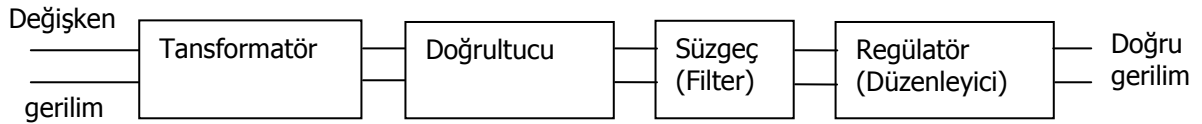




DOĞRULTUCULAR

1. Giriş

Günümüzde bilgisayarlar başta olmak üzere birçok elektronik cihazı doğru akımla çalıştığı bilinen bir gerçektir. Pil ve akümülatör gibi doğru akım kaynakları hem pahalıdır hem de uzun ömürlü değildirler. Bu durumda dış dünyada rahatça bulunabilen değişken (alternetive) akımın bu tür cihazlarda kullanılabilmesi için önce doğru akıma çevrilmesi, daha sonra cihaza uygulanması gerekmektedir. Bu çevirme işlemi için aşağıdaki düzenek kullanılabilir. Böyle bir düzeneğe güç kaynağı (Power Supply) denir.



Şekil 1. Güç kaynağı düzeneği

Değişken gerilim transformatörle istenilen seviyeye dönüştürüldükten sonra doğrultucu devre ile doğrultulur. Süzgeç ise bu doğrultulmuş işarettaki dalgalılığı azaltır. Çoğu zaman kararlılığı ve düzenliliği (Regulation) düzeltmek ve çıkış gerilimindeki dalgalılığı çok daha iyileştirmek için düzenleyici katı kullanılır. Düzenlilik aşağıdaki gibi ifade edilebilir,

$$\text{Düzenlilik} = \frac{\left(V_{\text{çıkış(yük yokken)}} - V_{\text{çıkış(yük varken)}} \right)}{V_{\text{çıkış(yük varken)}}}$$

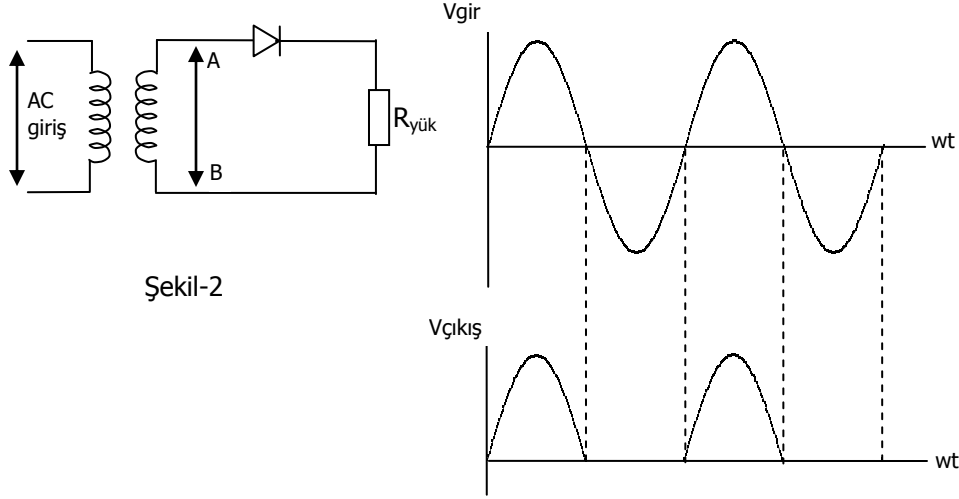
Doğrultma, ortalama değeri sıfır olan işarettan ortalama değeri sıfırdan farklı bir işaret elde etmek şeklinde tanımlanır.

Doğrultucular tüp, yarıiletken diyotlar veya tristörler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bugün için tüplü doğrultucular yapmak söz konusu değildir. Bu deneyde yarıiletken diyotlar kullanılarak yapılan doğrultma devreleri incelenecektir.

Doğrultucular yarım dalga ve tam dalga doğrultucular olmak üzere ikiye ayrılır. Doğrultucuda kullanılacak olan diyottan akan akımın tepe değerinin, müsaade edilen en yüksek değeri (IFM) aşmamasına ve diyotun uçlarına tıkama yönünde gelen gerilimin ani değerinin diyotun ters tepe geriliminden (VRM) büyük olmamasına dikkat edilmelidir.

2. Yarım Dalga Doğrultucular

Yarım dalga doğrultucu devresi Şekil 2'de verilmiştir. Devredeki transformatör şebeke gerilimini istenilen değere düşürmek için kullanılmıştır. Ryük yerine doğrultucunun beslediği herhangi bir devre olabilir. Burada devrenin çalışmasını daha rahat anlamak için basit bir direnç kullanılmıştır. Devredeki diyotun ideal olduğunu düşünürsek devre iyice basitleşir. Pozitif alternansta A ucu B ucuna göre daha pozitif olduğundan diyot iletim yönünde kutuplanır ve $V_{giriş}=V_{yük}$ olur. Negatif alternansta ise diyot tıkamaya girer ve açık bir anahtar gibi davranır; bu durumda $V_{yük}=0$ olur.



Şekil-2

Şekil 2. Yarım dalga doğrultucu

Şekilde ayrıca giriş ve çıkış gerilimlerine ilişkin dalga şekilleri verilmiştir. Görüldüğü gibi çıkış gerilimi zamanla değişmekle beraber devamlı pozitifdir, yani doğrultulmuştur. Böyle bir doğrultucu sınırlı uygulama yeri bulur. Çünkü çıkış gerilimi doğrultulmuş olmasına mukabil en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki değer fazla ve bazen de sıfır olabilmektedir. Bundan dolayı ileride bu devre iyileştirilmeye çalışılacaktır. Bu devre için:

$$V_{giriş} = V_m \sin \omega t \quad V_{yük} = \begin{cases} V_{giriş} & 0 < \omega t < \pi \\ 0 & \pi < \omega t < 2\pi \end{cases} \quad I_{yük} = \begin{cases} I_{yükm} & 0 < \omega t < \pi \\ 0 & \pi < \omega t < 2\pi \end{cases}$$

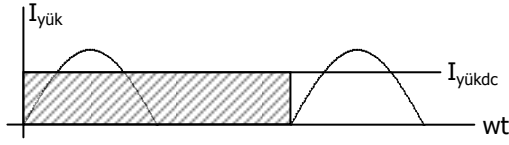
yazılabilir. Şayet transformatörü ve diyotu ideal düşünmezsek, trafo sekonderinin sargı direnci R_t , diyotun geçirme yönü direnci R_f ise,

$$I_{yükm} = \frac{V_m}{R_f + R_t + R_{yük}}$$

olur. Yük akımının ortalama değeri veya diğer bir deyişle yük akımının doğru bileşeni:

$$I_{yükdc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_{yük} d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_{yükm} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{I_{yükm}}{\pi}$$

Iyükdc'nin tanımı göz önüne alınırsa, Şekil 3'teki taralı alanın bir alternansının altında kalan alana eşit olduğu anlaşılır.



Şekil 3. Tam dalga doğrultucu

Yük akımının etkin (effective) değeri hesaplanırsa,

$$I_{yüketkin} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_{yük}^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)}$$

bulunur. Yarım dalga doğrultucunun çıkış geriliminin doğrultulmuş olmasına mukabil çok dalgalı olduğu görülür. Gerilim bazen en yüksek (maksimum) bazen de sıfır olmaktadır. Tabiatıyla doğru gerilim kaynağında bu şekilde dalgalanma istenmez. İleride bazı düzenlemelerle bu dalgalanmayı azaltma yoluna gidilecektir. Yalnız bu dalgalanmaya bir ölçüt olmak üzere d dalgalılık katsayısı denilen bir katsayı tanımlanır:

$$d = \frac{\text{Çıkıştaki alternatif bileşenlerin etkin değeri}}{\text{Çıkıştaki d.c. bileşen}}$$

Çıkışta bağlanan yükün omik olması halinde;

$$d = \frac{I'_{yüketkin}}{I_{yükdc}} = \frac{V'_{çıkışetkin}}{V_{çıkışdc}}$$

yazılabilir. Şimdi yarım dalga doğrultucu için d'yi hesaplayalım. Çıkış akımının değişken bileşeni:

$$I'_{yük} = I_{yük} - I_{yükdc}$$

I'yüketkin'i yukardaki eşitliği kullanarak hesaplarsak:

$$I'_{yüketkin} = \sqrt{I_{yüketkin}^2 - I_{yükdc}^2}$$

elde edilir. Öyleyse dalgalılık katsayısı:

$$d = I'_{yüketkin} / I_{yükdc} = \sqrt{(I_{yüketkin} / I_{yükdc})^2 - 1}$$

Elde edilen d'nin dalga şekline ve doğrultucu tipine bağlı olmadığına dikkat ediniz. Sinüs girişli yarım dalga doğrultucu için son ifadede

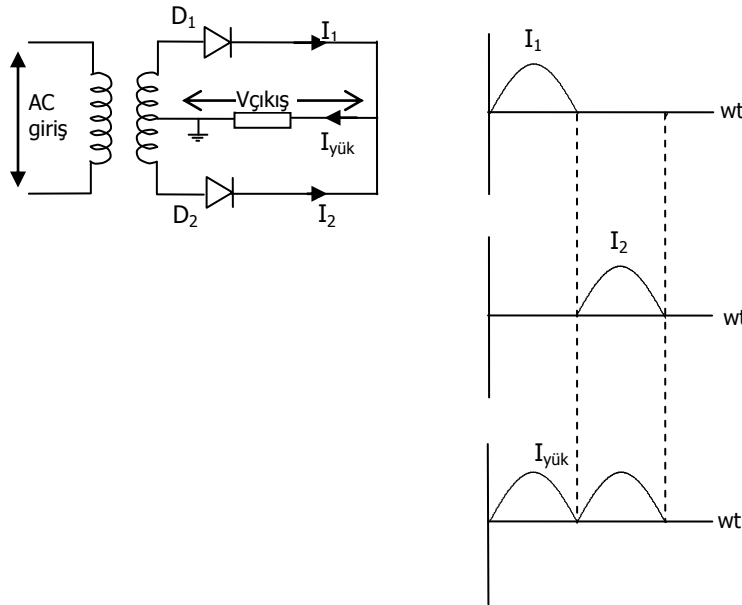
$$I_{yüketkin} = \frac{I_{yükm}}{2} \text{ ve } I_{yükdc} = \frac{I_{yükm}}{\pi} \text{ koyarsak,}$$

$$d = \sqrt{(\pi/2)^2 - 1} = 1.21$$

Yarım dalga doğrultucuda çıkıştaki değişken bileşenlerin etkin değeri dc bileşenden daha büyüktür. Bu sebeple az sonra ele alınacak devrelere göre yarım dalga doğrultucu kötü bir doğrultma devresidir.

3. Tam Dalga Doğrultucular

Yarım dalga doğrultucuda negatif alternanslar tamamen atılıyordu. Şekil 4'te verilen tam dalga doğrultucuda ise negatif alternanslar da doğrultulmaktadır.



Şekil 4. Tam dalga doğrultucu

Görüldüğü gibi devrede iki tane diyot kullanılmıştır. Gidiş işaretlerinin pozitif alternanslarında D1 diyotu iletimde ve D2 kesimde, negatif alternanslarda D1 tıkalı ve D2 kesimdedir. Trafonun ikincil (secondary) sargısının orta ucu şekilde görüldüğü gibi topraklanmıştır.

Bu doğrultucu için $I_{yük}$ 'ün ortalama değerini hesaplariken ikinci yarı periyottaki pozitif alternans da hesaba katılacaktır. Bu durumda ortalama değer ve etkin değer formülleri kullanılarak,

$$I_{yükdc} = \frac{2I_{yükm}}{\pi} \quad I_{yüketkin} = \frac{I_{yükm}}{\sqrt{2}}$$

ve dalgalılık katsayısının ifadesinde yukarıdaki eşitlikleri yerine koyduğumuzda $d=0.483$ çıkar.

Görülüyor ki tam dalga doğrultucuda dalgalılık katsayısı yarım dalga doğrultucudaki dalgalılık katsayısına göre mühim ölçüde azalmıştır.

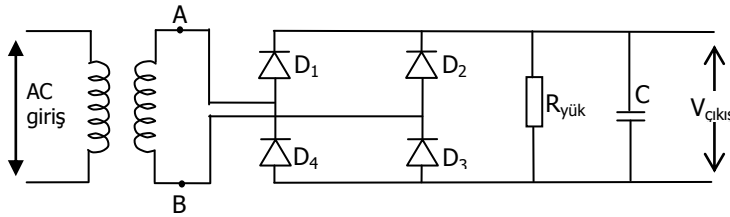
Bu devrede trafonun özel sarılmış olması gerekmektedir. Çünkü transformatörün orta ucu vardır. Şekil 4'teki devre yerine orta uçlu trafo gerektirmeyen, buna mukabil iki diyot fazla kullanan bir başka devre vardır.

Şekil 5'te verilen devre de tam dalga doğrultucu devredir. Greatz montajı diye isimlendirilir. Bu devrede A, B ucuna göre pozitifken D1, D3; B ucu A ucuna göre pozitifken D2, D4 diyotları iletimdedir. Çıkış akımı dalga şekli biraz düşünüldüğünde anlaşılacağı gibi Şekil 4'teki devrenin çıkış akımı dalga şeklinin aynısıdır. Öyleyse Şekil 4'teki devre için hesaplanan bütün büyüklükler Greatz doğrultucu devresi için de geçerlidir.

Dalgalılık katsayısı 0.482 olan doğrultucu devreleri dc besleme isteyen pek çok cihaz için kabul edilebilir olmaktan uzaktır. Dalgalılık katsayısını küçültmek istediğimizde yapacağımız iş süzgeçler kullanmaktır. Süzgeçte şu şekilde bir matematiksel yaklaşım izleyebiliriz:

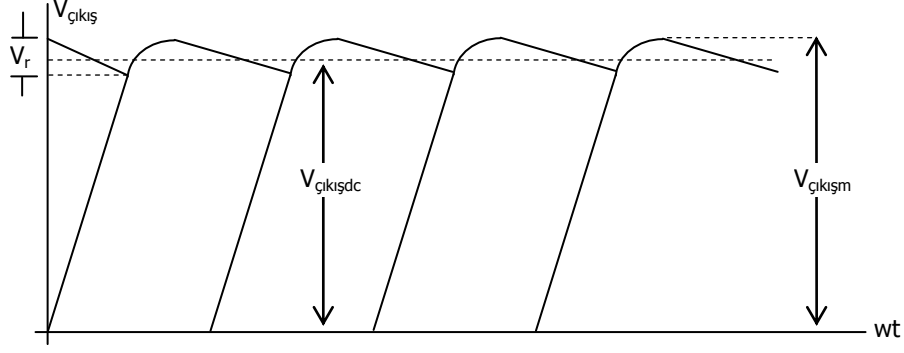
Dalgalılık katsayısının küçültülmesi için çıkıştaki değişken bileşenleri azaltmaktan başka yol yoktur. Değişken bileşenleri azaltmanın bir yolu bunları yükten değil de başka bir yoldan akıtmaktır. Bu, en basit olarak bir kondansatör kullanarak yapılabilir. Şekil 5'teki Ryük'e paralel bağlanan kondansatör bu işlevi yerine getirir. Şimdi bu devre için dalgalılık katsayısının ne olacağını araştıralım.

Kondansatörün tanım denklemi göz önüne alınırsa dc bileşenin buradan geçmeyeceği anlaşılır. Fakat çıkışın değişken bileşenleri için $1/\omega C$ reaktansını gösterir. ω ve C büyüdükçe bu reaktansın küçüleceği aşikardır. C'yi sonsuz alırsak dalgalılık katsayısının sıfır olacağı açıktır. Tabii bu ideal durumu uygulamada gerçekleştirmek mümkün değildir.



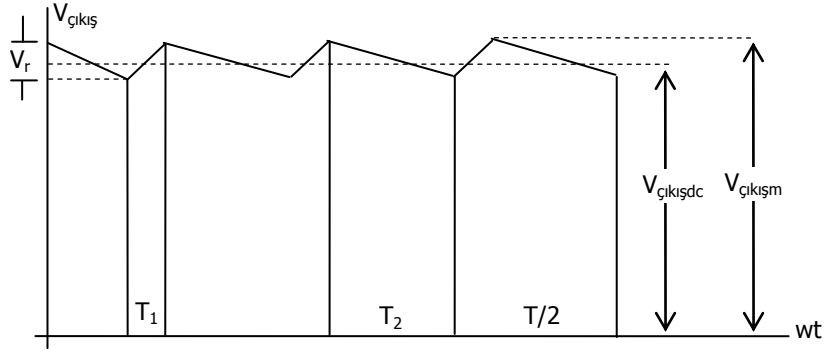
Şekil 5. Greatz montajı

Şekil 6'da bu doğrultucunun çıkış gerilimi çizilmiştir. Çıkışta gerilim Vçıkışın en yüksek değerini aldığı anda yüke paralel bağlanmış olan kondansatör de bu gerilimle dolar. Sonra gerilim azalırken Vçıkış ile dolmuş olan C, Ryük üzerinden boşalmaya başlar. Bu boşalmanın zaman sabiti C.Ryük'tür. Bu zaman sabiti ile kondansatör boşalmaya devam ederken çıkıştaki gerilimin yeniden yükselmesiyle kondansatör yeniden dolar ve olay sürüp gider. Dolayısıyla çıkışta görülen gerilim VO ile işaretlenmiş olan gerilimdir. Artık gerilim hiçbir zaman sıfır olmamaktadır ve dalgalanmanın çok azaldığı görülmektedir. Biraz düşünmekle anlaşılacağı gibi C'nin büyük olduğu oranda Vr gerilimi küçülür.



Şekil 6. Greatz montajı çıkış gerilimi

Yukarıdaki dalga şekli için dalgalılık katsayısının hesaplanması güçtür. Hesapları basitleştirmek için Şekil 6'daki dalga şeklini Şekil 7'de verildiği gibi yaklaşık olarak ele alalım.



Şekil 7. Greatz montajı düzenlenmiş çıkış gerilimi

Şekil 7'den,

$$V_{\text{çıkışdc}} = V_{\text{çıkışm}} - \frac{V_r}{2}$$

VO alternatif geriliminin efektif değeri hesaplanırsa (üçgen dalga olduğu göz önüne alınarak)

$$V_{\text{Oeff}} = \frac{V_r}{2\sqrt{3}}$$

bulunur. $T_1 \ll T_2$ olduğunu kabul ederek

$$T_2 = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f}$$

alalım. Burada f , girişe uygulanan işaretin frekansdır. T_2 aralığında boşalmakta olan kondansatör için $Q=C.V$; $dQ = idt$ bağıntılarını kullanarak

$$V_r = \frac{I_{yükdc} \cdot T_2}{C} = \frac{I_{yükdc}}{2fC}$$

Yazabiliriz. O halde dalgalılık katsayısı,

$$d = \frac{V_{Oeff}}{V_{yükdc}} = \frac{I_{yükdc}}{4\sqrt{3} \cdot f \cdot C \cdot V_{yükdc}} = \frac{1}{4\sqrt{3} \cdot f \cdot C \cdot R_{yük}}$$

olarak bulunur.

$$V_{yükdc} = V_{çıkışm} - \frac{I_{yükdc}}{4 \cdot f \cdot C}$$

olduğuna dikkat ediniz. Kondansatör filtre en çok kullanılan filtre şeklidir. Bununla birlikte daha karmaşık pek çok filtre çeşidi vardır. Konuyu fazla genişletmemek için bunlara değinmiyoruz.

4. Deney Hazırlığı

1. Alternatif ve doğru akım nedir?
2. Doğrultma işlemi nedir ve ne tür özellikteki elemanlarla gerçekleştirilebilir?
3. Yarım dalga doğrultucu, tam dalga doğrultucu ve köprü diyotlu doğrultucu devrelerini inceleyiniz.
4. Doğrultma devrelerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını açıklayınız.
5. Bir doğrultma devresinin çıkışındaki kondansatör ne amaçla kullanılmaktadır, araştırınız.
6. Dalgalılık katsayısı ile kondansatörün sığası arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

5. Deney Tasarımı ve Uygulaması

1. Verilen trafoyu kullanarak tek yollu bir doğrultucu devresi kurunuz (Şekil 2). Ryük yük direnci $10k\Omega$ 'dur. Çıkışı ve girişi çift kanallı bir osiloskoptan yararlanarak inceleyiniz.
2. Şekil-4'de verilen çift yollu doğrultucu devresini kurunuz. Ryük= $10k\Omega$ 'dur. Giriş ve çıkış dalga şekillerini çiziniz.
Uyarı: 3., 4. ve 5. deneylerde girişi ve çıkışı çift kanallı osiloskopta aynı anda gözlemeyin.
3. Şekil 5'deki Greatz montajını kurunuz. Ryük= $10k\Omega$ olarak giriş ve çıkış dalga şekillerini çiziniz.
4. Ryük= $10k\Omega$, C= $10\mu F$ olarak Şekil 5'deki devreyi kurunuz. Giriş ve çıkış dalga şekillerini ölçekli olarak çiziniz. Sonra Ryük= $1k\Omega$ olarak dalga şekillerini yeniden çiziniz.
5. Ryük= $1k\Omega$ iken C= $200\mu F$ olarak giriş ve çıkış dalga şekillerini çiziniz. Dalgalanma gerilimini ölçünüz.

6. Deney Soruları

1. Deney 3, 4, 5 için dalgalılık katsayısını deney sonuçlarından yararlanarak hesaplayınız. Aynı katsayıları teorik olarak hesaplayıp deney sonuçları ile karşılaştırınız.
2. Transformatörlerin sekonder sargı dirençlerinin ve diyotların geçirme yönünde üzerlerine düşen gerilim düşümlerinin gözönüne alınması $V_{yükdc}$ gerilimini ve d katsayısını nasıl etkiler?
3. $V_{yükdc}=15V$ olan bir doğrultucu yapılmak isteniyor. Çıkışta izin verilen maksimum dalgalanma tepeden tepeye 50 mV 'dur. Yük direnci 100Ω 'dur. Şebeke gerilimi $220V$, frekansı 50Hz olduğuna göre C 'nin değerini hesaplayınız.

7. Deney Raporu

1. Konu ile ilgili vurgulanan önemli noktaları ve yorumları föyden bağımsız olarak kısaca açıklayınız.
2. Deneyin uygulama aşamasında osiloskopta gözlemlediğiniz çıkış işaretlerini ilgili devreleri de belirterek çiziniz.
3. Deneyde yaptığınız doğrultucular, şebeke gerilimi ve yük akımı değişimlerinde verimli çalışabilir mi? Nedenleriyle açıklayınız.
4. Deney esnasında sorulan soruları ve cevaplarınızı belirtiniz.