

DENEY 25

HARMONİK DİSTORSİYON VE FOURIER ANALİZİ

Amaçlar :

- Doğrusal olmayan (nonlinear) devre elemanlarının nasıl harmonik distorsiyonlara yol açtığını göstermek.
- Bir yükselteç devresinde toplam harmoniklerin belirlenmesi.

Ön bilgi :

Daha önceden gördüğümüz üzere, transistörler esaslı nonlinear bir alettir çünkü iletim geçirgenliği eğrileri (Şekil 1) düz bir çizgi şeklinde değildir. Yükselteç olarak kullanıldığında, bu nonlinear bir gürültü oluşturur(Şekil 2).

Genel olarak linear olmayan gürültü istenmez ve bu bölümde nonlinear gürültüyü azaltmanın yollarını arayacağız. Bununla beraber 33. bölümde harmonik gürültünün sadece yararlı olduğunu değil çok önemli olduğunu da göreceğiz.

Zaman eksenindeki gürültü belirgin olduğu halde bir çok nedenle frekans ekseninde gözlemlemek daha uygun ve öğreticidir. Zaman ekseninden frekans eksenine çevirme işlemi Fourier analizi olarak bilinir. Bu bölümde biz bu analizi gerçekleştireceğiz.

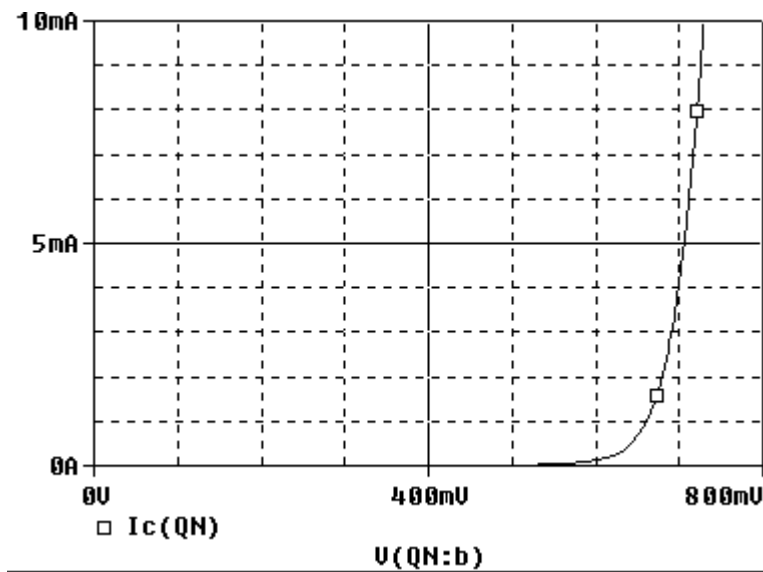
Sürekli sinyaller için, aşağıda gösterilen *sürekli fourier dönüşümünü* (CFT,continuous Fourier transform) kullanacağız.

Frekanstan zaman eksenine

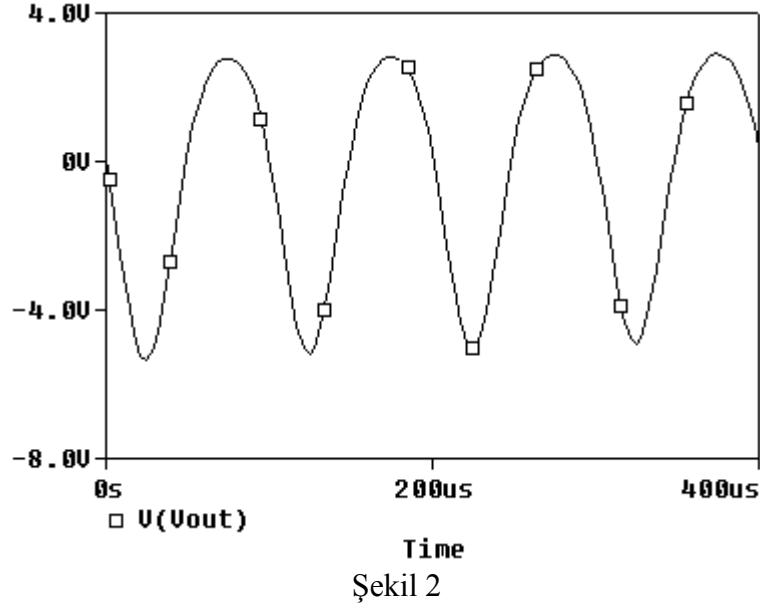
$$A(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(t)e^{-j2\pi ft} dt$$

Zamandan frekans eksenine

$$A(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(f)e^{j2\pi ft} df$$



Şekil 1



Dalga şekli dijital bir bilgisayarda örneklendiğinde veya analiz edildiğinde *farklı fourier dönüşümünü* (DFT) benimsemek zorundayız:

$$A(t) = \sum_{f=0}^{N-1} A(f) e^{i2\pi ft / N}$$

$$A(f) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} A(t) e^{i2\pi ft / N}$$

Eğer zaman eksenindeki dalga şekli kendini tekrarlıyorsa (tekrarlamalı) büyük bir basitleştirme yapılır: Fourier frekans komponentleri harmoniksel bağıntılıdır. Yani *farklı fourier dönüşümünü* (DFT) büyük bir zaman tasarrufu sağlayacak olan *hızlı fourier dönüşümü* (FFT) ile gerçekleştirilebilir.

Bütün dalga şekillerinin tekrarlamalı olarak kabul edildiğinden PSpice aşağıdaki iki çeşit fourier analizlerinin yapılmasını önerir.

- DFT belirtilen gerilim veya akımın son saykılında PSpice tarafından çıkış dosyasında harmonikler detaylı bir tablo haline getirilerek gerçekleştirilir.
- FFT Probe tarafından herhangi bir *transient* ifadesinde ve grafik olarak gösterildiğinde gerçekleştirilir.

İşlem Basamakları :

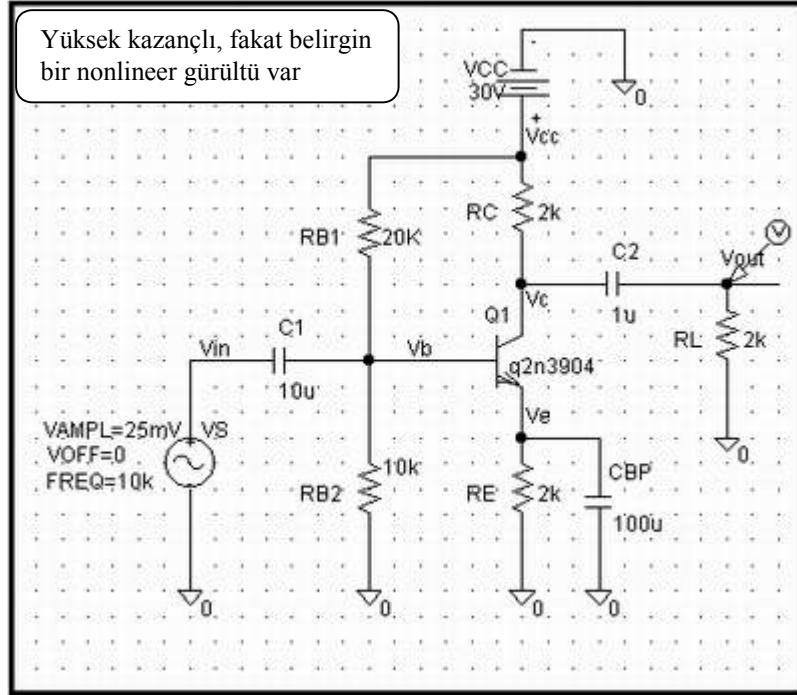
1. Şekil 3 deki devreyi PSpice ile çizin.

Farklı Fourier Dönüşümü (DFT)

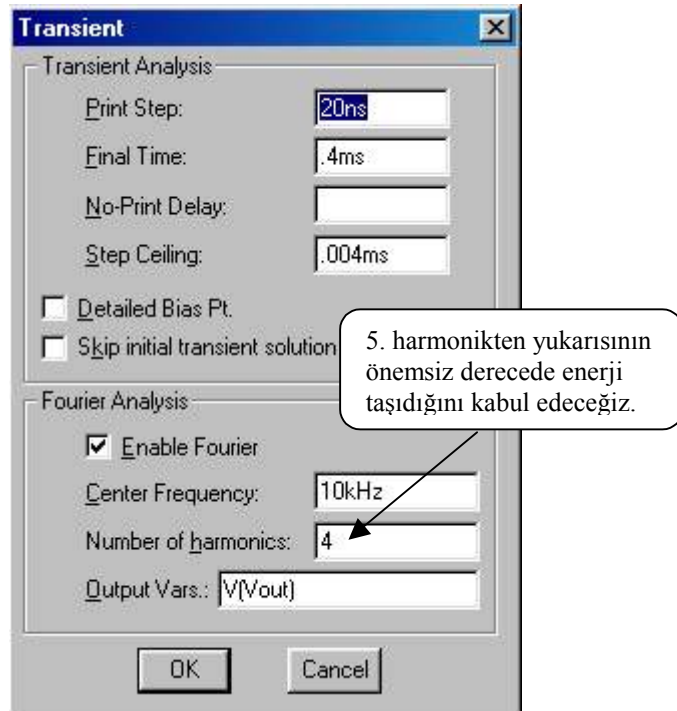
NOT : DFT sonuçları çıkış dosyasına (output file) gönderilir, Probe da grafik olarak gözükmez.

2. Transient diyalogunu açın ve Şekil 4 de gösterildiği gibi doldurun. (10kHz lik sinyalin 4 saykılını görebilmek için salınım 0 ile 0.4ms aralığında olacak.) Fourier Analiz bölümü sisteme, 10kHz lik merkez frekansını (giriş frekansı)

kullanarak V_{out} ta bir DFT uygulandığını ve çıkış dosyasında 4 harmonik üretmesini söyler.



Şekil 3 : Bipolar yükselteç devresi



Şekil 4 : Transient diyalog bölümü

3. PSpice'ı çalıştırın ve çıkış dosyasını oluşturun (**Analysis, Examine Output**), ve Tablo da ki gösterilen Fourier bilgilerini gözlemleyin. (Probe penceresini daha sonra kullanmak üzere açık bırakın.)

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE V(Vout)
DC COMPONENT = -2.893278E-01

HARMONIC NO	FREQUENCY (HZ)	FOURIER COMPONENT	NORMALIZED COMPONENT	PHASE (DEG)	NORMALIZED PHASE (DEG)
1	1.000E+04	3.822E+00	1.000E+00	-1.782E+02	0.000E+00
2	2.000E+04	6.956E-01	1.820E-01	9.471E+01	4.511E+02
3	3.000E+04	5.561E-02	1.455E-02	1.148E+01	5.461E+02
4	4.000E+04	4.858E-03	1.271E-03	1.541E+02	8.669E+02

TOTAL HARMONIC DISTORTION = 1.825818E+01 PERCENT

Her komponentin normal halini elde edebilmek için Fourier komponenti 3.822 ile bölünmelidir.

Fazların normal halini elde edebilmek için 178.2° ekleyin.

Tablo : Her bir frekans, genlik ve fazın detayı

4. Tablo 1 deki sonuçları baz alarak, harmonik bileşenlerinin hangisi kayda değer enerji taşır (toplamın %1 inden büyük)?

1 2 3 4

5. Tabloda gösterilen *toplam harmonik gürültüsü*, harmonik bileşenlerinin karesinin toplamının karekökü alınarak ve sonuçların temel bileşenin yüzdesi olarak ifade edilmesiyle hesaplanır.

Aşağıdaki eşitlik tablodaki değerler ile kurulmuştur. Hesap makinanız yardımıyla Pspice ile belirlenen değeri doğrulayın (%18.26).

$$\frac{\sqrt{(0.6956^2 + 0.0556^2 + 0.0048^2)}}{3.822} \times 100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) :

NOT : FFT nin sonucu yalnızca Probe grafiği olarak gözükür ve çıkış dosyasına gönderilmez.

- sabit olarak belirlemiş (zaman eksenini – time domain) Probe grafiğini görüntüleyin. V(Vout)
- frekans eksenine çevirmek için pencerede görünen sekmelerden FFT () sekmesini tıklayın ve Şekil 5 deki dalga şeklini gözlemleyin.
- grafiğe bakarak, yaklaşık kaç tane harmonik görülebiliyor (DC bileşenler dahil)? Kaç tanesi kayda değer enerji taşıyor?

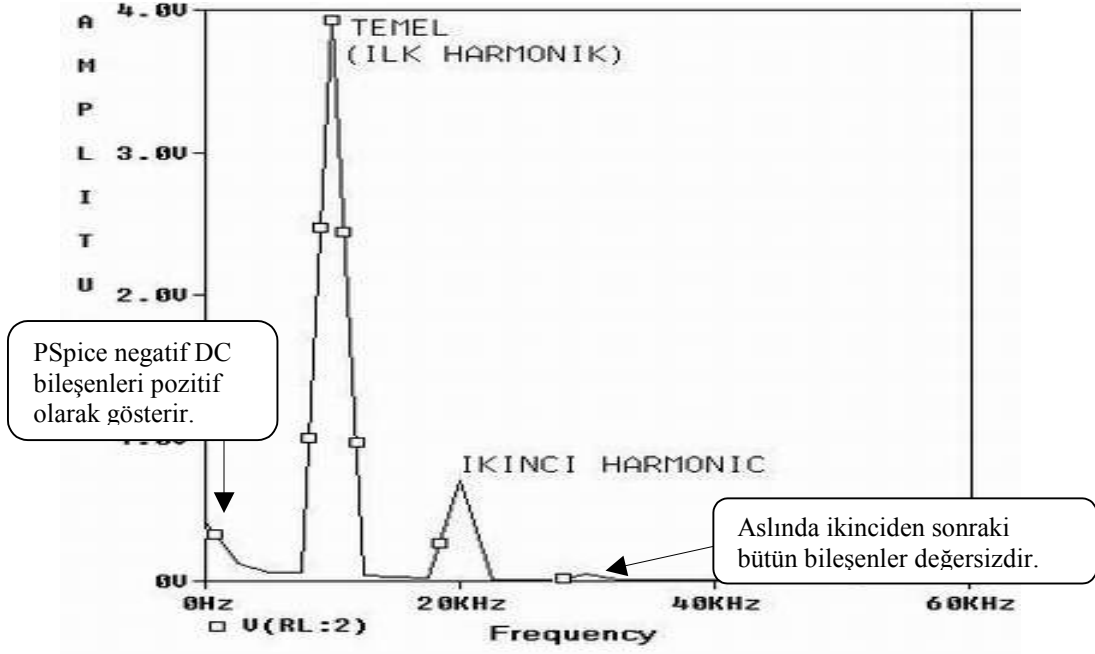
Görülebilen harmoniklerin sayısı= _____

Kayda değer enerji taşıyanların sayısı= _____

9. FFT ile üretilen Şekil % deki grafik genel olarak DFT tarafından üretilen Tablo değerleri ile aynı sonucu mu veriyor? (İpucu : DC ve harmonik bileşenlerinin genişliğini ölçün ve tablo ile karşılaştırın. DFT DC bileşenindeki eksi işaretini önemsemeyin.)

Evet

Hayır



Şekil 5 : Çıkış geriliminin Fourier gösterimi

10. isterseniz FFT yi elde ettiğiniz herhangi bir akım veya gerilim için de uygulayın.
11. 25Ω boğucu direnci Şekil 3 deki yükselteç devresine ekleyin ve Vin değerini 100mV' a çıkarın.

- a. DFT yöntemini kullanarak, *toplam harmonik gürültüsü (THD total harmonic distortion)* nedir ve boğucu direnç (Rs)öncesi durumdan hangi yüzdelikte azaltılmıştır?

THD (Rs'siz)=_____

THD (Rs ile)=_____

Azalma yüzdesi=_____

- b. FFT yöntemiyle, çıkışın Fourier bileşenlerini görüntüleyin ve Rs siz durum ile karşılaştırın. Bütün harmonikler (ilki hariç) genlik yönünden büyük ölçüde azaltılmış mı?

Evet

Hayır