

DC-DC Dönüştürücüler

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

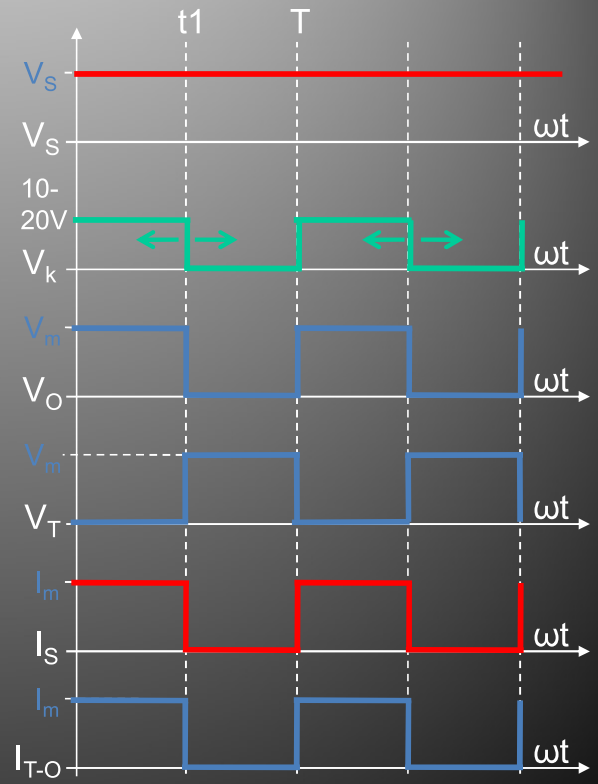
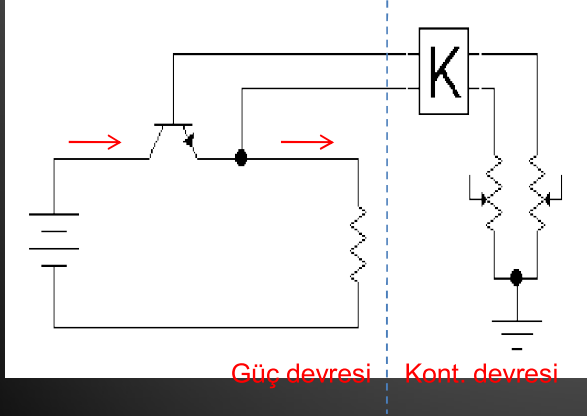
- **GİRİŞ:**
- DC-DC dönüştürücüler, özellikle son dönemlerde güç elektroniği ve endüstriyel elektronik uygulamalarında çok yoğun olarak kullanılmaya başlayan güç devreleridir. DC-DC dönüştürücülerin kullanım alanları,
 - 1) Ulaşım araçlarında,
 - 2) Seyyar elektronik cihazda,
 - 3) Rüzgar ve güneş enerji sistemlerinde,
 - 4) Küçük boyutlara sığdırılması gereken elektronik cihazlarda vb.
- DC-DC dönüştürücülerini iki temel grup atında incelemek mümkündür. Bu gruplar,
 - 1) DC kıyıcılar;
 - a) A sınıfı DC kıyıcı,
 - b) B sınıfı DC kıyıcı,
 - c) C sınıfı DC kıyıcı,
 - d) D sınıfı DC kıyıcı,
 - e) E sınıfı DC kıyıcı.
 - 2) Anahtarlamaalı regülatörler;
 - a) Sekonder anahtarlamaalı regülatörler,
 - b) Primer anahtarlamaalı regülatörler,

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- **1- DC KİYİCİLER:**
- Endüstride özellikle DC motorların kontrolunda yoğun olarak kullanılmakta olan DC kıyıcılarda temelde iki farklı çalışma (çalıştırma) şekli vardır. Bunlar;
- **a) Azaltan tip çalışma,**
- **b) Arttıran tip çalışmadır.**
- Temel güç elemanı olarak BJT, Mosfet veya IGBT kullanılarak gerçekleştirilen DC kıyıcıların temel çalışma durumları ayrı ayrı ve detaylı olarak incelenecektir.
- **Azaltan tip DC kıyıcı çalışması (rezistif yükte);**
- Bu çalışma durumunda, DC kıyıcının çıkış gerilimi, giriş geriliminden daima daha düşük seviyededir. Bu nedenle bu tür çalışmaya “azaltan” tip çalışma denilmektedir.
- Şekil-6.1’de tipik bir azaltan DC kıyıcı bağlantısı görülmektedir. Bağlantıdan görüldüğü gibi temel güç anahtarı olarak BJT kullanılmıştır. Devrede, BJT yerine Mosfet veya IGBT’de kullanılabilir.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-6.1'den görüldüğü gibi azaltan tip DC kıyıcıda güç anahtarı yük ile kaynak arasında seri olarak bağlanmıştır.
- Devrenin uyarma ve temel dalga şekilleri yan tarafta Şekil-6.2'de görülmektedir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

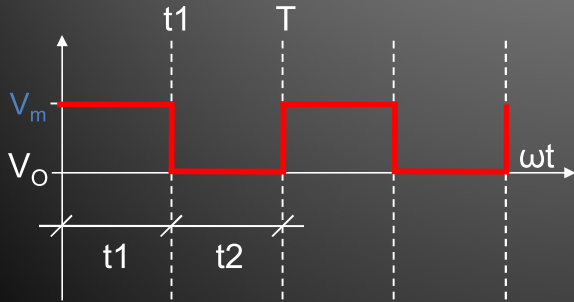
- Şekil-6.2'den görüldüğü gibi devre girişi sabit DC gerilim kaynağına bağlanmış, devredeki güç anahtarı (transistör) ise bir PWM sinyal ile uyarılmıştır.
 - Transistör girişine uyarma sinyali verildiği sürece çıkış gerilimi giriş gerilimine eşit, uyarma sinyali verilmediğinde ise eleman yalıtıma geçeceğinden çıkış gerilimi sıfır olmaktadır.
 - Uyarma sinyali etkin periyodu %0 ile %100 arasında değiştirilerek çıkış ayarlanabilir
- Hem rezistif yüklerin ve elektronik devrelerin beslenmesinde hem de doğru akım motorlarının kontrolunda kullanılabilecek olan bu çalıştırma yönteminde diğer güç devrelerinde olduğu gibi,
 - 1) Çıkış geriliminin ortalama değeri,
 - 2) Çıkış akımının ortalama değeri,
 - 3) Ortalama çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımının ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Etkin giriş direnci
 - 7) Anahtar gerilimi,
 - 8) Anahtar akımıhesaplanabilir.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Çıkış gerilimi ortalama değeri;
- Azaltan tip çalışan devrede çıkış gerilimi, daha önce verildiği ve aşağıdaki Şekil-6.3'den görüldüğü gibi, güç anahtarının iletimde kalma süresine göre,

$$V_{O(dc)} = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} V_m \cdot dt = \frac{t_1}{T} \cdot V_m = k \cdot V_s$$

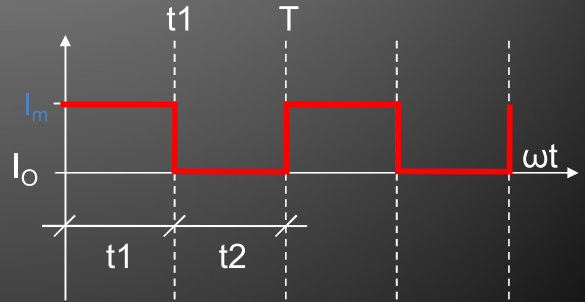
eşitliği kullanarak bulunabilecektir.



- 2) Çıkış akımı ortalama değeri;
- Azaltan tip çalışan devrede çıkış akımı, daha önce verildiği ve aşağıdaki Şekil-6.4'den görüldüğü gibi, güç anahtarının iletimde kalma süresine göre,

$$I_{O(dc)} = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} I_m \cdot dt = \frac{t_1}{T} \cdot I_m = k \cdot \frac{V_s}{R}$$

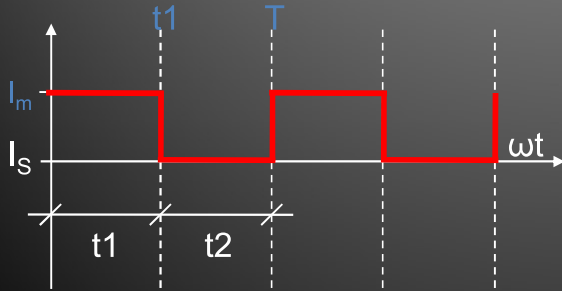
eşitliği kullanarak bulunabilecektir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Ortalama çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = I_o \cdot V_o = V_o^2 / R = k \cdot V_s^2 / R$
eşitliğinden bulunabilir.
- 4) Kaynak akımı ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli,
Şekil-6.5'deki gibi olduğuna göre ortalama değeri,

$$I_{S(dc)} = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} I_m \cdot dt = \frac{t_1}{T} \cdot I_m = k \cdot \frac{V_s}{R}$$



- 5) Ortalama giriş gücü;
- Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = k \cdot I_s \cdot V_s$
eşitliğinden bulunabilecektir.
- 6) Devrenin etkin giriş direnci,
- Kaynaktan görünen dirençtir.

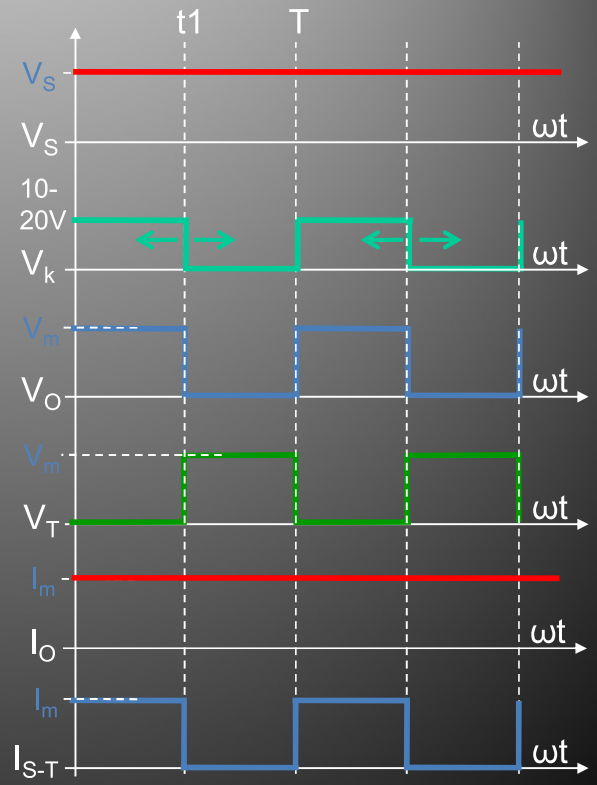
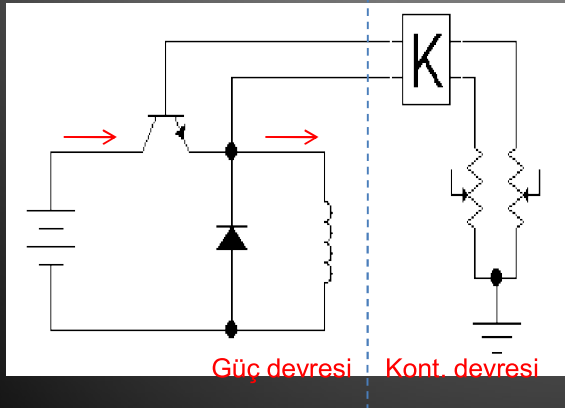
$$R_i = \frac{V_s}{I_s} = \frac{R}{k}$$

- 7) Anahtar akımı;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / R$

- 8) Anahtar gerilimi;
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$ olacaktır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Azaltan tip DC kıyıcı çalışması (endüktif yükte);
- Azaltan tip çalışmada endüktif yük kullanılması durumunda Şekil-6.6'da görüldüğü gibi serbest geçiş diyodu kullanılmalıdır. Devreyle ilgili dalga şekilleri ise Şekil-6.7'de görülmektedir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

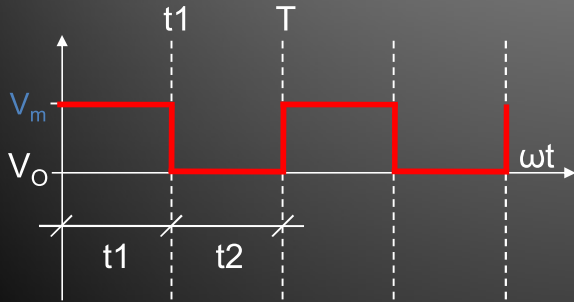
- Şekil-6.6'dan görüldüğü gibi devre girişi yine sabit DC gerilim kaynağına bağlanmış, devredeki güç anahtarı (BJT) ise bir PWM sinyal ile uyarılmıştır.
- Transistör girişine uyarma sinyali verildiği sürece çıkış gerilimi giriş gerilimine eşit, uyarma sinyali verilmediğinde ise eleman yalıtıma geçeceğinden çıkış gerilimi sıfır olmaktadır.
- Çıkış akımı ise sabit olup transistör iletimde olduğunda transistör üzerinden, transistör yalıtımda olduğu zamanlarda ise yüke ters paralel bağlı olan serbest geçiş diyodu üzerinden dolaşmaktadır.
- Hem rezistif yüklerin ve elektronik devrelerin beslenmesinde hem de doğru akım motorlarının kontrolunda kullanılabilecek olan bu çalıştırma yönteminde diğer güç devrelerinde olduğu gibi yine,
 - 1) Çıkış geriliminin ortalama değeri,
 - 2) Çıkış akımının ortalama değeri,
 - 3) Ortalama çıkış gücü,
 - 4) Kaynak akımının ortalama değeri,
 - 5) Ortalama giriş gücü,
 - 6) Etkin giriş direnci
 - 7) Anahtar gerilimi,
 - 8) Anahtar akımı,hesaplanabilir.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Çıkış gerilimi ortalama değeri;
- Azaltan tip çalışan devrede çıkış gerilimi, daha önce verildiği ve aşağıdaki Şekil-6.8'den görüldüğü gibi, güç anahtarının iletimde kalma süresine göre,

$$V_{O(dc)} = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} V_m \cdot dt = \frac{t_1}{T} \cdot V_m = k \cdot V_S$$

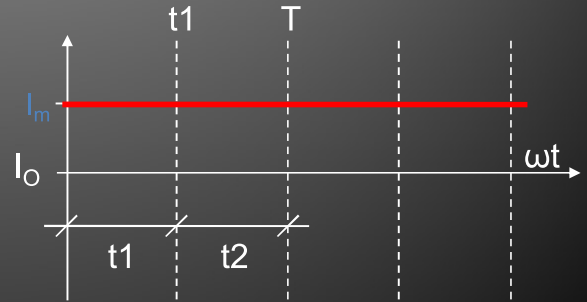
eşitliği kullanarak bulunabilecektir.



- 2) Çıkış akımı ortalama değeri;
- Azaltan tip çalışan devrede çıkış akımı, daha önce verildiği ve aşağıdaki Şekil-6.9'dan görüldüğü gibi, yük üzerinden sürekli akım aktığı düşünülerek,

$$I_{O(dc)} = \frac{1}{T} \int_0^T I_m \cdot dt = \frac{T}{T} \cdot I_m = \frac{V_S}{R}$$

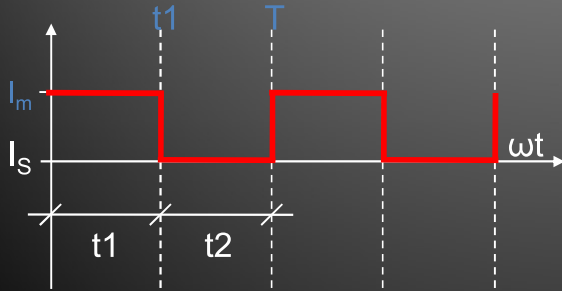
eşitliği kullanarak bulunabilecektir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Ortalama çıkış gücü;
- Devrenin ortalama çıkış gücü,
 $P_o = I_o \cdot V_o = V_o^2 / R = k \cdot V_s^2 / R$
eşitliğinden bulunabilir.
- 4) Kaynak akımı ortalama değeri;
- Kaynaktan çekilen akımın şekli,
Şekil-6.10'deki gibi olduğuna göre ortalama değeri,

$$I_{S(dc)} = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} I_m \cdot dt = \frac{t_1}{T} \cdot I_m = k \cdot \frac{V_s}{R}$$



- 5) Ortalama giriş gücü;
- Kaynaktan çekilen ortalama giriş gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_s = k \cdot I_s \cdot V_s$
eşitliğinden bulunabilecektir.
- 6) Devrenin etkin giriş direnci,
- Kaynaktan görünen dirençtir.

$$R_i = \frac{V_s}{I_s} = \frac{R}{k}$$

- 7) Anahtar akımı;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / R$

- 8) Anahtar gerilimi;
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$
olacaktır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Örnek:

- 200Vdc şebekede %50 etkin peryotlu uyarmada çalıştırılan azaltan tip DC 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 ortalama değeri,
 $V_o = V_s \cdot k$
 $V_o = 200 \cdot 0,5$
 $V_o = 100V$

- Çıkış akımının ortalama değeri,

$$I_o = V_o / R = 100 / 10$$

$$I_o = 10A$$

- Ortalama çıkış gücü,

$$P_o = I_o \cdot V_o$$

$$P_o = 10 \cdot 100 = 1kW$$

- Kaynak akımının ortalama değeri,

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

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

$$I_s = 10A$$

NOT: Devrenin girişi de DC olması nedeniyle kaynak akımının ortalama değeri hesaplanmıştır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen güç,
 $P_s = k \cdot V_s \cdot I_s = 0,5 \cdot 200 \cdot 10$
 $P_s = 1\text{kW}$
- Devrenin etkin giriş direnci,
 $R_i = R / k$
 $R_i = 10 / 0,5 = 20\Omega$
- Anahtar (transistör) akımı,
 $I_T \geq V_m / R + \%30$
 $I_T \geq (200 / 10) \cdot 1,3 \geq 26\text{A}$
- Anahtar (transistör) gerilimi,
 $V_T \geq 200 \cdot 1,3 \geq 260\text{V}$
- b) Endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri,
 $V_o = V_s \cdot k$
 $V_o = 200 \cdot 0,5$
 $V_o = 100\text{V}$
- Çıkış akımı ortalama değeri,
 $I_o = V_s / Z = 200 / 10$
 $I_o = 20\text{A}$
- Ortalama çıkış gücü,
 $P_o = I_o \cdot V_o$
 $P_o = 20 \cdot 100 = 2\text{kW}$
- Kaynak akımı ortalama değeri,
 $I_s = (V_s / Z) \cdot k = (200/10) \cdot 0,5$
 $I_s = 10\text{A}$

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Endüktif yükte kaynaktan çekilen güç,

$$P_S = k \cdot I_S \cdot V_S$$

$$P_S = k \cdot 10 \cdot 200 = 1kW$$

- Endüktif yükte devrenin etkin giriş direnci,

$$Z_i = Z / k$$

$$Z_i = 10 / 0,5 = 20\Omega$$

- Anahtar (transistör) akımı,

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

$$I_T \geq (200 / 10) \cdot 1,3 \geq 26A$$

- Anahtar (transistör) gerilimi,

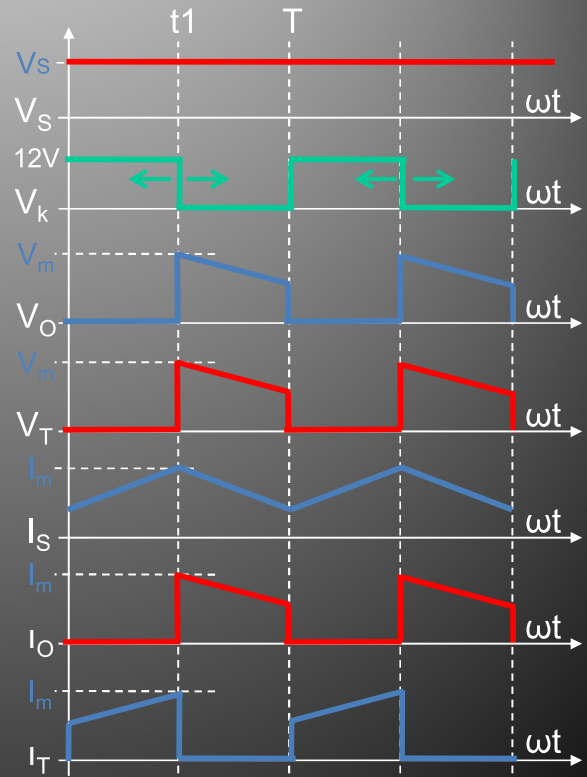
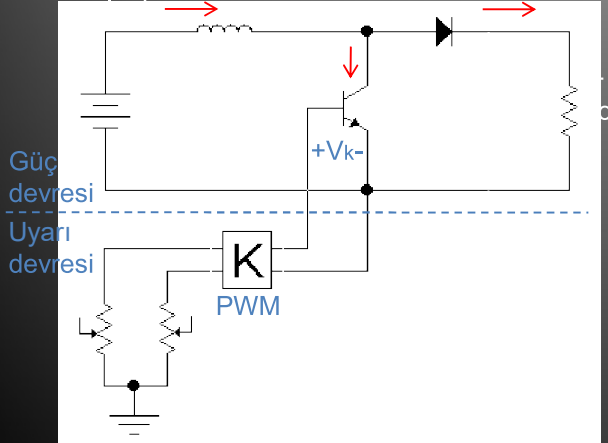
$$V_T \geq V_S + \%30$$

$$V_T \geq 200 \cdot 1,3 \geq 260V$$

NOT: Azaltan tip DC kıyıcı devresinde giriş gerilimi tamamen düzgün bir DC olmasına karşın yapılan anahtarlama sonucu oluşan çıkış gerilimi kare dalga formatındadır. Bu gerilimin düzgünleştirilmesi için kapasitör filtresi kullanılmalıdır. Devre çıkışında filtre için kullanılan kapasiteyi küçültmek ve çıkışın daha düzgün olmasını sağlamak için anahtarlama frekansı yüksek (10-100kHz arası) seçilmektedir.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

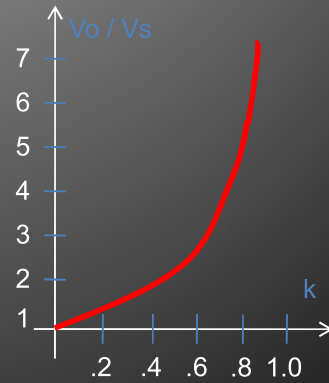
- Arttıran tip DC kıyıcı çalışması (rezistif yükte);
- Şekil-6.11'de arttıran tip devre yapısı, Şekil-6.12'de ise rezistif yüke göre devrenin dalga şekilleri görülmektedir. Bu devre yapısı genellikle batarya gerilimini yükseltmek için kullanılmaktadır.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-6.12'den görüldüğü gibi yükselten tip devrede anahtarlama elemanı azaltan devrenin aksine kaynağa ve yüke paralel olarak bağlanmıştır.
- Bu durumda transistör uyarıldığında kaynağı "L" üzerinden kısa devre ederek akım yüklemekte, yalıtıma geçirildiğinde ise kaynak ve L akımı yük üzerinden geçmektedir.
- Bu akıma göre oluşan çıkış gerilimi tepe değeri "k"ya bağlı olarak değişmektedir.

- Bu devrede çıkış geriliminin etkin değere (k) göre değişim grafiği aşağıdaki Şekil-6.13'de görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi, çıkış gerilimi "k" ile doğru orantılı olarak değişmekte olup girişin 7 katına kadar çıkabilmektedir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

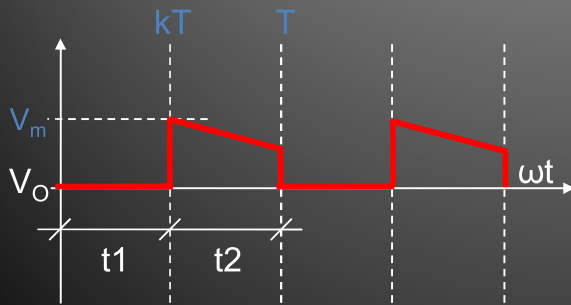
- 1) Çıkış gerilimi ortalama değeri;
- Rezistif yükte oluşan çıkış gerilimi, daha önce verildiği ve aşağıdaki Şekil-6.14'den görüldüğü gibi, güç anahtarının iletimde kalma süresine göre,

$$k = t_1 / (t_1 + t_2)$$

$$V_{dc} \approx V_s + V_L = V_s + L(di/dt)$$

$$V_{dc} \approx V_s \cdot [(t_1 + t_2) / t_2] = V_s / (1 - k)$$

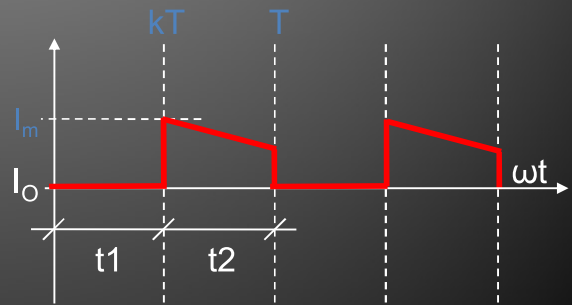
eşitlikleri kullanarak bulunabilir.



- 2) Çıkış akımı ortalama değeri;
- Yükselten tip çalışan devrede çıkış akımı, daha önce verildiği ve aşağıdaki Şekil-6.15'den görüldüğü gibi, güç anahtarının iletimde kalma süresine göre oluşan gerilimle orantılı olarak,

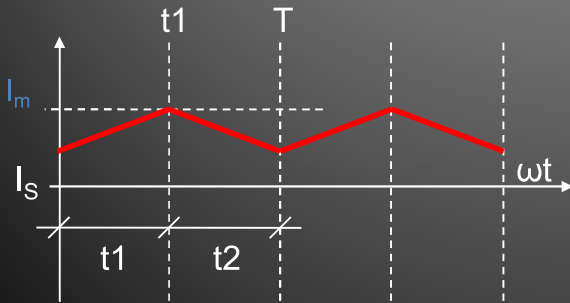
$$I_{dc} = V_{dc} / R$$

eşitliği kullanarak bulunabilecektir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

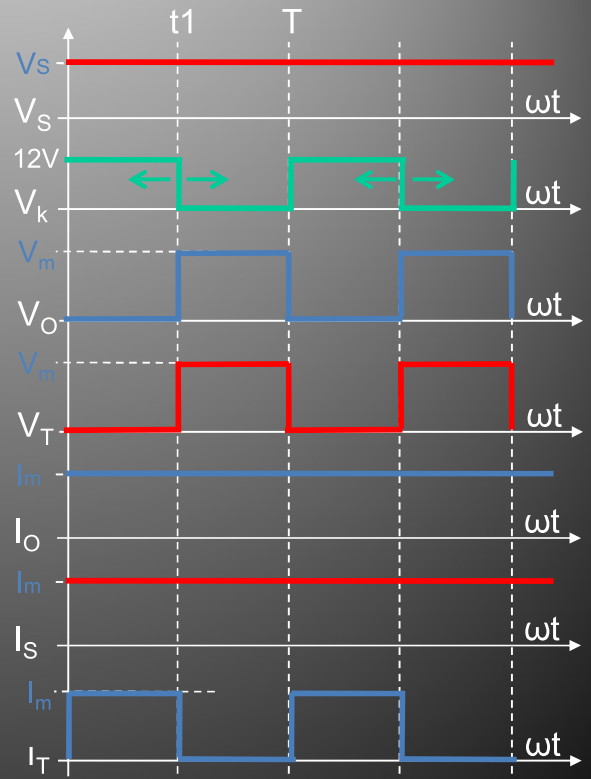
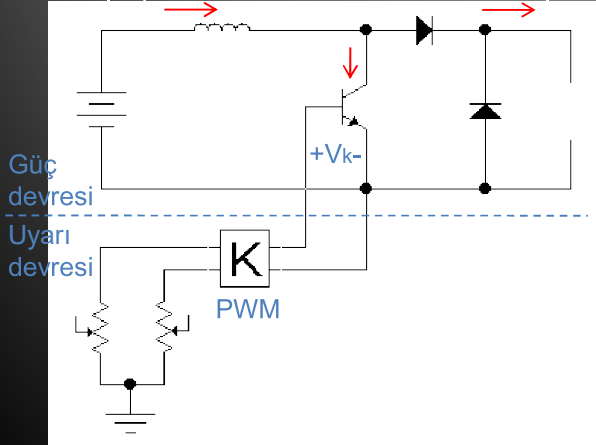
- 3) Ortalama çıkış gücü;
Ortalama çıkış gücü,
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$ olacaktır.
- 4) Kaynak akımı ortalama değeri;
Kaynaktan çekilen akımın şekli,
Şekil-6.16'daki gibidir. Buna göre
akımın ortalama değeri şöyledir,
 $I_s \approx I_m = (V_s/R) + I_L = (V_s/R) / (1-k)$



- 5) Ortalama giriş gücü;
Kaynaktan çekilen ortalama giriş
gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_{S(dc)} = (I_{s(dc)} \cdot V_s) / (1-k)$
- 6) Devrenin etkin giriş direnci,
Kaynaktan görünen dirençtir ve
 $R_i = V_s / I_s = R \cdot (1-k)$ olacaktır.
- 7) Anahtar akımı;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / R$
- 8) Anahtar gerilimi;
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$
olacaktır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

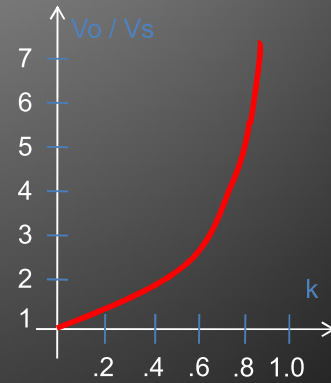
- Arttıran tip DC kıyıcı çalışması (endüktif yükte);
- Bu çalışma şeklinde yükün çok endüktif olduğu kabul edilmiştir. Buna göre Şekil-6.17'de devre yapısı, Şekil-6.18'de ise devrenin çalışmasını gösteren dalga şekilleri görülmektedir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-6.17'den görüldüğü gibi yükselten tip devre endüktif yükte çalıştırıldığında yük üzerindeki yükün boşalması için yüke ters paralel bir serbest geçiş diyodu bağlanmıştır.
- Devrede yine transistör uyarıldığında kaynağı “L” üzerinden kısa devre ederek akım yüklemekte, yalıtıma geçirildiğinde ise kaynak ve L akımı yükten geçmektedir.
- Bu akıma göre oluşan çıkış gerilimi tepe değeri “k”ya bağlı olarak değişmektedir.

- Bu devrede çıkış geriliminin etkin değere (k) göre değişim grafiği yine aşağıdaki Şekil-6.19'da görüldüğü gibidir. Grafikten görüldüğü gibi, çıkış gerilimi “k” ile doğru orantılı olarak değişmekte olup girişin 7 katına kadar çıkabilmektedir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 1) Çıkış gerilimi ortalama değeri;

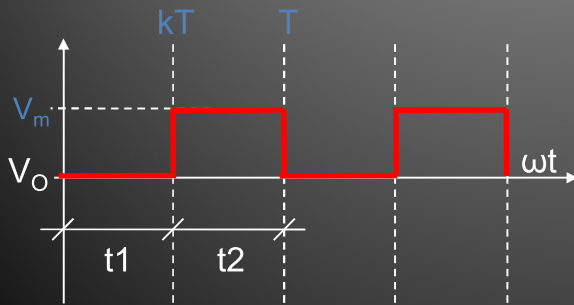
- Endüktif yükte oluşan çıkış gerilimi, daha önce verildiği ve aşağıdaki Şekil-6.20'den görüldüğü gibi, güç anahtarının iletimde kalma süresine göre,

$$k = t_1 / (t_1 + t_2)$$

$$V_{dc} \approx V_s + V_L = V_s + L(di/dt)$$

$$V_{dc} \approx V_s \cdot [(t_1 + t_2) / t_2] = V_s / (1 - k)$$

eşitlikleri kullanarak bulunabilir.

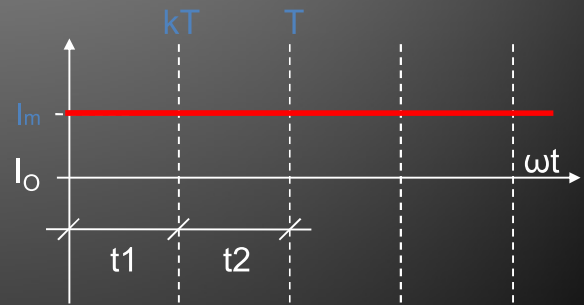


- 2) Çıkış akımı ortalama değeri;

- Yükselten tip çalışan devrede çıkış akımı, daha önce verildiği ve aşağıdaki Şekil-6.21'den görüldüğü gibi, güç anahtarının iletimde kalma süresiyle doğru orantılı olarak,

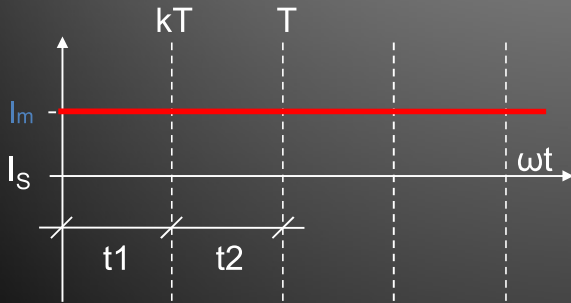
$$I_{dc} = I_m = V_s / R + I_L = (V_s / R) / (1 - k)$$

eşitliği kullanarak bulunabilecektir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- 3) Ortalama çıkış gücü;
Ortalama çıkış gücü,
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$ olacaktır.
- 4) Kaynak akımı ortalama değeri;
Kaynaktan çekilen akımın şekli,
Şekil-6.22'deki gibidir. Buna göre
akımın ortalama değeri şöyledir,
 $I_{s(dc)} = I_m = V_s / R + I_L = (V_s / R) / (1-k)$



- 5) Ortalama giriş gücü;
Kaynaktan çekilen ortalama giriş
gücü aşağıdaki gibi olacaktır.
 $P_{s(dc)} = (I_{s(dc)} \cdot V_s) / (1-k)$
- 6) Devrenin etkin giriş empedansı,
Kaynaktan görünen dirençtir ve
 $Z_i = V_s / I_s = Z \cdot (1-k)$ olacaktır.
- 7) Anahtar akımı;
 $I_T = 1,3 \cdot I_m = 1,3 \cdot V_m / R$
- 8) Anahtar gerilimi;
 $V_T = 1,3 \cdot V_m$
olacaktır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

■ Örnek:

- 200Vdc şebekede %50 etkin peryotlu uyarmada çalıştırılan arttıran tip DC 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 ortalama değeri,
 $k = t_1 / (t_1 + t_2) = 0,5$
 $V_{dc} \approx V_s + V_L = V_s / (1 - k)$
 $V_{dc} \approx 200 / (1 - 0,5) = 400V$

Çıkış akımının ortalama değeri,

$$I_{dc} = V_{dc} / R = 400 / 10$$

$$I_{dc} = 40A$$

- Ortalama çıkış gücü,

$$P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$$

$$P_{dc} = 40 \cdot 400 = 16kW$$

- Kaynak akımının ortalama değeri,

$$I_{S(dc)} \approx I_m = V_s / R + I_L = (V_s / R) / (1 - k)$$

$$I_{S(dc)} \approx I_m = (200 / 10) / (1 - 0,5)$$

$$I_{S(dc)} \approx I_m = 40A$$

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynaktan çekilen güç,
 $P_{S(dc)} = (I_{S(dc)} \cdot V_{S(dc)}) / (1-k)$
 $P_S = (40 \cdot 200) / (1-0,5) = 16kW$
- Devrenin etkin giriş direnci,
 $R_i = R \cdot (1-k)$
 $R_i = 10 \cdot (1-0,5) = 5\Omega$
- Anahtar (transistör) akımı,
 $I_T \geq V_m/R + \%30$
 $I_T \geq (400 / 10) \cdot 1,3 \geq 52A$
- Anahtar (transistör) gerilimi,
 $V_T \geq 400 \cdot 1,3 \geq 520V$
- b) Endüktif yükte çıkış geriliminin ortalama değeri etkin peryot kullanılarak,
 $k = t_1 / (t_1 + t_2) = 0,5$
 $V_{dc} \approx V_S + V_L = V_S / (1-k)$
 $V_{dc} \approx 200 / (1-0,5) = 400V$
Çıkış akımının ortalama değeri,
 $I_{dc} = I_m = V_S/R + I_L = (V_S/R) / (1-k)$
 $I_{dc} = (200/10) / (1-0,5) = 40A$
- Ortalama çıkış gücü,
 $P_{dc} = I_{dc} \cdot V_{dc}$
 $P_{dc} = 40 \cdot 400 = 16kW$

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Kaynak akımının ortalama değeri,

$$I_{S(dc)} \approx I_m = V_s/R + I_L = (V_s/R) / (1-k)$$

$$I_{S(dc)} \approx I_m = (200/10) / (1-0,5)$$

$$I_{S(dc)} \approx I_m = 40A$$

- Kaynaktan çekilen güç,

$$P_{S(dc)} = (I_{S(dc)} \cdot V_{S(dc)}) / (1-k)$$

$$P_S = (40 \cdot 200) / (1-0,5) = 16kW$$

- Devrenin etkin giriş empedans,

$$Z_i = Z \cdot (1-k)$$

$$Z_i = 10 \cdot (1-0,5) = 5\Omega$$

- Anahtar (transistör) akımı,

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

$$I_T \geq (400 / 10) \cdot 1,3 \geq 52A$$

- Anahtar (transistör) gerilimi,

$$V_T \geq 400 \cdot 1,3 \geq 520V$$

NOT: Arttıran tip DC kıyıcı devresi genellikle doğru akım motorlarında rejeneratif frenleme uygulanması sırasında kullanılmaktadır.

Bu uygulama sayesinde motor sargılarında indüklenen gerilim kaynak geriliminden daha yüksek hale getirilerek ters akım akması ve bu sayede hem motorun frenlemeye girmesi hem de kazanılan enerjinin kaynağa geri aktarılması sağlanmaktadır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- **DC KİYİCİLARIN SINIFLANDIRILMASI:**
- Giriş bölümünde de belirtildiği gibi DC kıyıcıları çalışma şekline göre 5 farklı sınıfa ayırmak mümkün olmaktadır. Bunlar;
A sınıfı dc kıyıcılar,
B sınıfı dc kıyıcılar,
C sınıfı dc kıyıcılar,
D sınıfı dc kıyıcılar,
E sınıfı dc kıyıcılardır.
- Şimdi bu kıyıcı türleri ve özellikleri sırasıyla detaylı olarak incelenecektir.

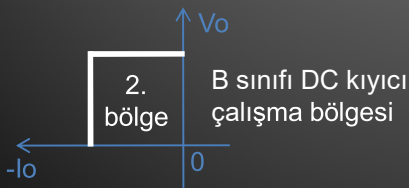
- **A sınıfı DC kıyıcılar;**
- A sınıfı DC kıyıcılar, daha önce ayrıntısı ile incelenen “Azaltan tip DC kıyıcı” yapısıdır.
- Dolayısıyla bu tür bir kıyıcıda çıkış gerilimi daima giriş geriliminin altındadır.
- Şekil-6.23’de görüldüğü gibi, genellikle düşük ve orta güçlerdeki doğru akım motorlarının kontrolünde ve farklı dc besleme gerilimi gereken devrelerde kullanılan A sınıfı DC kıyıcılar sadece 1. bölgede çalışmaktadır.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

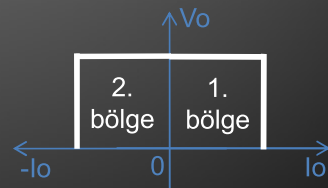
■ B sınıfı DC kıyıcılar;

- B sınıfı DC kıyıcılar, daha önce ayrıntısı ile incelenen “Arttıran tip DC kıyıcı” yapısıdır.
- Dolayısıyla bu tür bir kıyıcıda çıkış gerilimi daima giriş geriliminin üstündedir.
- Genellikle doğru akım motorlarının re-jeneratif (enerjiyi geri kazanarak) frenleme kontrolünde ve gerilim yükseltmekte kullanılan B sınıfı DC kıyıcılar, Şekil-6.24’de görüldüğü gibi sadece 2. bölgede çalışmaktadır.



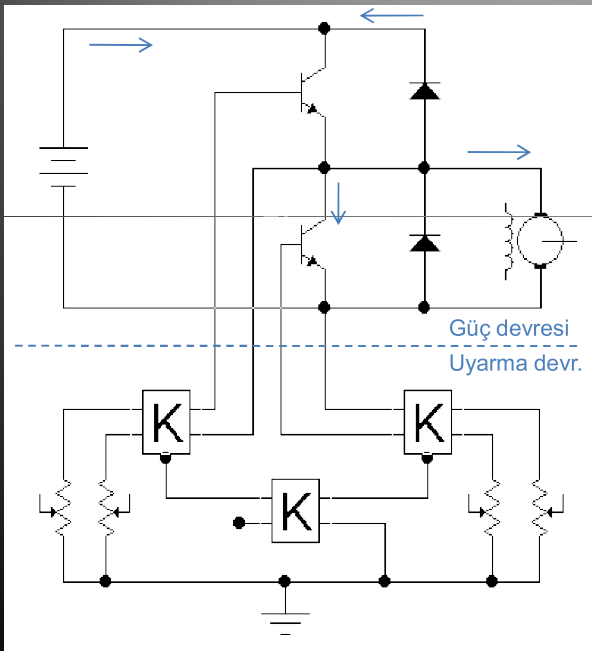
■ C sınıfı DC kıyıcılar;

- C sınıfı DC kıyıcılar, A sınıfı ve B sınıfı DC kıyıcıların birleştirilmesiyle oluşturulan yeni bir kıyıcı devresidir.
- C sınıfı kıyıcılar, özellikle orta ve yüksek güçteki doğru akım motorlarının tek yönlü hız ve re-jeneratif frenleme kontrolünde kullanılmaktadırlar.
- Bu tür kıyıcılar A ve B sınıflarının birleşimi olduğu için çalışma bölgesi de Şekil-6.25’de görüldüğü gibi 1. ve 2. bölgelerdir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Aşağıdaki Şekil-6.26'da tipik bir C sınıfı DC kıyıcı bağlantısı görülmektedir.

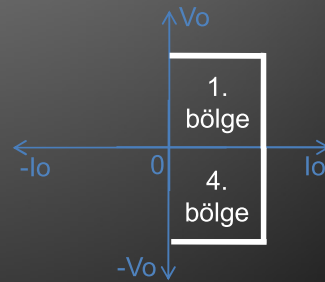


- Şekil-6.26'da görülen bağlantıda T1 transistörü uyarıldığında devre A sınıfı olarak çalışmakta ve motoru enerjilendirerek dönmesini sağlamaktadır.
- T2 transistörü uyarıldığında ise devre B sınıfı olarak çalışmakta ve yükün ataletiyle dönmeye devam ederek bir jeneratör gibi elektrik üreten motorun çıkış gerilimini yükselterek kaynağa doğru akım akıtmalarını sağlamaktadır.
- Bu sayede hem motor hızlı olarak frenlenmekte hem de kaynak şarj edilmektedir.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

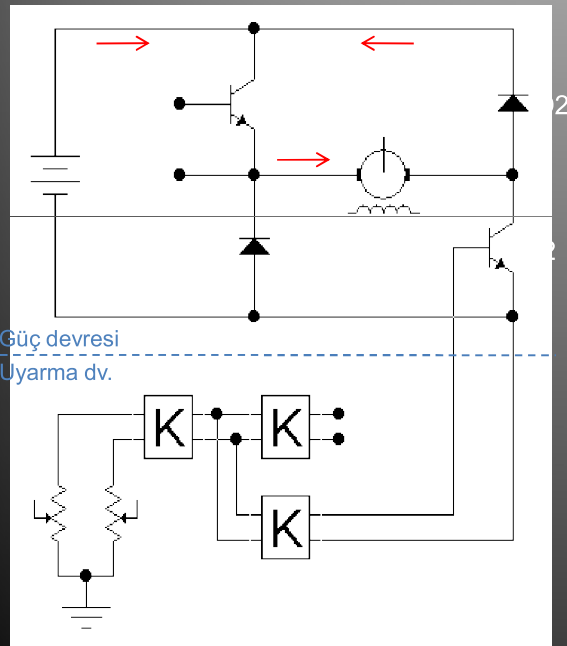
- Şekil-6.26'da görülen bağlantıda T1 transistörü uyarıldığında devreden " $I_s=I_o$ " akımı dolaşmakta, T1 yalıtıma geçtiğinde ise " I_o " akımı "D2" diyodu üzerinden devam etmektedir.
- T2 transistörü uyarıldığında ise devreden " I_t " akımı dolaşmakta, T2 yalıtıma geçtiğinde ise " I_f " akımı "D1" diyodu üzerinden kaynağa doğru akmaktadır.
- Devrenin dalga şekilleri ve hesaplamaları A ve B sınıflarında olduğu gibidir.

- **D sınıfı DC kıyıcılar;**
- D sınıfı DC kıyıcılar, çift yönlü DC kıyıcılara geçişte bir ara durum olup, genellikle tek başına kullanılmazlar.
- Bu tür kıyıcılar, C sınıfı DC kıyıcıda olduğu gibi yine çift bölgede çalışmaktadır. D sınıfı DC kıyıcının çalışma bölgeleri Şekil-6.27'de görüldüğü gibi 1. ve 4. bölgelerdir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

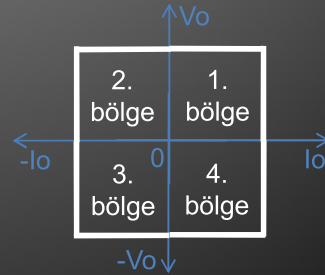
- Aşağıdaki Şekil-6.28’de tipik bir D sınıfı DC kıyıcı bağlantısı görülmektedir.



- Şekil-6.28’den görüldüğü gibi T1 ve T2 transistörleri aynı anda uyarılmakta ve seri bağlı gibi çalışmaktadır. D1 ve D2 diyotları ise serbest geçiş diyodu olarak çalışmaktadırlar.
- Devre aslında azaltan tip DC kıyıcı gibi çalışmakta ve motoru tek yönlü olarak kontrol etmektedir. Tek farkı serbest geçiş akımının (I_d) kaynak üzerinden dolaşmasıdır.
- Devrenin herhangi bir frenleme fonksiyonu yoktur, çünkü yük akımı hep aynı yönlüdür. Çıkış gerilimi ise sürekli olarak yön değiştirmektedir.

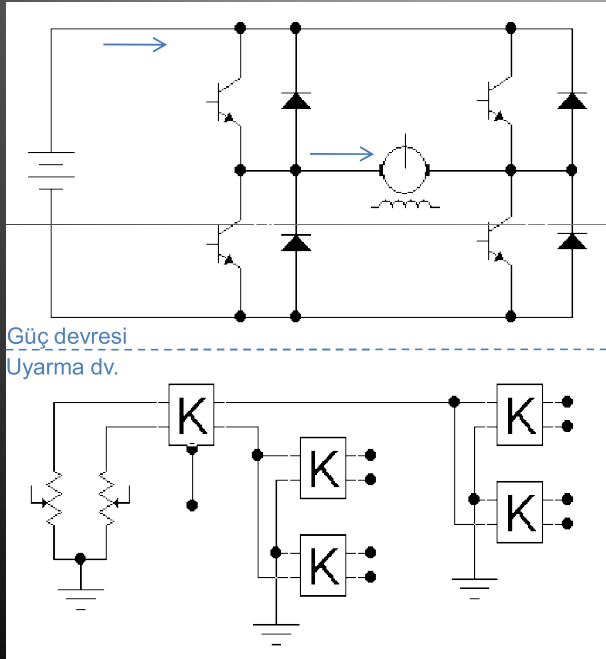
VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Şekil-6.28’de görülen bağlantıda transistörler bağlandıında devreden “ $I_s=I_o$ ” akımı dolaşmakta, transistörler yalıtıma geçtiğinde ise “ $I_o=I_d$ ” akımı diyotlar ve kaynak üzerinden devam etmektedir.
- Bu durumda transistörler iletimdeyken çıkış gerilimi pozitif, transistörler yalıtıma geçtiğinde ise akım diyotlar üzerinden dolaşacağı için çıkış gerilimi negatif olmaktadır.
- Devrenin çıkış dalga şekilleri ve hesaplamaları ise azaltan tip DC kıyıcıda olduğu gibidir.
- **E sınıfı DC kıyıcılar;**
- E sınıfı DC kıyıcılar, çift yönlü (4 bölge) DC kıyıcılar olarak bilinmekte olup iki adet C veya iki adet D sınıfı DC kıyıcının birleşiminden oluşmuşlardır.
- Bu tür kıyıcılar, iki adet çift bölgeli DC kıyıcının birleşimi olduğu için, çalışma bölgeleri de Şekil-6.29’da görüldüğü gibi 1.2.3. ve 4. bölgelerdir.



VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Aşağıdaki Şekil-6.30'da tipik bir E sınıfı DC kıyıcı bağlantısı görülmektedir.



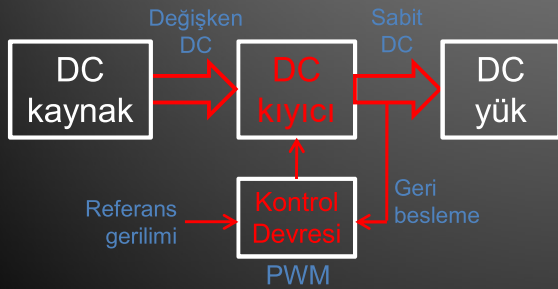
- Şekil-6-30'dan görüldüğü gibi, motor ileri yönde döndürülmek istendiğinde T1 ve T2 uyarılmakta ve devre D sınıfı DC kıyıcı gibi çalıştırılmaktadır.
- Motor ileri yönde dönerken re-jeneratif frenleme yapılması gerektiğinde sadece T4 uyarılarak devre B sınıfı (yükselten tip) DC kıyıcı gibi çalıştırılmakta ve motoru jeneratör gibi çalıştırarak D1-D2 ve kaynak üzerinden frenleme akımı akıtılmaktadır. Bu durumda motor üzerindeki enerji geri kazanılarak hızlı frenleme yapılmaktadır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- Yine Şekil-6-30'dan görüldüğü gibi, motor geri (ters) yönde döndürülmek istendiğinde T3 ve T4 uyarılmakta ve devre ters yönde yine D sınıfı DC kıyıcı gibi çalıştırılmaktadır.
- Motor geri yönde dönerken rejeneratif frenleme yapılması gerektiğinde sadece T2 uyarılarak devre yine B sınıfı (yükselten tip) DC kıyıcı gibi çalıştırılmakta ve motoru jeneratör gibi çalıştırarak D3-D4 ve kaynak üzerinden frenleme akımı akıtılmakta ve motor üzerindeki enerji geri kazanılarak fren yapılmaktadır.
- E sınıfı DC kıyıcılar, özellikle sabit mıknatıs uyarımlı ve yabancı uyarımlı doğru akım motorlarında hem çift yönlü hız kontrolü hem de çift yönlü frenleme kontrolünde kullanılabilen, hem çıkış akımı hem de çıkış gerilimi ters çevrilebilen tam donanımlı motor sürücü devreleridir.
- E sınıfı DC kıyıcılar istenirse birbirine ters paralel bağlı iki C sınıfı kıyıcı olarak da kontrol edilebilmektedir.
- Devrenin çıkış dalga şekilleri ve hesaplamaları ise azaltan tip DC kıyıcıda olduğu gibidir.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

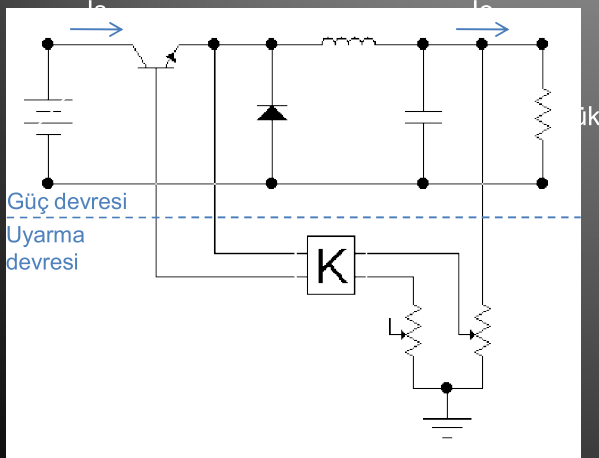
- **2- ANAHTARLAMALI REGÜLATÖRLER:**
- Anahtarlama regülatörler hemen hemen tüm elektronik cihazların beslemesinde çok yaygın olarak kullanılan dc-dc dönüştürücü uygulamalarıdır.
- Aşağıdaki Şekil-6-31'de anahtarlama regülatörlerin genel yapısı görülmektedir.



- Şekil-6.31'den görüldüğü gibi, devre girişine gelen regülesiz dc gerilim bir DC kıyıcıdan geçirilerek çıkışta bulunan ve sabit gerilim isteyen yüke aktarılmaktadır.
- Çıkış geriliminin sabit kalabilmesi içinse DC kıyıcının PWM kontrol devresi bir geribesleme düzeneği üzerinden sürekli olarak uyarılmaktadır.
- Anahtarlama regülatörlerin 3 temel türü bulunmaktadır. Bunlar, 1- Azaltan (Buck) regülatörler, 2- Arttıran (Boost) regülatörler, 3- Tersleyen (Inverting) regülatörlerdir. Şimdi bu türlerin yapısı ve çalışması sırasıyla incelenecektir.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

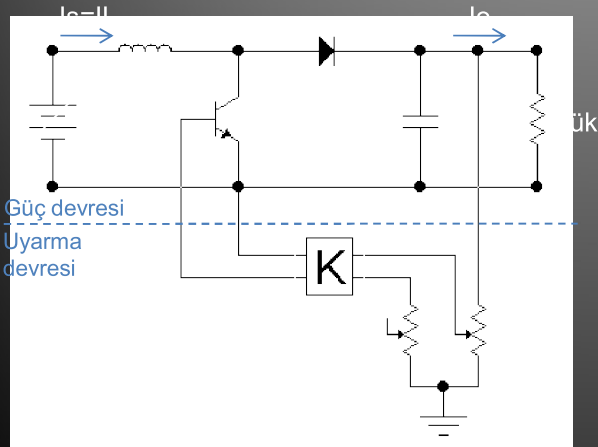
- **Azaltan (Buck) Regülatör;**
- Azaltan regülatör aslında azaltan tip DC kıyıcı güç devresinin dolayısıyla da A sınıfı DC kıyıcı devre yapısının benzeridir. Şekil-6.32'den görüldüğü gibi aradaki tek fark devre çıkışında bir L-C filtre devresinin kullanılmasıdır.



- Şekil-6.32'de görülen azaltan (buck) regülatör devresinin A sınıfı DC kıyıcıdan bir başka farkı da kontrol devresine güç devresi çıkışından bir voltaj geri beslemesi yapılmış olmasıdır.
- Zaten bu sayede devre regülatör (sabitleyici) özelliğini kazanmaktadır. Çıkış gerilimi yükselmek istediğinde geri besleme sayesinde kontrol devresi uyarılarak PWM kare dalganın etkin periyodu daraltılmakta, tersi durumda da genişletilmekte ve çıkış gerilimi hep istenen değerde sabit tutulmaktadır.
- Yüksek frekansta çalışan devrenin dalga şekilleri ve hesaplamaları azaltan tip DC kıyıcıyla aynıdır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

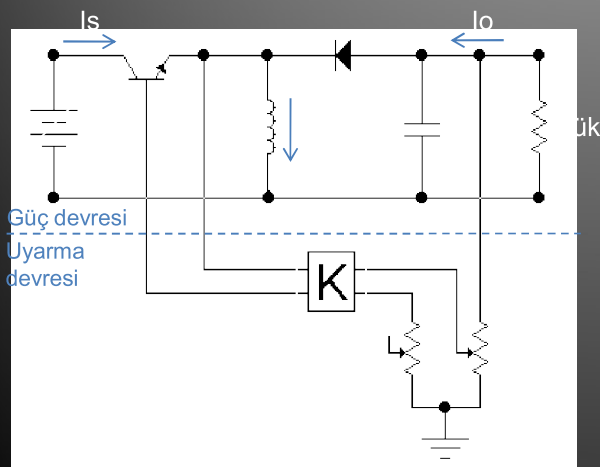
- **Arttıran (Boost) Regülatör;**
- Arttıran regülatör aslında arttıran tip DC kıyıcı güç devresinin dolayısıyla da B sınıfı DC kıyıcı devre yapısının benzeridir. Şekil-6.33'den görüldüğü gibi aradaki tek fark devre çıkışında bir C filtre devresinin kullanılmasıdır.



- Şekil-6.33'de görülen arttıran (boost) regülatör devresinin B sınıfı DC kıyıcıdan bir başka farkı da kontrol devresine güç devresi çıkışından bir voltaj geri beslemesi yapılmış olmasıdır.
- Zaten bu sayede devre regülatör (sabitleyici) özelliğini kazanmaktadır. Çıkış gerilimi yükselmek istediğinde geri besleme sayesinde kontrol devresi uyarılarak PWM kare dalganın etkin periyodu daraltılmakta, tersi durumda da genişletilmekte ve çıkış gerilimi hep istenen değerde sabit tutulmaktadır.
- Yüksek frekansta çalışan devrenin dalga şekilleri ve hesaplamaları arttıran tip DC kıyıcıyla aynıdır.

VI – DC/DC DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

- **Tersleyen (Inv.) Regülatör;**
- Tersleyen regülatör aslında azaltan ve arttıran regülatörlerin birleşiminden oluşan ve çıkış gerilimi girişe göre ters olan bir regülatör türüdür. Şekil-6.34'de görülen devrede ters çıkış gerilimi V_s 'in altında veya üstünde olabilir.



- Şekil-6.34’de görülen tersleyen (inv.) regülatör devresinin yine en önemli özelliği, kontrol devresine güç devresi çıkışından bir voltaj geri beslemesi yapılmış olmasıdır.
- Zaten bu sayede devre regülatör (sabitleyici) özelliğini kazanmaktadır. Çıkış gerilimi istenen seviyeden yükselmek istediğinde geri besleme sayesinde kontrol devresi uyarılarak PWM kare dalganın etkin periyodu daraltılmakta, tersi durumda da genişletilmekte ve çıkış gerilimi hep istenen değerde sabit tutulmaktadır.
- Devrenin dalga şekilleri ve hesaplamaları arttıran tip kırıyıcıyla benzerdir (**V_s** yerine **k.V_s**).

ÖDEV-13

- 13.1) 220V-50Hz şebekede, 10kHz frekanslı ve %70 etkin peryotlu PWM ile çalıştırılan ve 6Ω rezistif bir yükü besleyen A sınıfı DC 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.
- 13.2) 50Vdc şebekede, 10kHz frekanslı ve %60 etkin peryotlu PWM ile çalıştırılan ve 4Ω rezistif bir yükü besleyen B sınıfı DC 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.