

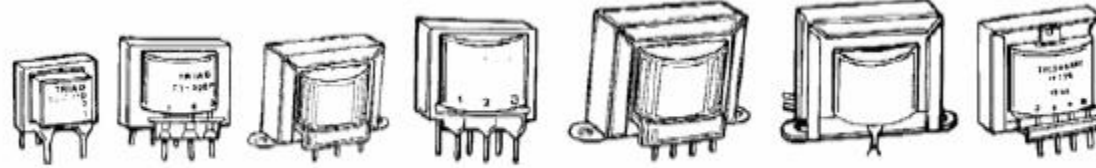
TRANSFORMATÖRLER



Transformatörler, kayıpları en az elektrik makineleridir. Transformatör; silisyumlu özel sacdan yapılmış gövde (karkas) üzerine sarılan iletken sargılardan oluşur. Transformatör karkası üzerine genellikle iki ayrı sargı sarılır. Bu sargılara primer ve sekonder adı verilir. Primer giriş, sekonder çıkış sargısı olarak kullanılır. Sargıların sarım sayısı spir olarak adlandırılır. Transformatörün primer sargılarından uygulanan AC gerilim, sekonder sargısından alınır.

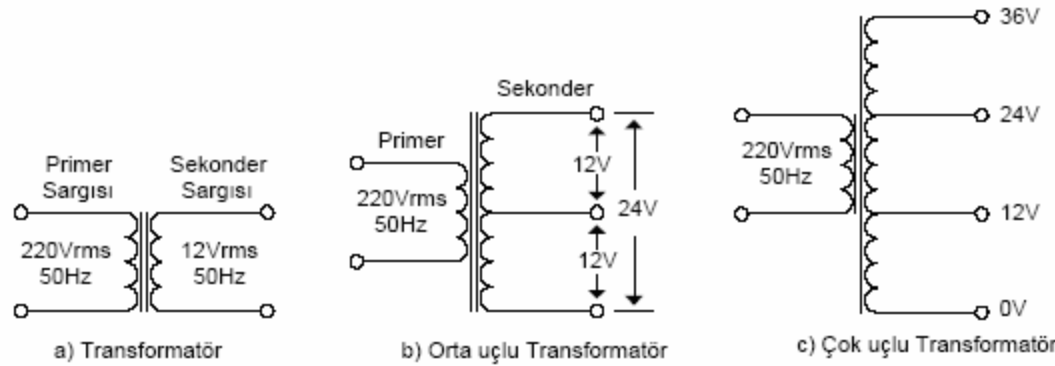
Şehir şebeke gerilimi genellikle 220Vrms/50Hz'dir. Bu gerilim değerini belirlenen veya istenilen bir AC gerilim değerine dönüştürülmesinde genellikle transformatörler kullanılır. Transformatörlerin sekonder ve primer sargıları arasında fiziksel bir bağlantı olmadığından, kullanıcıyı şehir şebekesinden yalıtırlar. Bu durumda güvenlik için önemli bir avantajdır.

Sekonder sargısından alınan AC işaretin, gücü ve gerilim değeri tamamen kullanılan transformatörün sarım sayılarına ve karkas çapına bağlıdır. Üreticiler ihtiyaca uygun olarak çok farklı tip ve modelde transformatör üretimi yaparlar. Şekil-3.2'de örnek olarak bazı alçak güçlü transformatörler görülmektedir.



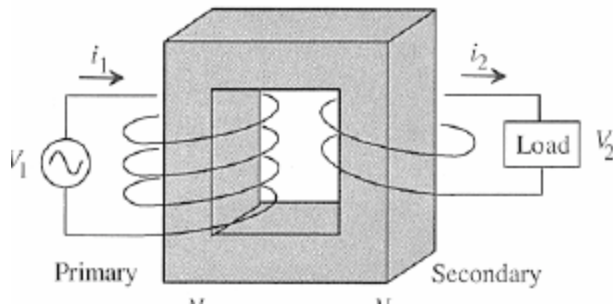
Şekil-3.2 Farklı model ve tipte transformatörler

Transformatörlerin primer ve sekonder gerilimleri ve güçleri üzerlerinde etkin değer (rms) olarak belirtilir. Primer sargıları genellikle 220Vrms/50Hz, sekonderler sargıları ise farklı gerilim değerlerinde üretilerek kullanıcıya sunulurlar. Şekil-3.3'de farklı sargılara sahip transformatörlerin sembolleri ve gerilim değerleri gösterilmiştir.



Şekil-3.3 Farklı tip ve modelde Transformator sembolleri ve uç bağlantıları

Üç uçlu transformatorler doğrultucu tasarımında tasarruf sağlarlar. Transformator seçiminde; primer ve sekonder gerilimleri ile birlikte transformatorün gücüne de dikkat edilmelidir. Güç kaynağında kullanılacak transformatorün toplam gücü; trafo üzerinde ve diğer devre elemanlarında harcanan güç ile yükte harcanan gücün toplamı kadardır. Transformator her durumda istenen akımı vermelidir. Fakat bir transformatörden uzun süre yüksek akım çekilirse, çekirdeğin doyma bölgesine girme tehlikesi vardır. Bu nedenle transformator hem harcanacak güce, hem de çıkış akımına göre toleranslı seçilmelidir.



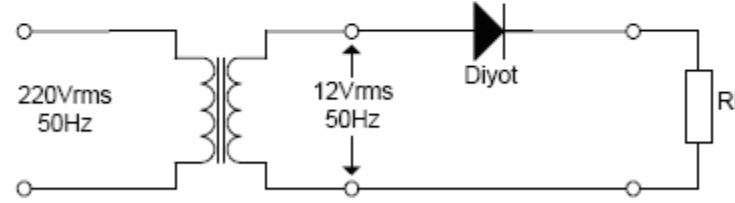
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{i_{in}}{i_{out}} = \frac{N_{out}}{N_{in}} \Rightarrow P_{out} = V_{out}i_{out} = V_{in}i_{in} = P_{in}$$

Görüldüğü gibi, ideal bir transformatorde güç kaybı yoktur



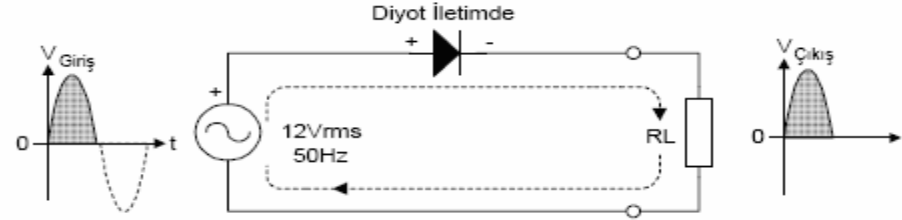
YARIM DALGA DOĞRULTMAÇ

Şehir şebekesinden alınan ve bir transformatör yardımıyla değeri istenilen seviyeye ayarlanan AC gerilimi, DC gerilime dönüştürmek için en basit yöntem yarım dalga doğrultmaç devresi kullanmaktır. Tipik bir yarım dalga doğrultmaç devresi şekil-3.4'de verilmiştir. Şehir şebekesinden alınan 220Vrms değere sahip AC gerilim bir transformatör yardımıyla 12Vrms değerine düşürülmüştür.



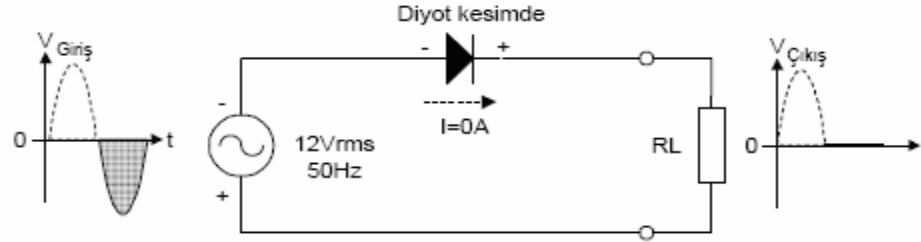
Şekil-3.4 Yarım Dalga Doğrultmaç Devresi

Devrenin çalışmasını ayrıntılı olarak incelemek üzere şekil-3.5'den yararlanılacaktır. Yarım dalga doğrultmaç devresine uygulanan giriş işareti sinüsoydaldır ve zamana bağlı olarak yön değiştirmektedir. Devrede kullanılan diyodu ideal bir diyot olarak düşünelim. Giriş işaretinin pozitif alternansında; diyot doğru polarmalanmıştır. Dolayısıyla iletkenidir. Üzerinden akım akmasına izin verir. pozitif alternans yük üzerinde oluşur. Bu durum şekil-3.5.a üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



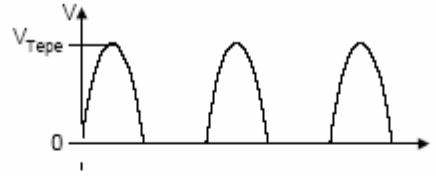
Şekil-3.5.a Giriş işaretinin pozitif alternansında devrenin çalışması

Giriş işaretinin frekansına bağlı olarak bir süre sonra diyodun anoduna negatif alternans uygulanacaktır. Dolayısıyla giriş işaretinin negatif alternansında diyot yalıtımdadır. Çünkü ters yönde polarlanmış ve üzerinden akım akmasına izin vermez. Açık devredir. Dolayısı ile çıkış işareti 0V değerinde olur. Bu durum şekil-3.5.b üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil-3.5.b Giriş işaretinin negatif alternansında devrenin çalışması

Yarım dalga doğrultmaç devresinin çıkışında elde edilen işaretin dalga biçimi şekil-3.6'da ayrıntılı olarak verilmiştir. Yarım dalga doğrultmaç devresinin çıkışından alınan işaret artık AC bir işaret değildir. Çünkü çıkış işareti, negatif alternansları içermez. Doğrultmaç çıkışından sadece pozitif saykılar alınmaktadır. Çıkış işareti bu nedenle DC işarete de benzememektedir ve dalgalıdır. Bu durum istenmez. Gerçekte doğrultmaç çıkışından tam bir DC veya DC gerilime yakın bir işaret alınmalıdır.

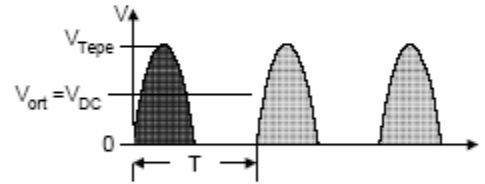


Şekil-3.6 Yarım dalga doğrultmaç devresinin çıkış dalga biçimleri

Yarım dalga doğrultmaç devresinin çıkışından alınan işaretin DC değeri önemlidir. Bu değeri ölçmek için çıkış yüküne (RL) paralel bir DC voltmetre bağladığımızda şekil-3.6'daki işaretin ortalama değerini ölçeriz. Yarım dalga doğrultmaç devresinin girişine uyguladığımız işaret 12Vrms değerine sahipti. Bu işaretin tepe değeri ise;

$$V_{Tepe} = \sqrt{2} \cdot 12V \cong 17V$$

civarındadır. O halde çıkış işaretinin alacağı dalga biçimi ve ortalama değeri şekil-3.7 üzerinde gösterelim.



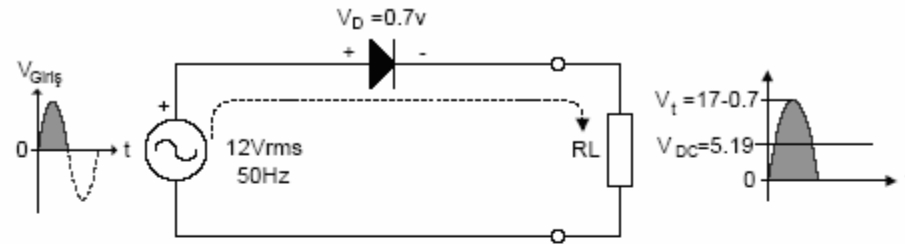
Şekil-3.7 Yarım dalga doğrultmaç devresinde çıkış işaretinin ortalama değeri

Tam bir periyot için çıkış işaretinin ortalama değeri;



$$V_{Ort} = \frac{V_t}{\Pi} = \frac{17V}{3.14} = 5.4 \text{ volt}$$

olarak bulunur. Yukarıda belirtilen değerler gerçekte ideal bir diyot içindir. Pratikte 1N4007 tip kodlu silisyum bir diyot kullandığımızı düşünelim. Bu durumda çıkış işaretinin dalga biçimi ve alacağı değerleri bulalım.



Şekil-3.8 Pratik Yarım Dalga doğrultmaç devresi

Çıkış işaretinin alacağı tepe değer;

$$V_{Tepe} = 17V - 0.7V = 16.3V$$

Dolayısı ile çıkışa bağlanacak DC voltmetrede okunacak ortalama değer (veya DC değer);

$$V_{Ort} = \frac{V_t}{\Pi} = \frac{16.3V}{3.14} = 5.19 \text{ volt}$$

olarak elde edilir.



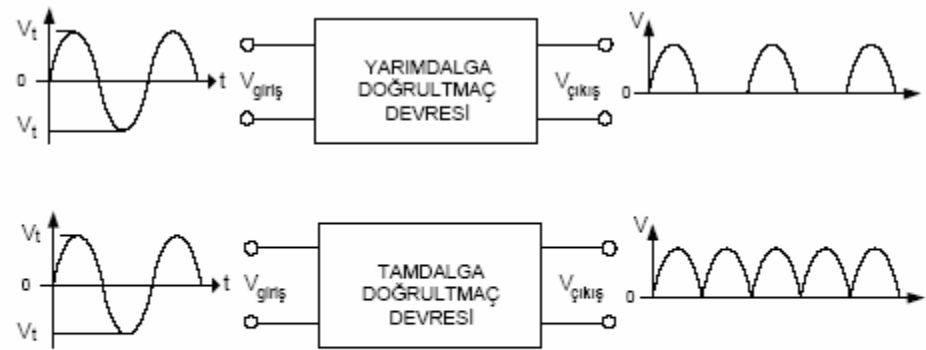
2.2 TAM DALGA DOĞRULTMAÇ

Basit ve ekonomik DC güç kaynaklarının yapımında yarım dalga doğrultmaç devreleri kullanılır. Profesyonel ve kaliteli DC güç kaynaklarının yapımında ise tam dalga doğrultmaç devreleri kullanılır. Tam dalga doğrultmaç devreleri; orta uçlu ve köprü tipi olmak üzere iki ayrı tipte tasarlanabilir.

Bu bölümü bitirdiğinizde; aşağıda belirtilen konular hakkında ayrıntılı bilgiler elde edeceksiniz.

- *Yarım dalga doğrultmaç ile tam dalga doğrultmaç arasındaki farklar.*
- *Tam dalga doğrultmaç devresinde elde edilen çıkış işaretinin analizi*
- *Orta uçlu tam dalga doğrultmaç devresinin analizi*
- *Köprü tipi tam dalga doğrultmaç devresinin analizi*

Bir önceki bölümde yarım dalga doğrultmaç devresini incelemiştik. Yarım dalga doğrultmaç devresinde şehir şebekesinden alınan sinüsoydal işaretin sadece tek bir alternansında doğrultma işlemi yapılıyor, diğer alternans ise kullanılmıyordu. Dolayısıyla yarım dalga doğrultmacın çıkışından alınan gerilimin ortalama değeri oldukça küçüktür. Bu ekonomik bir çözüm değildir. Tam dalga doğrultmaç devresinde ise doğrultma işlemi, şebekenin her iki alternansında gerçekleştirilir. Dolayısıyla çıkış gerilimi daha büyük değerdedir ve DC'ye daha yakındır. Bu durum şekil-3.9 üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil-3.9 Yarım dalga ve tamdalga doğrultmaç devresinde çıkış dalga biçimleri

Tamdalgı doğrultmaç devresinde çıkış işaretinin alacağı DC değeri aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$V_{Ortalama} = \frac{2V_t}{\pi}$$

örneğin tamdalga doğrultmaç girişine 17V tepe değerine sahip sinüsoyda bir işaret uygulanmışsa bu durumda çıkış işaretinin alacağı değeri;

$$V_{Ortalama} = \frac{2 \cdot (17V)}{3.14} = 10.8 \text{ volt}$$

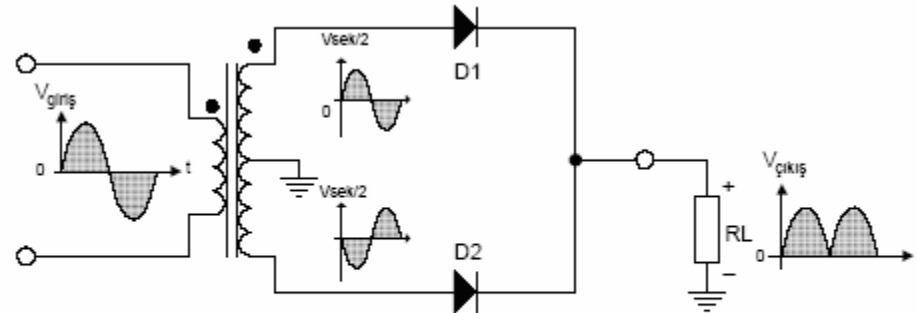
olarak elde edilir. Bu durum bize tamdalga doğrultmaç devresinin daha avantajlı olduğunu kanıtlar.

TAMDALGA DOĞRULTMAÇ DEVRESİ



Tamdalgı doğrultmaç devresi şekil-3.10'da görölmektedir. Bu devre orta uçlu bir transformatör ve 2 diyot kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Transformatörün primer sargılarına uygulanan şebeke gerilimi, transformatörün sekonder sargılarında tekrar elde edilmiştir. Sekonderde elde edilen geriliminin değeri transformatör dönüştürme oranına bağılıdır.

Transformatörün sekonder sargısı şekilde görüldüğü gibi üç uçludur ve orta ucu referans olarak alınmıştır. Sekonder sargısının orta ucu referans (şase) olarak alındığında sekonder sargıları üzerinde oluşan gerilimin dalga biçimleri ve yönleri şekil-3.10 üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

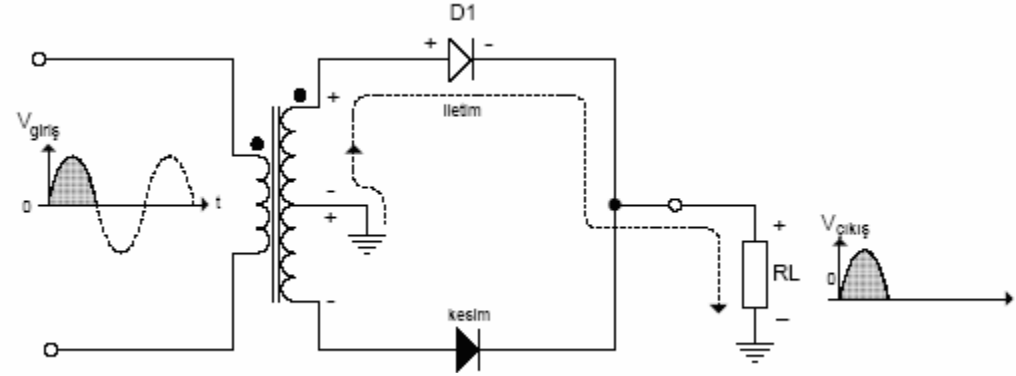


Şekil-3.10 Orta uçlu tamdalga doğrultmaç devresi



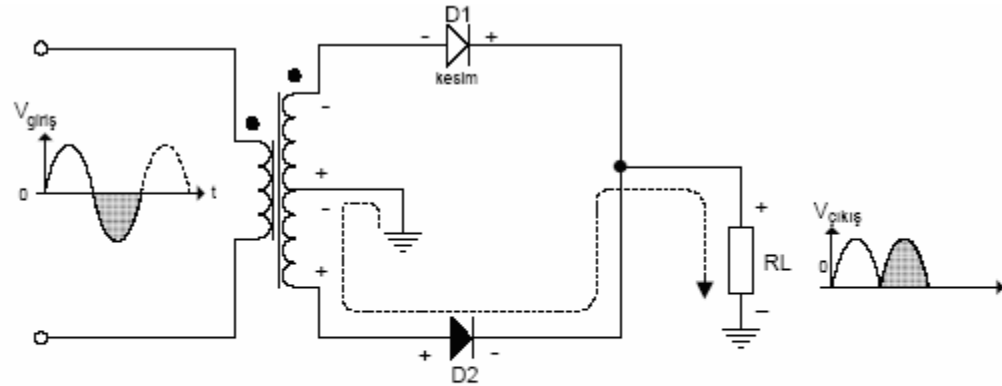
Orta uçlu tamdalga doğrultmaç devresinin incelenmesi için en iyi yöntem şebeke geriliminin her bir alternansı için devreyi analiz etmektir. Orta uç referans olarak alınır, sekonder gerilimi iki ayrı değere ($V_{sek}/2$) dönüştürülmüştür. Örneğin; $V_{giriş}$ işaretinin pozitif alternansında, transformatörün sekonder sargısının üst ucunda pozitif bir gerilim oluşacaktır.

Bu durumda, D1 diyodu doğru polarmalandırılmış olur. Akım devresini; trafonun üst ucu, D1 diyodu ve RL yük direnci üzerinden transformatörün orta ucunda tamamlar. RL yük direnci üzerinde şekil-3.11'de belirtilen yönde pozitif alternans oluşur. Akım yönü ve akımın izlediği yol şekil üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil-3.11 Pozitif alternansta devrenin çalışması ve akım yolu

Şebekenin negatif alternansında; transformatörün sekonder sargılarında oluşan gerilim düşümü bir önceki durumun tam tersidir. Bu durumda şaseye göre; sekonder sargılarının üst ucunda negatif alternans, alt ucunda ise pozitif alternans oluşur. Bu durum şekil-3.12 üzerinde ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bu durumda D2 diyodu iletkin, D1 diyodu ise yalıtkandır. Akım devresini trafonun orta ucundan başlayarak D2 üzerinden ve RL yükü üzerinden geçerek tamamlar. Yük üzerinde şekil-3.12'de belirtilen dalga şekli oluşur. Akım yolu ve gerilim düşümleri şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil-3.12 Negatif alternansta devrenin çalışması ve akım yolu

Orta uçlu tamdalga doğrultmaç devresinde elde edilen çıkış işaretinin dalga biçimini tekrar ele alıp inceleyelim. Devrede kullanılan transformatörün sekonder sargılarının $2 \times 12V_{rms}$ değere sahip olduğunu kabul edelim. Bu durumda transformatörün sekonder sargılarında elde edilen işaretin tepe değeri;

$$V_{Tepe} = \sqrt{2} \cdot V_{rms} \Rightarrow 1.41 \cdot 12V = 16.9 \text{ volt}$$

olur. Devrede kullanılan diyotlar ideal olamaz. Silisyum diyot kullanılacaktır. Bu nedenle diyot üzerinde $0.7V$ gerilim düşümü meydana gelir. Bu durumda RL yük direnci üzerinde düşen çıkış geriliminin tepe değeri;

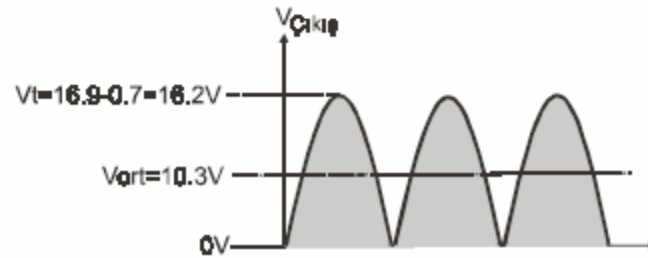


$$V_{Tepc} = 16.9V - 0.7 = 16.2 \text{ volt}$$

olacaktır. Çıkışta elde edilen işaretin DC değeri ise devreye bir DC voltmetre bağlanarak ölçülebilir. Bu değer çıkış işaretinin ortalama değeridir ve aşağıdaki formülle bulunur.

$$V_{Ortalama} = \frac{2(V_{Tepc} - V_D)}{\pi} = \frac{2(16.9 - 0.7)}{3.14} = 10.3 \text{ volt}$$

çıkış işaretinin dalga biçimi ve özellikleri şekil-3.13 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil-3.13 Çıkış dalga biçiminin analizi

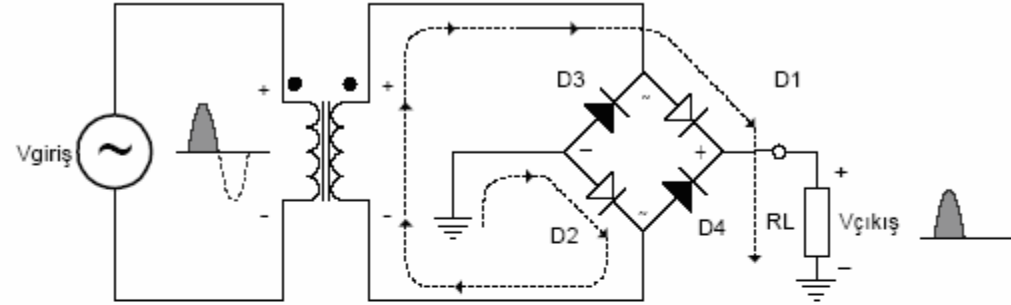
KÖPRÜ TİPİ TAMDALGA DOĞRULTMAÇ

Tamdalga doğrultmaç devresi tasarımında diğer bir alternatif ise köprü tipi tamdalga doğrultmaç devresidir. Köprü tipi tamdalga doğrultmaç devresi 4 adet diyot kullanılarak gerçekleştirilir. Şehir şebekesinden alınan 220Vrms/50Hz değere sahip sinüsoydal gerilim bir transformatör kullanılarak istenilen değere dönüştürülür.



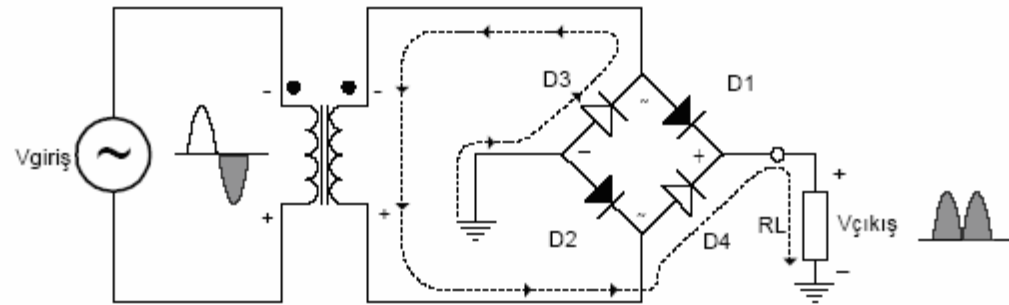
Transformatörün sekonderinden alınan gerilim doğrultularak çıkıştaki yük (RL) üzerine aktarılır. Doğrultma işleminin nasıl yapıldığı şekil-3.14 ve şekil-3.15 yardımıyla anlatılacaktır.

Şehir şebekesinin pozitif alternansında; transformatörün sekonder sargısının üst ucunda pozitif alternans oluşur. D1 ve D2 diyodu doğru yönde polarmalandığı için akım devresini D1 diyodu, RL yük direnci ve D2 diyodundan geçerek transformatörün alt ucunda tamamlar. RL yük direnci üzerinde pozitif alternans oluşur. Bu durum ve akım yönü şekil-3.14'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil-3.14 Pozitif alternansta tamdalga doğrultmaç devresinin davranışı

Şebekenin negatif alternansında; bu defa transformatörün alt ucuna pozitif alternans oluşacaktır. Bu durumda D3 ve D4 diyotları doğru yönde polarmalanır ve ilettime geçerler. Akım devresini; D4 diyodu, RL yük direnci ve D3 diyodu üzerinden geçerek transformatörün üst ucunda tamamlar ve RL yük direnci üzerinde pozitif alternans oluşur. Bu durum ayrıntılı olarak şekil-3.15 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil-3.15 Negatif alternansta tamdalga doğrultmaç devresinin davranışı

Tamdalga doğrultmaç devresinde çıkış işaretinin aldığı DC değer hesaplanmalıdır. Örneğin transformatörün sekonder gerilimi 12Vrms (etkin) değere sahip ise bu gerilimin tepe değeri;

$$V_{Tepe} = \sqrt{2} \cdot V_{rms} \Rightarrow 1.41 \cdot 12V = 16.9 \text{ volt}$$

değerine eşit olur. Doğrultma işleminde tek bir alternans için iki adet diyot iletkendiğinde diyotlar üzerinde düşen öngerilimler dikkate alındığında RL yük direnci üzerinde oluşan çıkış gerilimin tepe değeri;

$$V_{ÇıkışTe} = V_{Tepe} - (VD1 + VD2)$$

$$V_{Çıkış(Tepe)} = 16.9 - (0.7 + 0.7) = 15.4 \text{ volt}$$



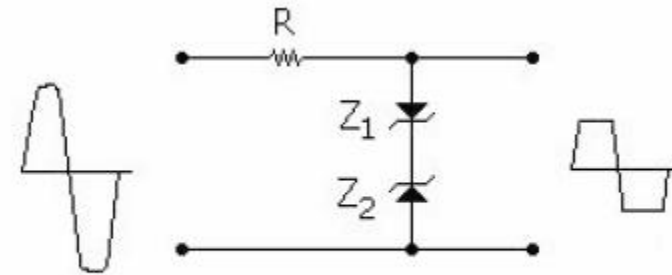
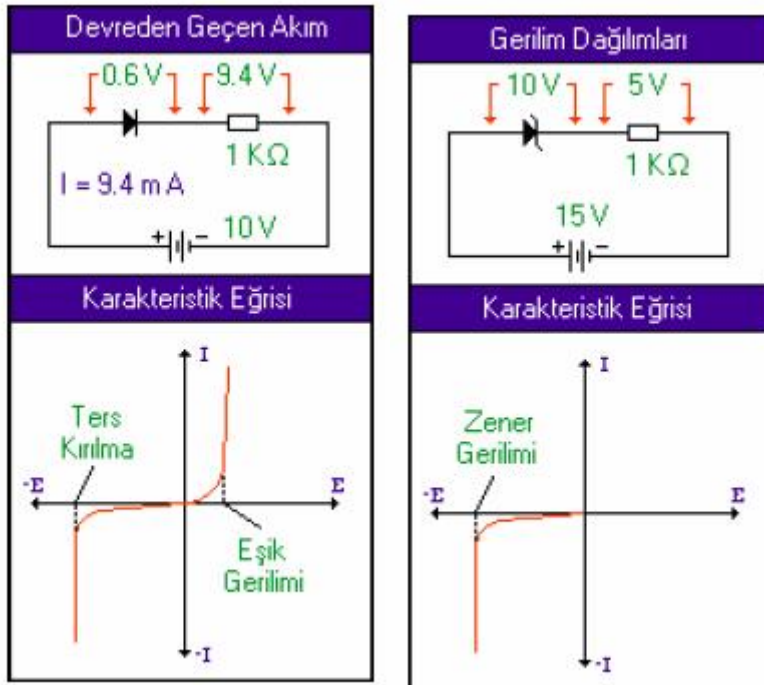
değerine sahip olur. Bu durum şekil-3.16 üzerinde gösterilmiştir. Tamdalga doğrultmaç devresinde çıkış işaretinin alacağı ortalama veya DC değeri ise;

$$V_{Ortalama} = V_{DC} = \frac{2V_{Çıkı (Tepe)}}{\pi} = \frac{2(15.4)}{3.14} = 9.8 \text{ volt}$$

$$V_{Çıkı (Tepe)} = [16.9 - 1.4] = 15.4 \text{ v}$$

$$V_{Ortalama} = V_{DC} = \frac{2[V_{Çıkı (Tepe)}]}{\pi} = \frac{2[15.4]}{3.14} = 9.8 \text{ v}$$

Şekil-3.16 Köprü tipi tamdalga doğrultmaç devresinde çıkış işaretinin analizi



Şekil 3.15 - İki zener diyotlu tam dalga kırpma devresi