin(\omega t)]^2 \cdot d(\omega t)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{(\sqrt{3}.V_m / R)^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t) \cdot d(\omega t)}$$

$$0 \leq \alpha \leq 59^\circ$$

$$I_{S(rms)} = (\sqrt{6}.V_s / R) \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{8\pi}}$$

$$60 \leq \alpha \leq 89^\circ$$

$$I_{S(rms)} = (\sqrt{6}.V_s / R) \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{3\sin 2\alpha}{16\pi} + \frac{\sqrt{3}\cos 2\alpha}{16\pi}}$$

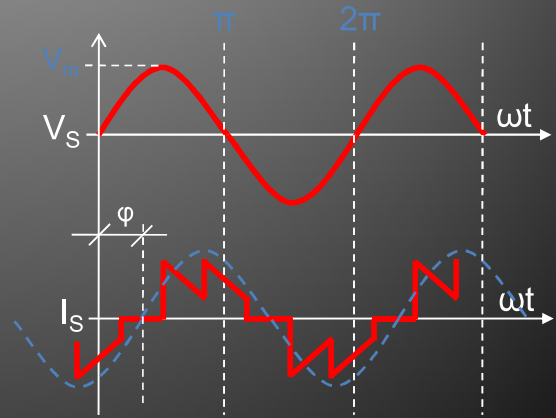
veya

$$I_{S(rms)} = I_{O(rms)} = \frac{V_{O(rms)}}{R}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

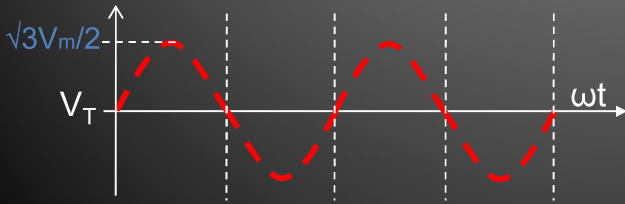
- 5) Kaynaktan çekilen güç;
- Toplam etkin giriş gücü,
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- 6) Devren verimi;
- Bilindiği gibi verim,
 $\eta = P_{O(rms)} / P_{S(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- 7) Güç katsayısı ($\cos\phi$);
- Güç katsayısı kaynaktan verilen gerilim ile kaynaktan çekilen akım arasındaki açının-

- “cos” değeridir. Şekil-5.55’de kaynak gerilimi ve akımı görülmektedir. Buradan, güç katsayısının tetikleme açısına göre değiştiği görülmektedir.
- $\cos\phi = \cos(2\alpha/3)$ ’dır.

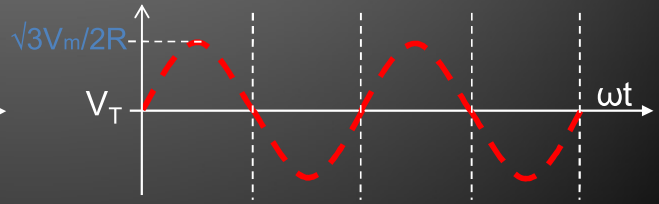


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 8) Anahtar (tristör) gerilimi;
- Bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının gerilimi, bloke ettikleri gerilimin tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki gerilim Şekil-5.56'daki gibi olduğuna göre anahtar gerilimi,
- $V_T = \sqrt{3} \cdot V_m / 2 + \%30$ olarak hesaplanabilmektedir.

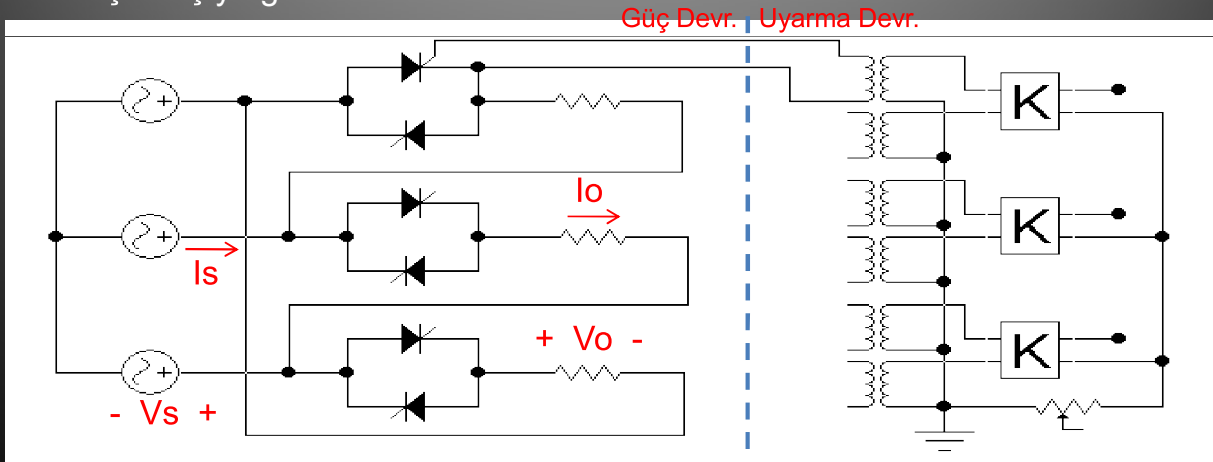


- 9) Anahtar (tristör-triyak) akımı;
- Yine bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının üzerlerinden geçirilen akımın tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki akım Şekil-5.57'deki gibi olduğuna göre anahtar akımı,
- $I_T = \sqrt{3} \cdot V_m / 2R + \%30$ olarak hesaplanabilmektedir.



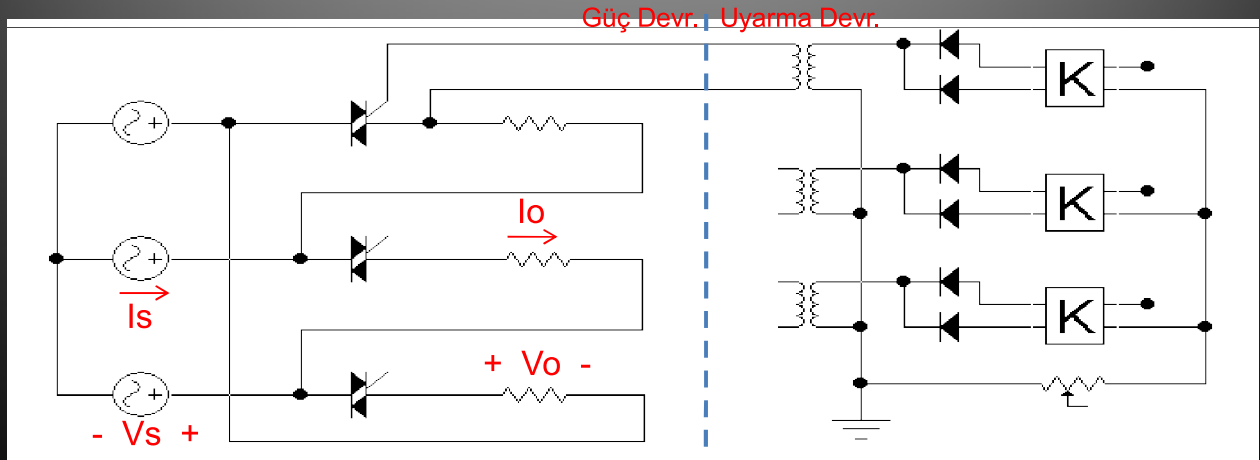
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Bilindiği gibi, 3 fazlı sistemde yüke daha fazla güç aktarabilmek için yıldız yerine üçgen bağlantı kullanılması gerekmektedir. Bu durumda, aşağıdaki şekilden de görüldüğü gibi, yükün her bir parçası doğrudan hat gerilimi ile karşı karşıya gelmektedir.
- 3 Fazlı Faz Açısı Kontrollü AC Voltaj Kontrolcü (üçgen bağlı rezistif yükte);
- Şekil-5.58’de 3 fazlı faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcü devre bağlantısı görülmektedir. “K” işaretli bloklar iğne pals üreticidir.



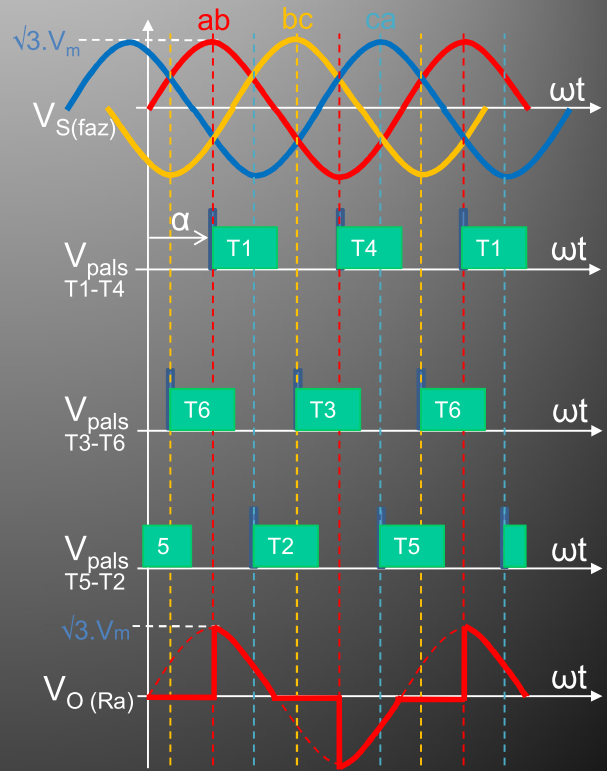
V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1 fazlı uygulamalardan bilindiği gibi düşük ve orta güçlerde ters paralel bağlı tristörler yerine triyak kullanımı daha uygun olmaktadır. Aynı durum 3 faz uygulamaları için de geçerlidir.
- Şekil-5.59'da 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC voltaj kontrolcu devre bağlantısının triyaklar kullanılarak yapılması görülmektedir. Şekil-5.60'da ise devrenin çalışmasını gösteren dalga şekilleri verilmiştir.



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.58 ve 5.59'dan görüldüğü gibi üçgen yükte faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcu devresi de hem birbirine ters paralel bağlanmış tristörlerle hem de triyak kullanarak yapılabilir.
- Hem tristörlü uygulamada hem de triyaklı uygulamada uyarma devresinde iğne pals üreticiler kullanılmıştır. İğne palsler her faz için ayrı ayrı üretilmekte ve anahtarlara uygulanmaktadır.
- Bu yöntemde kontrol ise tetikleme açısının ayarlanması ile olmaktadır, Şekil-5.60.

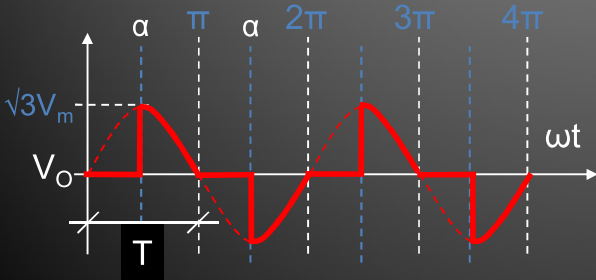


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-5.60'dan görüldüğü gibi, her tristör kendisine ait olan alternansın (T1"A+", T4"A-", T3"B+", T6"B-", T5"C+", T2"C-) 90. derecesinde (α) uyarılmış ve iletme geçmesi sağlanmıştır.
 - Örnek olarak izlenen R_a direnci üzerindeki çıkış faz gerilimine bakıldığında hat gerilimlerinin genliğinde oluştuğu gözlenmektedir.
 - Bunun nedeni her bir tristörün devreye girmesinde yükün her bir parçasının doğrudan iki faz arasına bağlanmasıdır.
- Şekil-5.60 görülen temel dalga şekillerinden yararlanarak devrede gerekli hesaplamalar yapılabilir. Devrede yapılabilecek bazı hesaplamalar şunlardır;
 - 1) Çıkış geriliminin etkin değeri,
 - 2) Çıkış akımının etkin değeri,
 - 3) Etkin (rms) çıkış gücü,
 - 4) Kaynaktan çekilen akımın etkin değeri,
 - 5) Kaynaktan çekilen etkin güç
 - 6) Devrenin verimi,
 - 7) Devrenin güç katsayısı,
 - 8) Anahtar gerilimleri,
 - 9) Anahtar akımları,

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Çıkış gerilimin etkin değeri;
- 3 fazlı faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcü üçgen rezistif yükte çalıştırılmasında, yük üzerinde aşağıdaki Şekil-5.61'de verilen dalga şeklinin görüleceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış gerilimi eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v_o(t)]^2 dt}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (\sqrt{3} V_m)^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{3 V_m^2}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{3 V_m^2}{\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_{\alpha}^{\pi}}$$

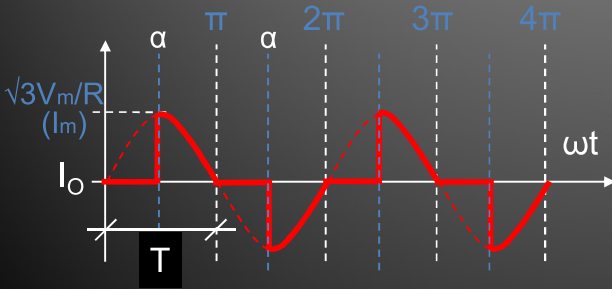
$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{3 V_m^2}{\pi} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sin 2\pi}{4} \right) - \left(\frac{\alpha}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) \right]}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{\frac{3 V_m^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{1} - \frac{\alpha}{1} + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{3} V_{S(rms)} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 2) Çıkış akımının etkin değeri;
- 3 fazlı faz açısı kontrollü AC voltaj kontrolcunun üçgen rezistif yükte çalıştırılmasında, yük üzerinden aşağıdaki Şekil-5.62'de verilen akımın geçeceğini belirtmiştik.
- Bu durumda etkin çıkış akımı eşitliği rezistif yük için yan taraftaki gibi hesaplanacaktır.



$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i_o(t)]^2 dt}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_m^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left[\frac{\omega t}{2} - \frac{\sin 2(\omega t)}{4} \right]_{\alpha}^{\pi}}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{\pi} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sin 2\pi}{4} \right) - \left(\frac{\alpha}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{4} \right) \right]}$$

$$I_{O(rms)} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2\pi} \left(\frac{\pi}{1} - \frac{\alpha}{1} + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)}$$

$$I_{O(rms)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} = \frac{V_{O(rms)}}{R}$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Etkin çıkış gücü;
- Bilindiği gibi etkin çıkış gücü,
 $P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$
 eşitliğinden bulunabilmektedir.

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [\sqrt{3} \cdot I_m \cdot \sin(\alpha)]^2 \cdot d(\alpha)}$$

$$I_{S(rms)} = \sqrt{\frac{(\sqrt{3} \cdot I_m)^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\alpha) \cdot d(\alpha)}$$

- 4) Kaynak akımı etkin değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın
 Şekil-5.63'deki gibi olduğunu
 belirtmiştik. Buna göre,

$$0 \leq \alpha \leq 60^\circ$$

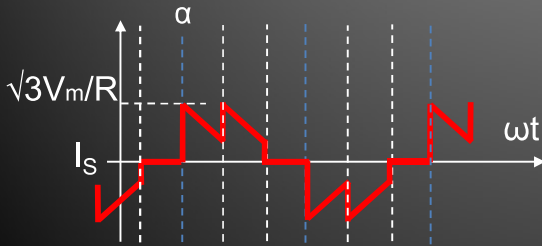
$$I_{S(rms)} = 3\sqrt{6} \cdot (V_s / R) \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{8\pi}}$$

$$60 \leq \alpha \leq 90^\circ$$

$$I_{S(rms)} = 3\sqrt{6} \cdot (V_s / R) \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{3\sin 2\alpha}{16\pi} + \frac{\sqrt{3}\cos 2\alpha}{16\pi}}$$

$$90 \leq \alpha \leq 150^\circ$$

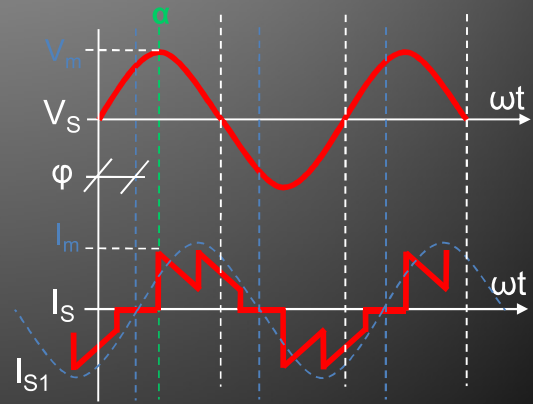
$$I_{S(rms)} = 3\sqrt{6} \cdot (V_s / R) \sqrt{\frac{5}{24} + \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{16\pi} + \frac{\sqrt{3}\cos 2\alpha}{16\pi}}$$



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

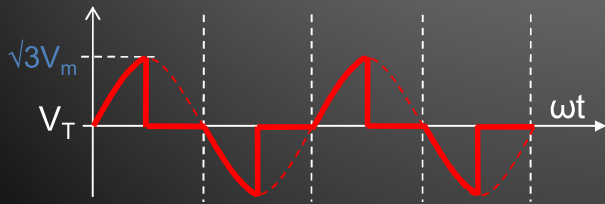
- 5) Kaynaktan çekilen güç;
 - Bilindiği gibi etkin giriş gücü,
 $P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- 6) Devren verimi;
 - Bilindiği gibi verim,
 $\eta = P_{O(rms)} / P_{S(rms)}$
eşitliğinden bulunabilmektedir.
- 7) Güç katsayısı ($\cos\phi$);
 - Güç katsayısı kaynaktan verilen gerilim ile kaynaktan çekilen akım arasındaki açının-

- “cos” değeridir. Şekil-5.64’de kaynak gerilimi ve akımı görülmektedir. Buradan, devre çıkışındaki yükün rezistif olmasına rağmen “ ϕ ” kadarlık bir faz kaymasının olduğu görülmekte ($\cos\phi = \cos(2\alpha/3)$).

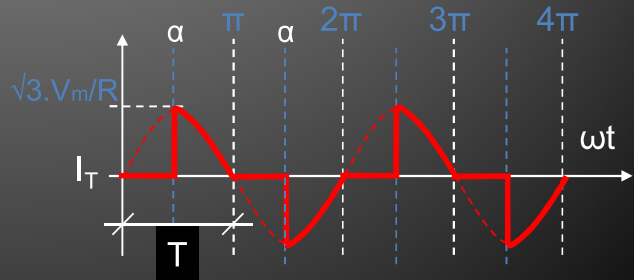


V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 8) Anahtar (tristör) gerilimi;
- Bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının gerilimi, bloke ettikleri gerilimin tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki gerilim Şekil-5.65'deki gibi olduğuna göre anahtar gerilimi,
- $V_T = \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$ olarak hesaplanabilmektedir.



- 9) Anahtar (tristör-triyak) akımı;
- Yine bilindiği gibi, devrede kullanılan güç anahtarlarının üzerlerinden geçirilen akımın tepe değerine göre hesaplanmaktadır.
- Anahtarlar üzerindeki akım Şekil-5.66'daki gibi olduğuna göre anahtar akımı,
- $I_T = \sqrt{3} \cdot V_m / R + \%30$



V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Örnek:

- 380V/220V-50Hz şebekede 45 derecelik uyarma açısında çalıştırılan faz açısı kontrollü 3 fazlı AC kıyıcı,
- a) Yıldız bağlı 10Ω'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak tüm devre parametrelerini,
- b) üçgen bağlı 10Ω'luk rezistif bir yükü beslediğinde oluşacak devre parametrelerini hesaplayınız.

■ Çözüm:

- a) Yıldız bağlı rezistif yükte çıkış geriliminin etkin değeri,

$$V_{O(rms)} = \sqrt{6} \cdot V_S \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{8\pi}}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{6} \cdot 220 \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\pi/4}{4\pi} + \frac{\sin(2.45)}{8\pi}}$$

$$V_{O(rms)} = 204,4V$$

Çıkış akımı etkin değeri,

$$I_{O(rms)} = V_{O(rms)} / R = 204 / 10$$

$$I_{O(rms)} = 20,4A$$

Etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$$

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot 20,4 \cdot 204 = 12,4kW$$

Kaynak akımının etkin değeri,

Yıldız bağlantıda kaynak akımı ile çıkış yük akımı aynı olduğundan,

$$I_{S(rms)} = 20,4A$$

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Yıldız bağlı rezistif yükte
kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot 20,4 \cdot 220 = 13,4kW$$

Yıldız yükte devrenin verimi,

$$\eta = P_{O(rms)} / P_{S(rms)}$$

$$\eta = 12,4kW / 13,4kW = \%92,53$$

Yıldız bağlı rezistif yükte
anahtar (tristör-triyak) gerilimi,

$$V_T \geq V_m + \%30$$

$$V_T \geq 311 \cdot 1,3 \geq 400V$$

Yıldız bağlı rezistif yükte
anahtar (tristör-triyak) akımı,

$$I_D \geq V_m / R + \%30$$

$$I_D \geq 31,1 \cdot 1,3 \geq 40A$$

b) Üçgen bağlı rezistif yükte
çıkış geriliminin etkin değeri,

$$V_{O(rms)} = \sqrt{3} \cdot V_{S(rms)} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

$$V_{O(rms)} = \sqrt{3} \cdot 220 \sqrt{1 - \frac{\pi/4}{\pi} + \frac{\sin 2.45}{2\pi}}$$

$$V_{O(rms)} = 363,29V$$

Çıkış akımı etkin değeri,

$$I_{O(rms)} = V_{O(rms)} / R = 363 / 10$$

$$I_{O(rms)} = 36,3A$$

Etkin çıkış gücü,

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot I_{O(rms)} \cdot V_{O(rms)}$$

$$P_{O(rms)} = 3 \cdot 36,3 \cdot 363 = 39,5kW$$

olarak bulunur.

V – AC/AC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Kaynak akımının etkin değeri;

$$I_{S(rms)} = 3\sqrt{6} \cdot (V_S / R) \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\alpha}{4\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{8\pi}}$$

$$I_{S(rms)} = 3\sqrt{6} \cdot (220/10) \sqrt{\frac{1}{6} - \frac{\pi/4}{4\pi} + \frac{\sin(2.45)}{8\pi}}$$

$$I_{S(rms)} = 61,32A$$

Üçgen yükte kaynaktan çekilen etkin güç,

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot I_{S(rms)} \cdot V_{S(rms)}$$

$$P_{S(rms)} = 3 \cdot 61,3 \cdot 220 = 40,4kW$$

Üçgen yükte devrenin verimi,

$$\eta = P_{O(rms)} / P_{S(rms)}$$

$$\eta = 39,5kW / 40,4kW = \%97,77$$

Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) gerilimi,

$$V_T \geq \sqrt{3} \cdot V_m + \%30$$

$$V_T \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 700V$$

Rezistif yükte anahtar (tristör-triyak) akımı,

$$I_D \geq \sqrt{3} \cdot V_m / R + \%30$$

$$I_D \geq \sqrt{3} \cdot 311 \cdot 1,3 \geq 70A$$

ÖDEV-12

- 12.1) 380V/220V-50Hz şebekede, 10Hz-%50 etkin peryotla uyarmada, üçgen bağlı 5Ω 'luk saf rezistif bir yükü besleyen 3 fazlı açma-kapama kontrollü AC kıyıcının,
- 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.
- 12.2) 380V/220V-50Hz şebekede, 45° uyarmada, yıldız bağlı 15Ω 'luk saf rezistif yükü besleyen 3 fazlı faz açısı kontrollü AC kıyıcının,
- 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.