GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ELM 264

İŞARET VE SİSTEMLER

PROJE 2

Son Teslim Tarihi: 07.06.2024

Ad – Soyadı	Mehmet ALTINTAŞ
Numara	1901022065

İÇİNDEKİLER

1. SÜREKLİ ZAMANLI İŞARET

1) $x(t) = tri(t) = \begin{cases} 1 - |x|\,; & |x| < 1 \\ 0 \quad ; & diğer \end{cases}$ olarak tanımlanan, üçgen darbe biçiminde verilen sürekli zamanlı işaret için aşağıdaki soruları cevaplayınız.

Property of CTFT	Time Domain x(t)	Frequency Domain X(ω)
Linearity Property	$ax_1(t) + bx_2(t)$	$aX_1(\omega) + bX_2(\omega)$
Time Shifting Property	$x(t \pm t_0)$	$e^{\pm j\omega t_0} X(\omega)$
Frequency Shifting Property	$e^{\pm j\omega_0 t} x(t)$	$X(\omega \mp \omega_0)$
Time Reversal Property	x(-t)	$x(-\omega)$
Time Scaling Property	x(at)	$\frac{1}{\lvert a \rvert} X(\frac{\omega}{a})$
Time Differentiation Property	$\frac{d}{dt} x(t)$	$j\omega X(\omega)$
Frequency Derivative Property	$t.\, x(t)$	$j \frac{d}{d\omega} X(\omega)$
Time Integration Property	$\int_{-\infty}^{\infty} x(t) d\tau$	$\frac{X(\omega)}{j\omega}$
Convolution Property	$x_1(t) * x_2(t)$	$X_1(\omega) X_2(\omega)$
Multiplication Property	$x_1(t) x_2(t)$	$\frac{1}{2\pi}[X_1(\omega) * X_2(\omega)]$
Duality or Symmetry Property	X(t)	$2\pi x(-\omega)$
Modulation Property	$x(t)\, cos\, \omega_0 t$	$\frac{1}{2}[X(\omega - \omega_0) + X(\omega + \omega_0)]$
	$x(t)\, sin\, \omega_0 t$	$\frac{1}{2j}[X(\omega - \omega_0) - X(\omega + \omega_0)]$
Conjugation Property	x*(t)	$x * (-\omega)$
Autocorrelation Property	R(τ)	$\lvert X(-\omega) \rvert^2$
Parseval's Theorem	$\int_{-\infty}^{\infty} x_1(t) x_2^*(t) dt$	$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X_1(\omega) x_2^*(\omega) d\omega$
Parseval's Identity	$\int_{-\infty}^{\infty} \lvert x(t) \rvert^2 dt$	$\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \lvert X(\omega) \rvert^2 d\omega$
Area Under the Curve Property	$\int_{-\infty}^{\infty} x(t) dt$	$\frac{1}{2\pi} X(0)$
	x(0)	$\int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) d\omega$

Tablo 1. Sürekli Zamanlı Fourier Transform Özellikleri

1.1 PROBLEM 1.a

- Zaman uzayında $x(t)$ işaretinin grafiğini çizdiriniz.

1.1.1 ANALİTİK ÇÖZÜM

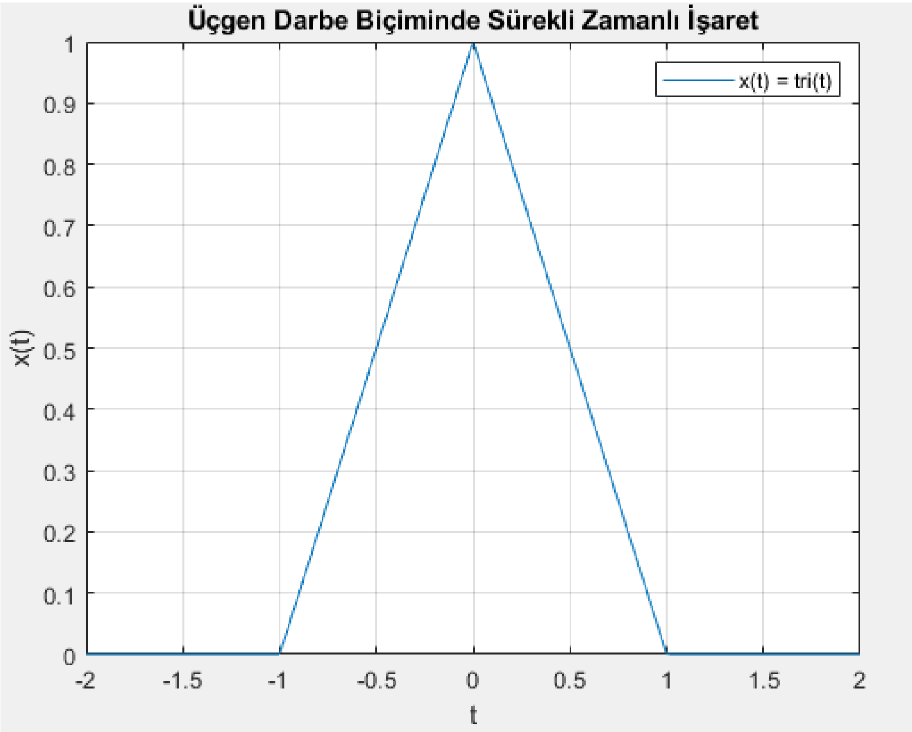
$$x(t) = tri(t) = \begin{cases} 1 - |t|\,; & |x| < 1 \\ 0 \quad ; & diğer \end{cases}$$

Bu tanıma göre, x(t) işareti t=−1 ve t=1 arasında üçgen bir biçimde değişir.

1.1.2 MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1
% t aralığını belirleyelim
t = linspace(-2, 2, 400);

% x(t) fonksiyonunu tanımlayalım
x = (abs(t) < 1) .* (1 - abs(t));

% Grafiği çizelim
figure;
plot(t, x, 'DisplayName', 'x(t) = tri(t)');
xlabel('t');
ylabel('x(t)');
title('Üçgen Darbe Biçiminde Sürekli Zamanlı İşaret');
grid on;
legend show;
```

1.1.3 GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 1. x(t) grafiği

- Üçgen darbe işaretinin t ekseni üzerinde simetrik bir şekilde yayıldığını ve genliğinin maksimum 1 olduğunu gösterir. İşaret t=0 noktasında maksimum değere ulaşır ve t=±1 noktalarında sıfıra düşer. Bu, üçgen darbe işaretinin temel özelliklerini temsil eder.

1.1.4 SONUÇ

- Üçgen darbe işareti, sinyaller ve sistemler teorisinde sıkça kullanılan bir temel fonksiyondur ve birçok uygulamada filtre tasarımı, örnekleme teorisi ve iletişim sistemleri gibi alanlarda önemli bir rol oynar.

1.2 PROBLEM 1.b

$x(t)$'nin Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumlarını çizdiriniz.

1.2.1 ANALİTİK ÇÖZÜM

- **Fourier Dönüşümü Tanımı:**

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft}\, dt$$

- **İşaretin Tanımı:**

$$X(f) = \begin{cases} 1-|t| & eğer\ |t| < 1 \\ 0 & diğer \end{cases}$$

- **Fourier Dönüşümünü Hesaplama:**

$$X(f) = \int_{-1}^{1}(1-|t|)e^{-j2\pi ft}\, dt$$

$$X(f) = \int_{-1}^{0}(1+t)e^{-j2\pi ft}\, dt \; + \; \int_{0}^{1}(1-t)e^{-j2\pi ft}\, dt$$

- **Sonuç:**

Üçgen darbenin Fourier dönüşümü, genellikle simetrik olduğundan dolayı aşağıdaki sonuç elde edilir:

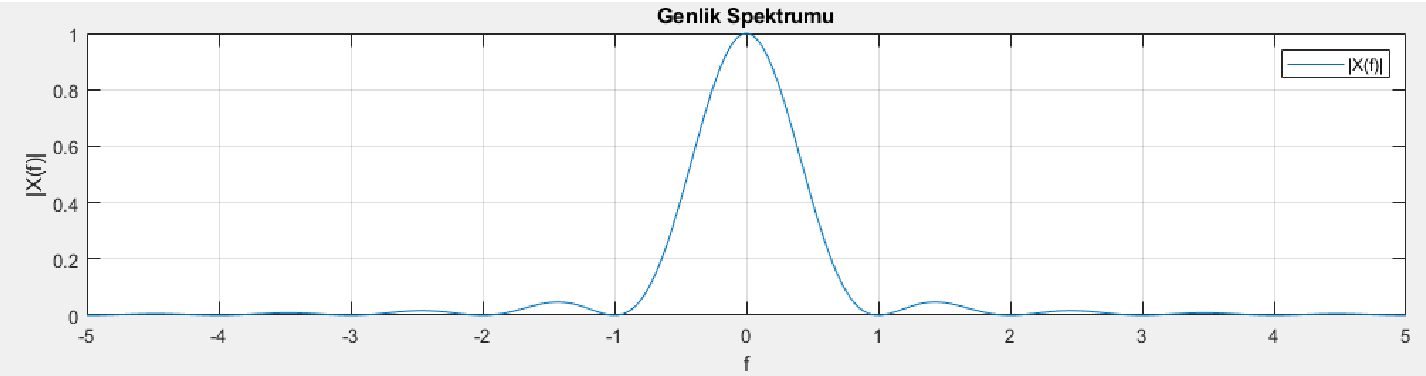
$$X(f) = (\frac{\sin(\pi f)}{\pi f})^2$$

Bu, sinc fonksiyonunun karesidir.

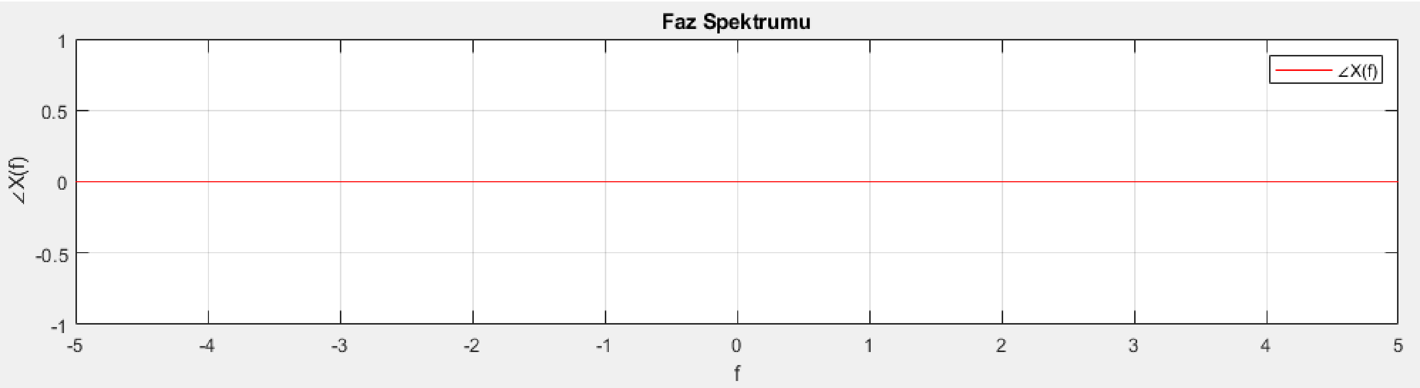
1.2.2 MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_b
% Frekans aralığını belirleyelim
f = linspace(-5, 5, 400);

% sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) arrayfun(@(y) (y == 0) * 1 + (y ~= 0) * sin(pi*y)./(pi*y),x);

% Genlik spektrumunu hesaplayalım
X_f = sinc_func(f).^2;

% Faz spektrumu
angle_X_f = angle(X_f);

% Genlik spektrumu grafiği
figure('Position', [100, 100, 1200, 600]);

subplot(2, 1, 1);
plot(f, X_f, 'DisplayName', '|X(f)|');
xlabel('f');
ylabel('|X(f)|');
title('Genlik Spektrumu');
grid on;
legend show;

% Faz spektrumu grafiği
subplot(2, 1, 2);
plot(f, angle_X_f, 'DisplayName', '∠X(f)', 'Color', 'r');
xlabel('f');
ylabel('∠X(f)');
title('Faz Spektrumu');
grid on;
legend show;

sgtitle('Genlik ve Faz Spektrumu');
```

1.2.3 GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 2. Genlik Spektrumu



Şekil 3. Faz Spektrumu

- Genlik spektrumu, üçgen darbe işaretinin frekans bileşenlerinin genliklerini gösterir. Grafikten, genlik spektrumunun merkezi bir lob ve daha küçük yan loblardan oluştuğunu görebiliriz. Bu, üçgen darbe işaretinin bant genişliğinin sınırlı olduğunu ve yüksek frekans bileşenlerinin giderek azaldığını gösterir.

- Faz spektrumu, bu durumda sıfırdır çünkü x(t) gerçel ve çift bir işarettir. Bu, işaretin her iki yönde simetrik olduğunu ve frekans bileşenlerinin fazlarının sıfır olduğunu gösterir.

1.2.4 SONUÇ

- Üçgen darbe işaretinin Fourier transformu, düşük frekans bileşenlerinin baskın olduğu ve yüksek frekans bileşenlerinin zayıfladığı bir spektrum oluşturur. Bu özellik, üçgen darbe işaretinin pürüzsüz ve sürekliliği olan bir yapıya sahip olduğunu gösterir.

1.3 PROBLEM 1.c

$y(t) = x(t-5)$ işaretinin Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz.

1.3.1 ANALİTİK ÇÖZÜM

y(t) = x(t−5) işaretinin Fourier transformunu zaman kaydırma özelliğini kullanarak bulabiliriz.

- Fourier transformu:

$$Y(f) = X(f)e^{-j2\pi f5}$$

- Bu durumda, genlik spektrumu $|Y(f)|$ ve faz spektrumu $\angle Y(f)$ şu şekilde olacaktır:

$$|Y(f)|=|X(f)| \qquad \angle Y(f)=\angle X(f)-2\pi f\cdot 5$$

- Daha önce bulduğumuz X(f) için:

$$|X(f)| = \left(\frac{\sin(\pi f)}{\pi f}\right)^2 \qquad \angle X(f)=0$$

- Bu durumda:

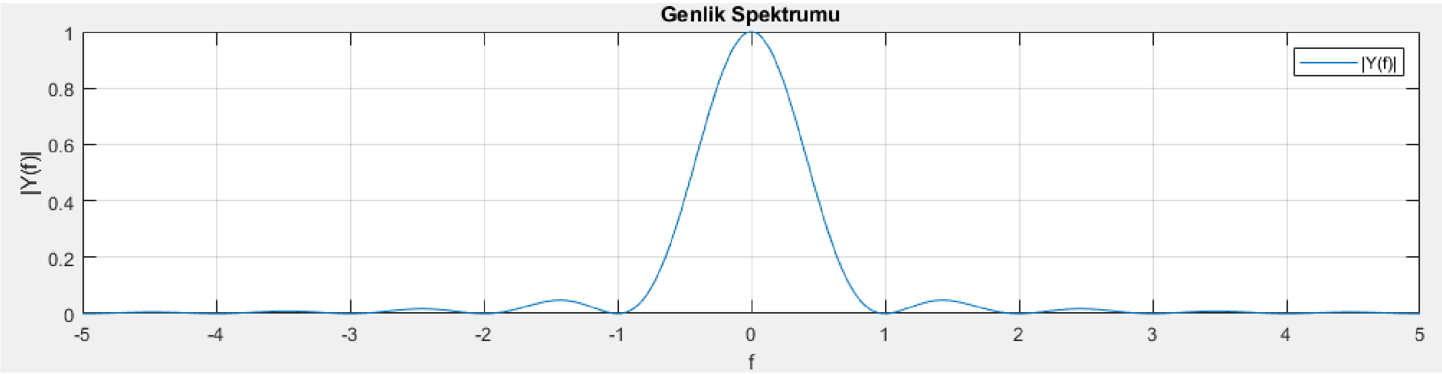
$$|Y(f)| = \left(\frac{\sin(\pi f)}{\pi f}\right)^2 \qquad \angle Y(f)=-2\pi f\cdot 5$$

1.3.2 MATLAB

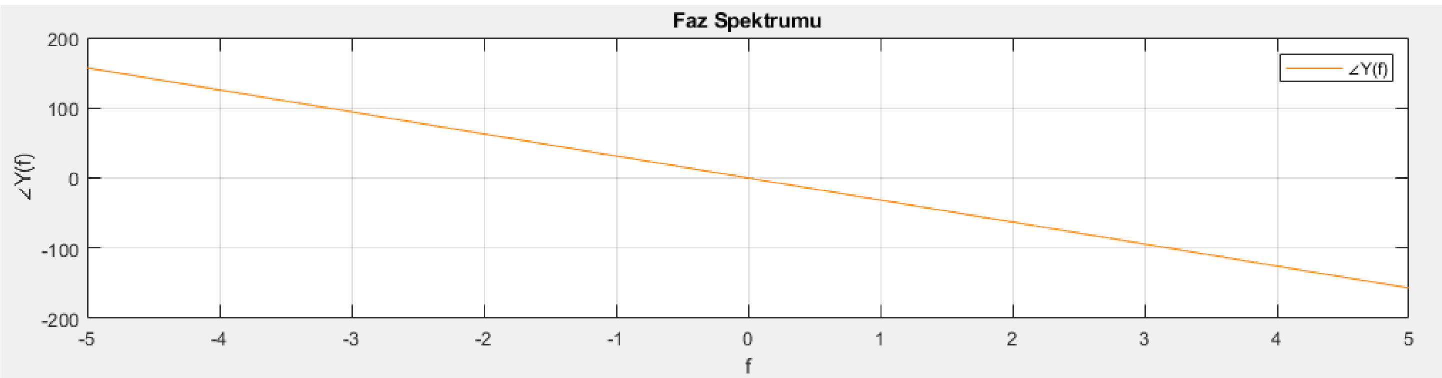
```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_c
% Frekans aralığını belirleyelim
f = linspace(-5, 5, 400);

% sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) arrayfun(@(y) (y == 0) * 1 + (y ~= 0) * sin(pi*y)./(pi*y), x);

% Genlik spektrumunu hesaplayalım
X_f = sinc_func(f).^2;
Y_f_magnitude = X_f;

% Faz spektrumu
Y_f_phase = -2 * pi * f * 5;

% Genlik spektrumu grafiği
figure('Position', [100, 100, 1200, 600]);
```

```
subplot(2, 1, 1);
plot(f, Y_f_magnitude, 'DisplayName', '|Y(f)|');
xlabel('f');
ylabel('|Y(f)|');
title('Genlik Spektrumu');
grid on;
legend show;

% Faz spektrumu grafiği
subplot(2, 1, 2);
plot(f, Y_f_phase, 'DisplayName', '∠Y(f)', 'Color', [1, 0.5, 0]); %
xlabel('f');
ylabel('∠Y(f)');
title('Faz Spektrumu');
grid on;
legend show;

sgtitle('Genlik ve Faz Spektrumu');
```

1.3.3 GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 4. Genlik Spektrumu



Şekil 5. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu:** Genlik spektrumu $|Y(f)|=|X(f)|$ olduğu için, x(t) işaretinin genlik spektrumu ile aynıdır. Bu, zaman kaydırma işleminin genlik spektrumunu değiştirmediğini gösterir.

- **Faz Spektrumu:** Faz spektrumu $\angle Y(f)=-2\pi f\cdot 5$ şeklindedir. Bu, faz spektrumunun lineer bir şekilde frekansla azaldığını gösterir. Zaman kaydırma işlemi, faz spektrumuna doğrusal bir faz kayması ekler.

1.3.4 SONUÇ

- Zaman kaydırma işlemi işaretin genlik spektrumunu etkilemez ancak faz spektrumunu doğrusal bir şekilde kaydırır. Bu, işaretin zaman domeninde kaydırılmasının frekans domenindeki etkisini gösterir.

1.4 PROBLEM 1.d

$y(t)=x(t)cos(2\pi\cdot 927\cdot 10^3 t)$ işaretinin Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz.

1.4.1 ANALİTİK ÇÖZÜM

$y(t)=x(t)cos(2\pi\cdot 927\cdot 10^3 t)$ işaretinin Fourier transformunu bulmak için frekans kaydırma özelliğini kullanılablir. Bu özellik, bir işaretin bir frekans taşıyıcıyla çarpılmasının frekans spektrumunda kaymalara neden olduğunu belirtir.

- **Fourier Transformu:**

Bir işaret x(t) ve bir kosinüs fonksiyonu $\cos(2\pi f_0 t)$ çarpıldığında, Fourier transformu şu şekilde olur:

$$X(f)\rightarrow\frac{1}{2}[X(f-f_0)+X(f+f_0)]$$

Bu durumda, $f_0=927\cdot 10^3$ olduğuna göre, y(t) işaretinin Fourier transformu şu şekilde yazılabilir:

$$Y(f)=\frac{1}{2}[X(f-927\cdot 10^3)+X(f+927\cdot 10^3)]$$

- **Genlik spektrumu:**

$$|Y(f)|=\frac{1}{2}[|X(f-927\cdot 10^3)|+|X(f+927\cdot 10^3)|]$$

- **Faz spektrumu:**

$$\angle Y(f)=\frac{1}{2}\,[\angle X(f-927\cdot10^3)+\angle X(f+927\cdot10^3)]$$

- Daha önce bulduğumuz X(f) için:

$$|X(f)| = \left(\frac{\sin(\pi f)}{\pi f}\right)^2 \qquad\qquad \angle X(f)=0$$

- Bu durumda:

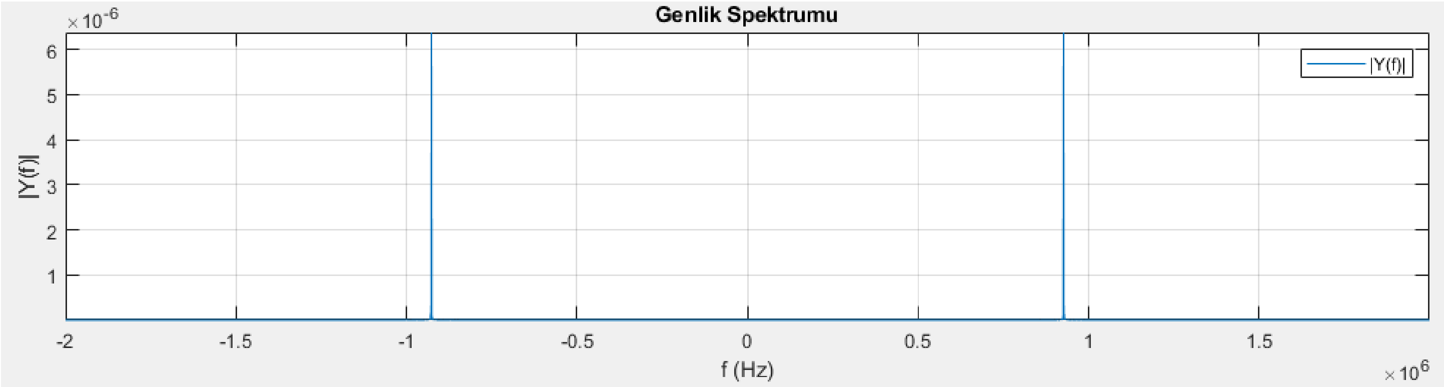
$$|Y(f)| = \left[\left(\frac{\sin(\pi(f-927\cdot10^3))}{\pi(f-927\cdot10^3)}\right)^2 + \left(\frac{\sin(\pi(f+927\cdot10^3))}{\pi(f+927\cdot10^3)}\right)^2\right]$$

$$\angle Y(f)=0 \text{ (x(t) gerçel bir işaret)}$$

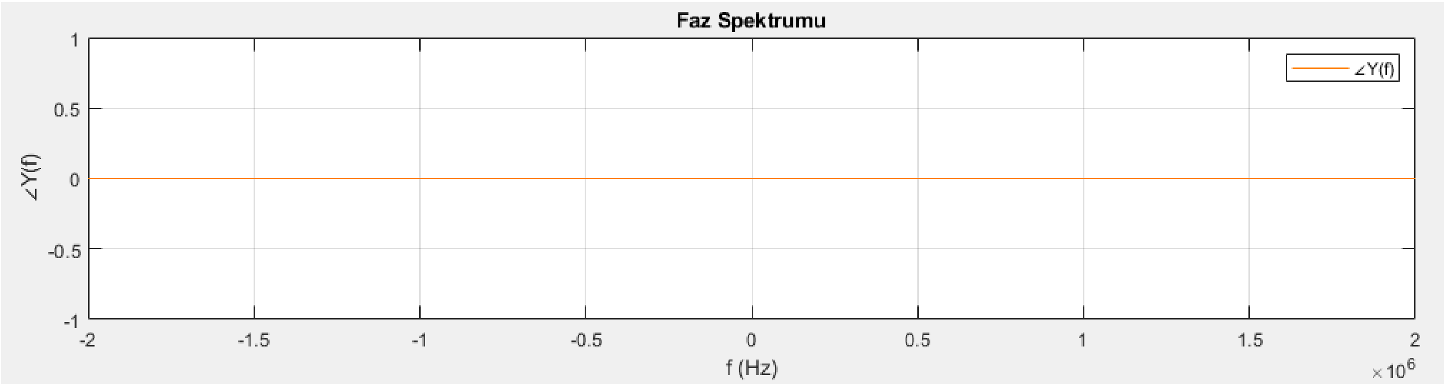
1.4.2 MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_d
% Frekans aralığını belirleyelim
f = linspace(-2e6, 2e6, 4000);

% sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) arrayfun(@(y) (y == 0) * 1 + (y ~= 0) * sin(pi*y)./(pi*y), x);
% Genlik spektrumunu hesaplayalım
X_f_pos = sinc_func((f - 927e3) / pi).^2;
X_f_neg = sinc_func((f + 927e3) / pi).^2;
Y_f_magnitude = 0.5 * (X_f_pos + X_f_neg);
% Faz spektrumu
Y_f_phase = zeros(size(f));

% Genlik spektrumu grafiği
figure('Position', [100, 100, 1200, 600]);
subplot(2, 1, 1);
plot(f, Y_f_magnitude, 'DisplayName', '|Y(f)|');
xlabel('f (Hz)');
ylabel('|Y(f)|');
title('Genlik Spektrumu');
grid on;
legend show;
% Faz spektrumu grafiği
subplot(2, 1, 2);
plot(f, Y_f_phase, 'DisplayName', '∠Y(f)', 'Color', [1, 0.5, 0]);
xlabel('f (Hz)');
ylabel('∠Y(f)');
title('Faz Spektrumu');
grid on;
legend show;
sgtitle('Genlik ve Faz Spektrumu');
```

1.4.3 GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 6. Genlik Spektrumu



Şekil 7. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu:** Genlik spektrumu, x(t) işaretinin spektrumunun ±927 kHz frekanslarına kaydırılmış halidir. Bu, modülasyon işleminin spektrumun merkez frekanslarını taşıyıcı frekans kadar kaydırdığını gösterir. Ana lob ve yan loblar orijinal genlik spektrumu gibi görünür, ancak yeni merkez frekanslar etrafında kaydırılmıştır.

- **Faz Spektrumu:** Faz spektrumu sıfırdır çünkü x(t) gerçel bir işarettir ve modülasyon faz spektrumunu değiştirmez, sadece genlik spektrumunu kaydırır.

1.4.4 SONUÇ

- Modülasyon işlemi, bir işaretin frekans spektrumunu taşıyıcı frekans etrafında kaydırarak iletim için uygun hale getirir. Bu, iletişim sistemlerinde sıkça kullanılan bir tekniktir ve bu örnek, bu işlemin temel prensiplerini göstermektedir.

1.5 PROBLEM 1.e

$y(t)=\frac{1}{3}x(t/3)$ işaretinin Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz.

1.5.1 ANALİTİK ÇÖZÜM

$$\text{sinc(f)} = \left(\frac{\sin(\pi f)}{\pi f}\right) \qquad \text{olduğunda} \qquad \text{X(f)} = \text{sinc}^2\text{(f)}$$

Ölçekleme özelliği:

$$x(\text{at}) \longrightarrow \frac{1}{|\text{a}|}X\left(\frac{f}{a}\right) \qquad \text{a}=\frac{1}{3}$$

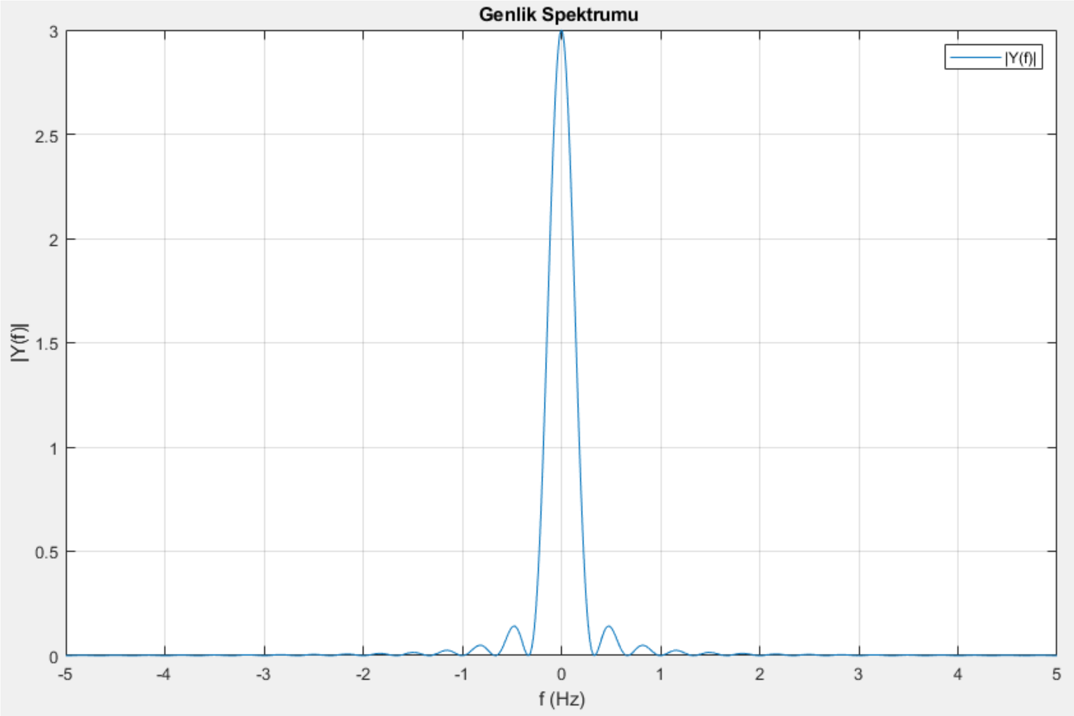
$$Y(f) \longrightarrow \frac{1}{|\text{a}|}\text{X}\left(\frac{f}{a}\right) \quad = 3X(3f) \qquad\qquad X(f) = \text{sinc}^2(f)$$

$$Y(f) = 3\text{sinc}^2(3f) \qquad\qquad |Y(f)| = 3|\text{sinc}(3f)\,|^2$$

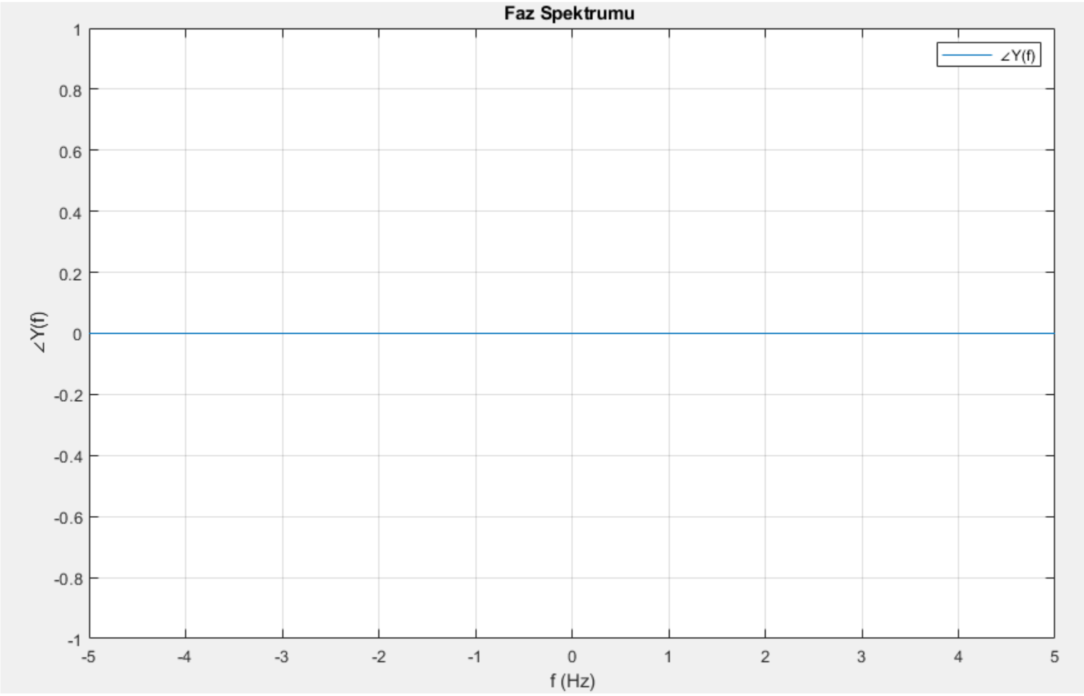
1.5.2 MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_e
% Frekans aralığını belirleyelim
f = linspace(-5, 5, 1000);

% sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) arrayfun(@(y) (y == 0) * 1 + (y ~= 0) * sin(pi*y)./(pi*y), x);

% Genlik spektrumunu hesaplayalım
magnitude_spectrum = 3 * sinc_func(3 * f).^2;

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 600]);
plot(f, magnitude_spectrum, 'DisplayName', '|Y(f)|');
title('Genlik Spektrumu ');
xlabel('f (Hz)');
ylabel('|Y(f)|');
grid on;
legend show;
% Faz spektrumu sıfır
phase_spectrum = zeros(size(f));

% Faz spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 600]);
plot(f, phase_spectrum, 'DisplayName', ' ∠Y(f)');
title('Faz Spektrumu ');
xlabel('f (Hz)');
ylabel('∠Y(f)');
grid on;
legend show;
```

1.5.3 GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 8. Genlik Spektrumu



Şekil 9. Faz Spektrumu

- Genlik Spektrumu:

Büyüklük spektrumu, y(t) sinyalinin ana frekans bileşenlerinin f=0 civarında yoğunlaştığını ve sinc^2 fonksiyonunun karakteristik şeklinin 3 faktörü ile ölçeklenip sıkıştırıldığını göstermektedir. Bu, frekans bileşenlerinin orijin etrafında daha fazla yoğunlaştığını ve ölçekleme nedeniyle düşük geçişli bir yapı gösterdiğini göstermektedir.

- Faz Spektrumu:

Faz spektrumu sıfırdır, bu da y(t) sinyalinin herhangi bir faz kaymasına yol açmadığını gösterir. Bu, orijinal üçgen sinyalin çift ve gerçek olmasıyla tutarlıdır, bu da tamamen gerçek ve çift Fourier dönüşümü ile sonuçlanır.

1.5.4 SONUÇ

Zaman alanındaki bir sinyalin 1/a faktörü ile ölçeklendirilmesi, frekans alanındaki Fourier dönüşümünün a faktörü ile ölçeklendirilmesine neden olur. Bu nedenle $y(t)=\frac{1}{3}x(t/3)$ 'ün genlik spektrumu, frekans alanında $\text{sinc}^2(f)$'nin sıkıştırılmış bir versiyonu olan $\text{sinc}^2(3f)$'dir. Genel şeklin aynı kalması, ölçeklemeye rağmen sinc fonksiyonunun ana özelliklerinin korunduğunu göstermektedir.

1.6 PROBLEM 1.f

- Çıkış işareti $y[n]=\delta[n-5]$ olarak verilen LTI sistemin frekans ve dürtü cevabını bulunuz. Bulduğunuz frekans cevabının genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz.

1.6.1 ANALİTİK ÇÖZÜM

1. **Frekans tepkisi**

Giriş Sinyali: m(t) = rect(t)

Çıkış Sinyali: x(t) = tri(t)

- rect(t) sinyalinin Fourier dönüşümü M(*f*)=sinc(f)'dir.
- tri(t) sinyalinin Fourier dönüşümü X(*f*) = sinc^2(f)'dir.

Frekans Tepkisi:

$$H(f) = \frac{X(f)}{M(f)} = \frac{sinc^2(f)}{sinc(f)} = sinc(f)$$

2. Dürtü Tepkisi

Frekans tepkisi H(f)' nin ters Fourier dönüşümü, dürtü tepkisini h(t) verir:

h(t) = tri(t)

3. Genlik ve Faz spektrumu

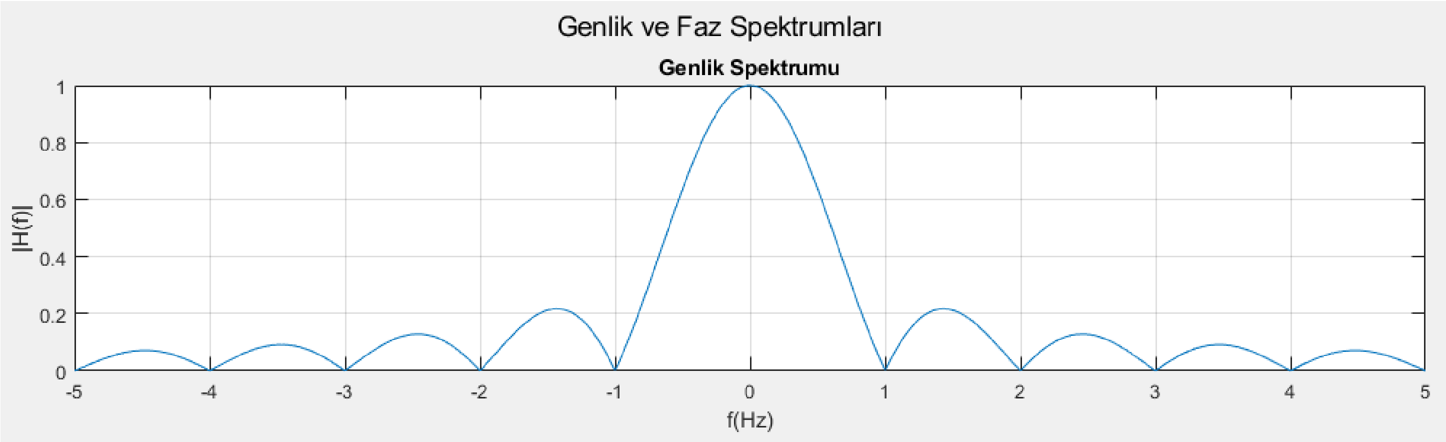
Genlik Spektrumu: |H(*f*)|=|sinc(*f*)|

Faz Spektrumu: sinc(*f*) fonksiyonu reel ve çift fonksiyon olduğundan, faz spektrumu sıfırdır.

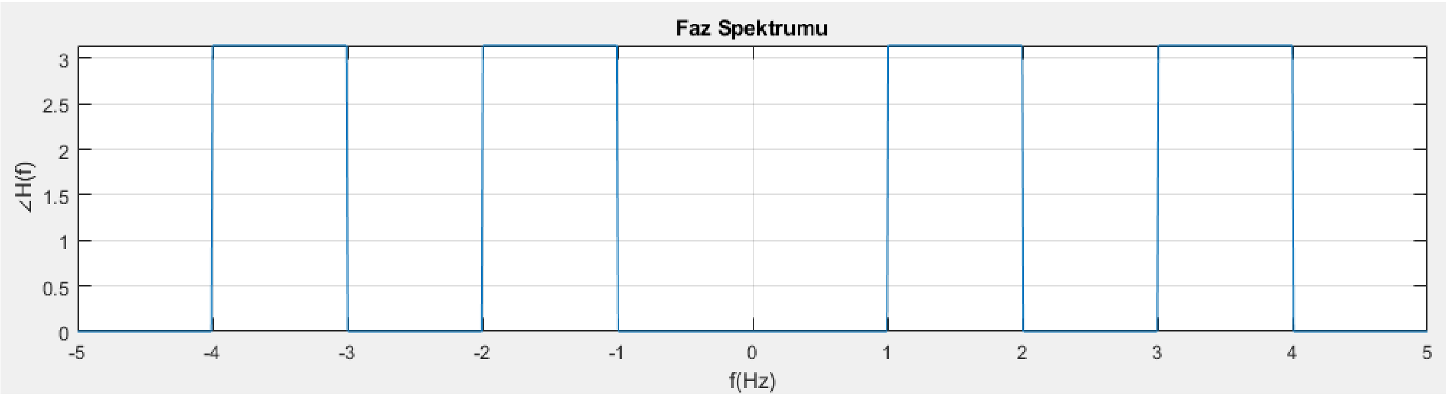
1.6.2 MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_f
% Sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) sin(pi*x)./(pi*x);
% Frekans aralığını tanımlayalım
f = linspace(-5, 5, 1000);

% Genlik ve faz spektrumunu hesaplayalım
H_f = sinc_func(f);
amplitude_spectrum = abs(H_f);
phase_spectrum = angle(H_f);

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1200, 600]);

subplot(2, 1, 1);
plot(f, amplitude_spectrum);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(Hz)');
ylabel('|H(f)|');
grid on;
% Faz spektrumunu çizelim
subplot(2, 1, 2);
plot(f, phase_spectrum);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(Hz)');
ylabel('∠H(f)');
grid on;
sgtitle('Genlik ve Faz Spektrumları');
```

1.6.3 GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 10. Genlik Spektrumu



Şekil 11. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu**:

  Genlik spektrumu, frekans tepkisinin büyüklüğünü gösterir. sinc(f) için, f=0'da bir zirve yapar ve frekans arttıkça azalır.

  Bu, sistemin düşük frekanslı bileşenlerin geçmesine izin verdiğini, yüksek frekanslı bileşenleri ise zayıflattığını gösterir.

- **Faz Spektrumu**:

  Faz spektrumu sıfırdır, bu da sistemin giriş sinyaline herhangi bir faz kayması eklemediğini gösterir.

1.6.4 SONUÇ

Verilen giriş ve çıkış sinyalleriyle LTI sistemi, frekans tepkisi sinc(f) fonksiyonuyla karakterize edilir. Bu, sistemin düşük geçiş filtresi gibi davrandığını, düşük frekanslı bileşenlerin geçmesine izin verirken, yüksek frekanslı bileşenleri zayıflattığını gösterir. Sistem, giriş sinyaline faz kayması eklemediğinden, girişin faz bilgisini korur.

2. AYRIK ZAMANLI İŞARET

2) $x[n] = (0.8)^n u[n]$ ayrık zamanlı işaret için aşağıdaki soruları cevaplayınız.

Property	Discrete-Time Sequence	DTFT
Notation	$x(n)$	$X(\omega)$
	$x_1(n)$	$X_1(\omega)$
	$x_2(n)$	$X_2(\omega)$
Linearity	$ax_1(n) + bx_2(n)$	$aX_1(\omega) + bX_2(\omega)$
Time Shifting	$x(n-k)$	$e^{-j\omega k}X(\omega)$
Frequency Shifting	$x(n)e^{j\omega_0 n}$	$X(\omega - \omega_0)$
Time Reversal	$x(-n)$	$X(-\omega)$
Frequency Differentiation	$nx(n)$	$j\frac{d}{d\omega}X(\omega)$
Time Convolution	$x_1(n) * x_2(n)$	$X_1(\omega)X_2(\omega)$
Frequency Convolution (Multiplication in time domain)	$x_1(n)x_2(n)$	$X_1(\omega) * X_2(\omega)$
Correlation	$R_{x_1x_2}(l)$	$X_1(\omega)X_2(-\omega)$
Modulation Property	$x(n)\cos\omega_0 n$	$\frac{1}{2}[X(\omega+\omega_0) + X(\omega-\omega_0)]$
Parseval's Relation	$\sum_{n=-\infty}^{\infty} \lvert x(n)\rvert^2$	$\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} \lvert X(\omega)\rvert^2 \, d\omega$
Conjugation	$x^*(n)$	$X(-\omega)$
	$x^*(-n)$	$X^*(\omega)$
Symmetry Properties	$x_R(n)$	$X_e(\omega)$
	$j\,x_I(n)$	$X_0(\omega)$
	$x_e(n)$	$X_R(\omega)$
	$x_0(n)$	$j\,X_I(\omega)$

Tablo 2. Ayrık Zamanlı Fourier Transform Özellikleri

2.1. PROBLEM 2.a

- $x[n]$ işareti için Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumlarını çizdiriniz.

2.1.1. ANALİTİK ÇÖZÜM

$x[n]=(0.8)^n u[n]$ ayrık zamanlı işaretinin Fourier dönüşümünü bulmak için önce bu işaretin Z-dönüşümünü bulmalıyız. Z-dönüşümü şu şekildedir:

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]z^{-n}$$

Burada $x[n]=(0.8)^n u[n]$olduğundan, sadece $n \geq 0$ için toplama işlemi yapılır:

$$X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} (0.8)^n z^{-n}$$

Bu, geometrik bir seridir ve yakınsaklık bölgesi $|z|>0.8$ olan bir seri için formülü şudur:

$$X(z) = \frac{1}{1-0.8z^{-1}} = \frac{z}{z-0.8}$$

Ayrık zamanlı Fourier dönüşümü (DTFT) $z=e^{j\omega}$ yerine konularak elde edilir:

$$X(e^{jw}) = \frac{e^{jw}}{e^{jw}-0.8} = \frac{1}{1-0.8e^{jw}}$$

- **Genlik Spektrumu**:

$$|X(e^{jw})| = \left|\frac{1}{1-0.8e^{jw}}\right|$$

$$|X(e^{jw})| = \frac{1}{\sqrt{(1-0.8\cos(w))^2+(0.8\sin(w))^2}}$$

- **Faz Spektrumu**:

$$\arg(X(e^{jw}) = \arg(1-0.8e^{-j\omega})$$

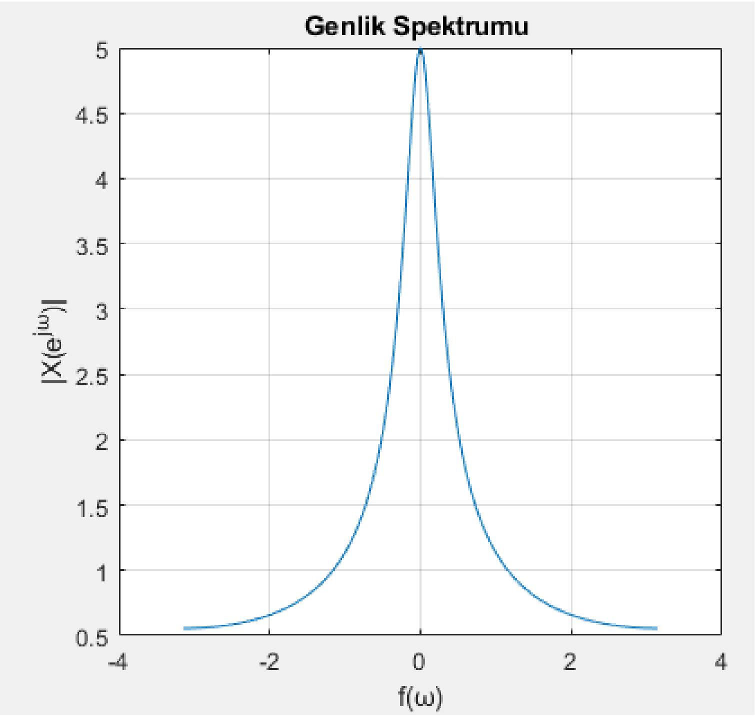
$$\arg(1-0.8e^{-j\omega}) = \tan^{-1}\frac{0.8\sin(w)}{1-0.8\cos(w)}$$

$$\arg(X(e^{jw}) = -\tan^{-1}\frac{0.8\sin(w)}{1-0.8\cos(w)}$$

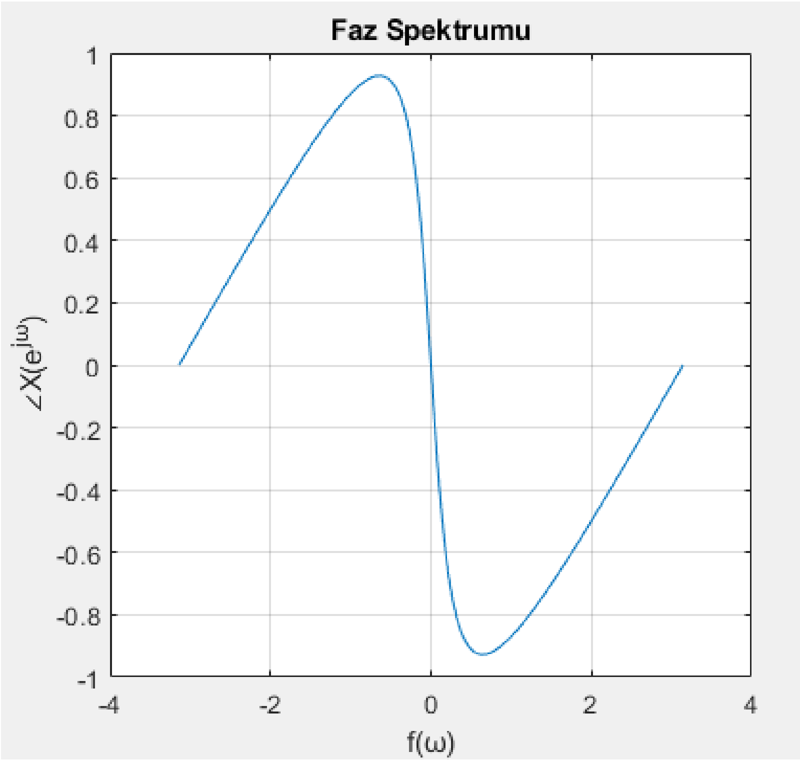
2.1.2. MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_a
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);
% Genlik spektrumu
X_mag = 1 ./ sqrt((1 - 0.8 * cos(omega)).^2 + (0.8 * sin(omega)).^2);

% Faz spektrumu
X_phase = -atan2(0.8 * sin(omega), 1 - 0.8 * cos(omega));

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, X_mag);
title('Genlik Spektrumu ');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|X(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, X_phase);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('∠X(e^{jω})');
grid on;
sgtitle(' x[n] işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');
```

2.1.3. GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 12. Genlik Spektrumu



Şekil 13. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu:** x[n] işareti eksponansiyel olarak azalan bir sinyaldir ve bu nedenle genlik spektrumu |X(ejω)| maksimum değere ω=0 frekansında ulaşır. Bu spektrum, düşük frekans bileşenlerinin baskın olduğunu gösterir.

- **Faz Spektrumu:** Faz spektrumu arg(X(ejω)), eksponansiyel azalma nedeniyle negatif bir eğilim gösterir.

2.1.4. SONUÇ

$x[n]=(0.8)^n u[n]$ işaretinin Fourier dönüşümü, eksponansiyel olarak azalan bir sinyalin düşük frekans bileşenlerinin baskın olduğunu gösterir. Genlik spektrumu, maksimum değere ω=0 frekansında ulaşırken, faz spektrumu negatif bir eğilim gösterir. Bu, işaretin zamanla azalan bir eksponansiyel yapıda olduğunu ve fazın frekansla birlikte doğrusal olarak değiştiğini gösterir.

2.2. PROBLEM 2.b

- $y[n]=x[n-5]$ işaretinin Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz.

2.2.1. ANALİTİK ÇÖZÜM

y[n]=x[n−5] işaretinin Fourier dönüşümünü bulmak için zaman kaydırma özelliğini kullanacağız. Fourier transformunun zaman kaydırma özelliği şu şekildedir:

$$x[n-n_0] \leftrightarrow X(e^{j\omega})e^{-j\omega n_0}$$

Bu durumda, $n_0=5$ olduğundan: $y[n]=x[n-5] \leftrightarrow X(e^{j\omega})e^{-j\omega \cdot 5}$

- **Genlik Spektrumu:**

  $|Y(e^{j\omega})|=|X(e^{j\omega})$

- **Faz Spektrumu:**

  Zaman kaydırma faz spektrumuna doğrusal bir faz kayması ekler:

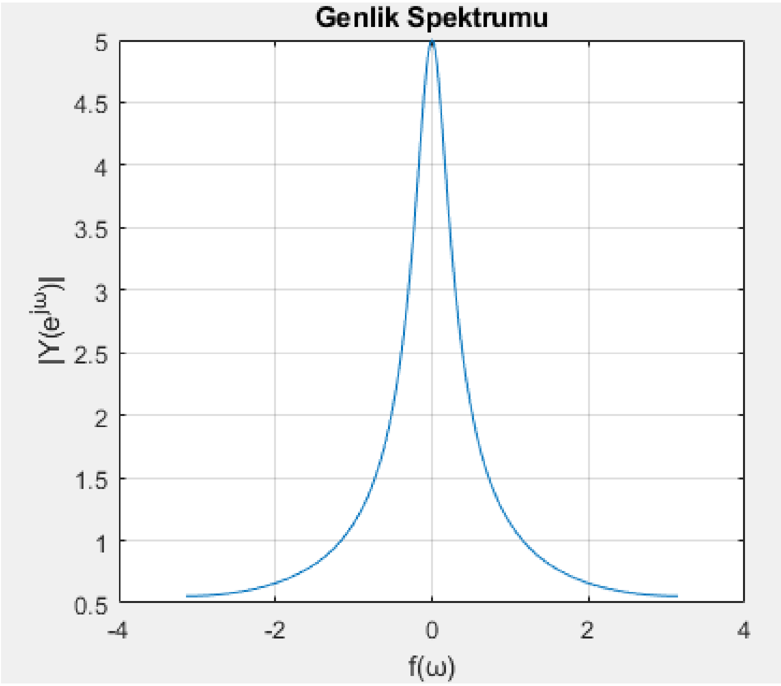
  $$\arg(Y(e^{j\omega}))=\arg(X(e^{j\omega}))-\omega \cdot 5$$

2.2.2. MATLAB

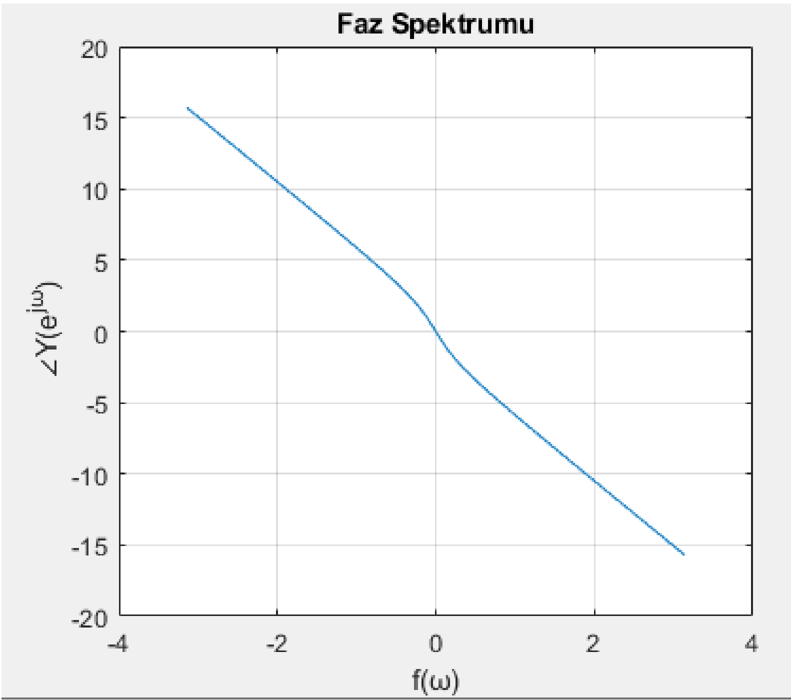
```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_b
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Orijinal genlik ve faz spektrumları
X_mag = 1 ./ sqrt((1 - 0.8 * cos(omega)).^2 + (0.8 * sin(omega)).^2);
X_phase = -atan2(0.8 * sin(omega), 1 - 0.8 * cos(omega));

% Kaydırılmış sinyalin genlik spektrumu
Y_mag = X_mag;

% Kaydırılmış sinyalin faz spektrumu
Y_phase = X_phase - 5 * omega;

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, Y_mag);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|Y(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, Y_phase);
title('Faz Spektrumu');
```

```
xlabel('f(ω)');
ylabel('∠Y(e^{jω})');
grid on;

sgtitle(' y[n] = x[n - 5] işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');
```

2.2.3. GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 14. Genlik Spektrumu



Şekil 15. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu:** Zaman kaydırma, genlik spektrumunu etkilemez. Bu nedenle y[n] ve x[n] işaretlerinin genlik spektrumları aynıdır.

- **Faz Spektrumu:** Zaman kaydırma, faz spektrumunda doğrusal bir kayma yaratır. Bu kayma, −5ω kadar faz kayması şeklinde olur.

2.2.4. SONUÇ

y[n]=x[n−5] işaretinin Fourier dönüşümü, zaman kaydırmasının genlik spektrumunu etkilemediğini ancak faz spektrumunda doğrusal bir kayma oluşturduğunu gösterir. Genlik spektrumu orijinal işaretle aynıdır, ancak faz spektrumu −5ω kadar kayar. Bu, işaretin zaman domeninde 5 birim sağa kaydırıldığını doğrular.

2.3. PROBLEM 2.c

- $y[n]=nx[n]$ işaretinin Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz

2.3.1. ANALİTİK ÇÖZÜM

y[n]=n·x[n] işaretinin Fourier dönüşümünü bulmak için zaman çarpımı özelliğini kullanacağız. Fourier transformunun zaman çarpımı özelliği şu şekildedir:

$$n\cdot x[n]\leftrightarrow j\frac{dX(e^{jw})}{dw}$$

Bu durumda, $y[n]=n\cdot(0.8)^n u[n]$ işaretinin Fourier dönüşümü $Y(e^{j\omega})$ 'yi bulmak için $X(e^{j\omega})$'nin türevini alacağız. Daha önce $X(e^{j\omega})$'yi şu şekilde bulmuştuk:

$$X(e^{jw}) = \frac{1}{1-0.8e^{-jw}}$$

Fourier Dönüşümünün Türevi:

$$\frac{dX(e^{jw})}{dw} = \frac{d}{dw}\left(\frac{1}{1-0.8e^{-jw}}\right) \qquad \frac{d}{dw}\left(\frac{1}{1-0.8e^{-jw}}\right) = \left(\frac{0.8e^{-jw}}{(1-0.8e^{-jw})^2}\right)$$

$$\frac{dX(e^{jw})}{dw} = \left(\frac{0.8e^{-jw}}{(1-0.8e^{-jw})^2}\right) \qquad Y(e^{jw}) = j\frac{0.8e^{-jw}}{(1-0.8e^{-jw})^2}$$

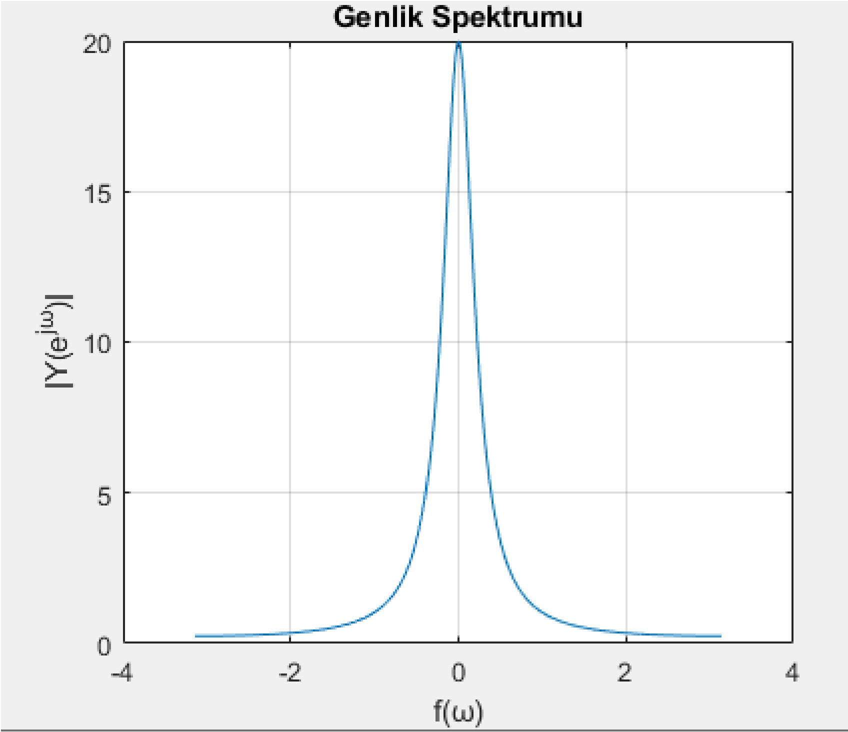
Genlik Spektrumu: $|Y(e^{jw})| = |j\frac{0.8e^{-jw}}{(1-0.8e^{-jw})^2}|$

Faz Spektrumu: $\arg(Y(e^{jw})) = \arg(j\frac{0.8e^{-jw}}{(1-0.8e^{-jw})^2})$

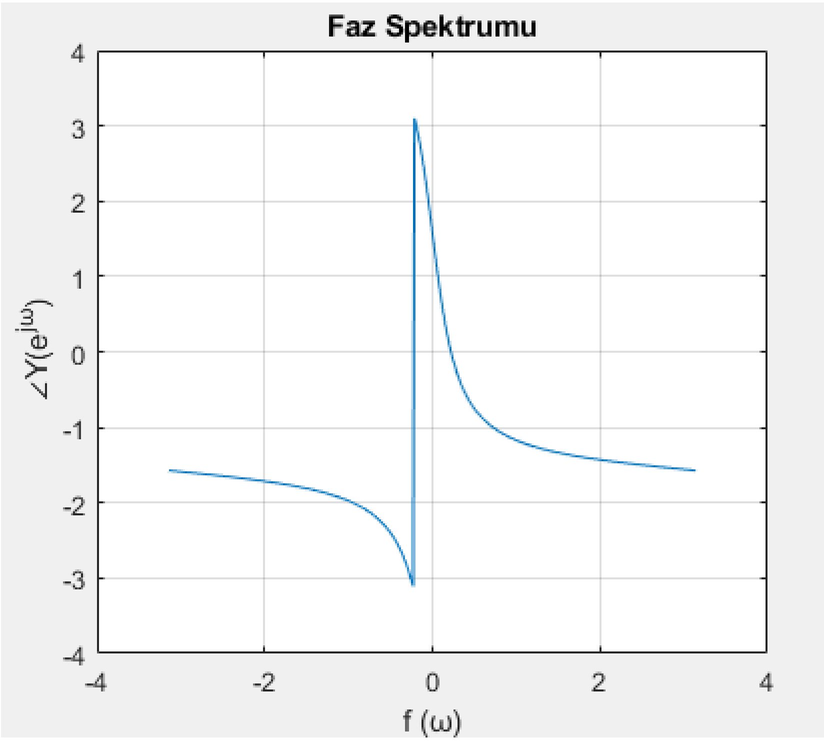
2.3.2. MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_c
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Y(e^jω) fonksiyonunu çağırmak
Y_f = Y(omega);

% Genlik spektrumu
Y_mag = abs(Y_f);

% Faz spektrumu
Y_phase = angle(Y_f);

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, Y_mag);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|Y(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, Y_phase);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f (ω)');
ylabel('∠Y(e^{jω})');
grid on;

sgtitle('Genlik ve Faz Spektrumu');

% Y(e^jω) fonksiyonunu tanımlayalım
function Y_f = Y(omega)
    X = 1 ./ (1 - 0.8 * exp(-1j * omega));
   dX_domega = 0.8 * exp(-1j * omega) ./ (1 - 0.8 * exp(-1j *omega)).^2;
    Y_f = 1j * dX_domega;
end
```

2.3.3. GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 16. Genlik Spektrumu



Şekil 16. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu:** Zaman çarpımı, orijinal işaretin spektrumunun türevini alarak genlik spektrumunu değiştirir. Bu nedenle, türev sonucu spektrumun genliğinde artış ve azalışlar gözlemlenir.

- **Faz Spektrumu:** Türev işlemi, faz spektrumunda ek bir faz bileşeni oluşturur.

2.3.4. SONUÇ

$y[n]=n\cdot x[n]$ işaretinin Fourier dönüşümü, zaman çarpımının genlik spektrumunu değiştirdiğini ve faz spektrumuna ek bir bileşen eklediğini gösterir. Genlik spektrumu, orijinal işaretin spektrumunun türevini alarak değişiklik gösterir ve bu, spektrumun genliğinde artış ve azalışlar oluşturur. Faz spektrumu ise ek bir faz bileşeni içerir.

2.4.PROBLEM 2.d

- $y[n]=x[-n]$ işaretinin Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz.

2.4.1. ANALİTİK ÇÖZÜM

$y[n]=x[-n]$ işaretinin Fourier dönüşümünü bulmak için zaman yansıması (negatifleme) özelliğini kullanacağız. Fourier transformunun zaman yansıması özelliği şu şekildedir:

$$x[-n]\leftrightarrow X(e^{-j\omega})$$

Ancak, $X(e^{-j\omega})$, $X(e^{j\omega})$''nin karmaşık eşleniği $X*(e^{j\omega})$'ye eşittir çünkü Fourier dönüşümü bir Hermitian simetrik fonksiyondur. Bu durumda

- **Genlik Spektrumu:**

  Genlik spektrumu, zaman yansımasından etkilenmez, yani:

  $$|Y(ej^{\omega})| = |X(e^{j\omega})|$$

- **Faz Spektrumu:**

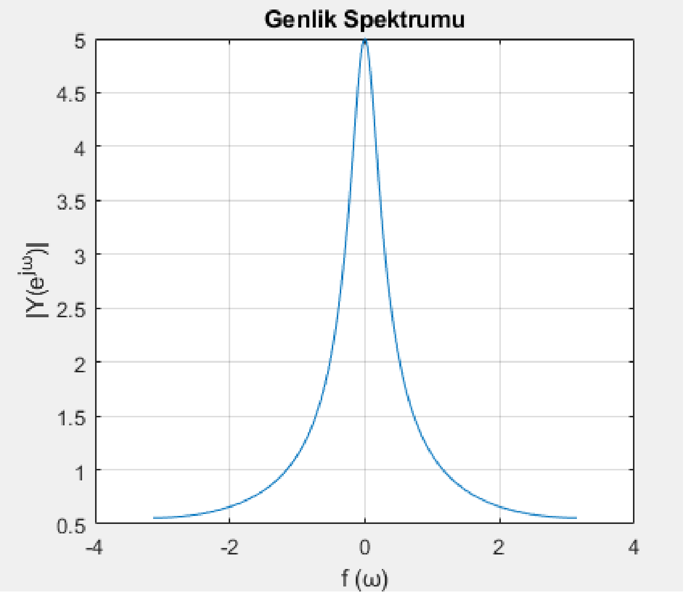
  Faz spektrumu ise tersine çevrilir:

  $$\arg(Y(e^{j\omega})) = -\arg(X(e^{j\omega}))$$

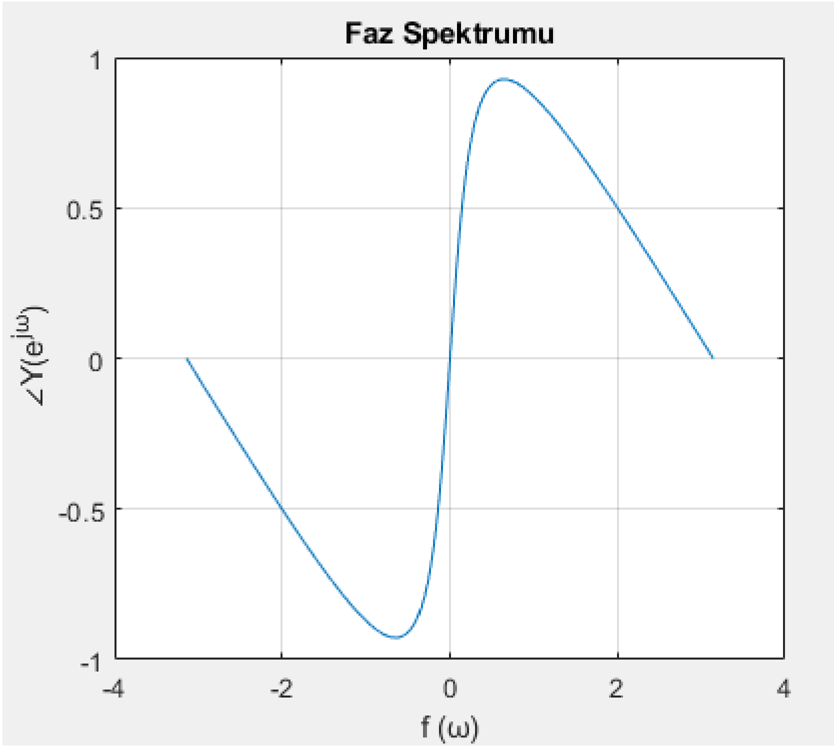
2.4.2. MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_d
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Orijinal genlik ve faz spektrumları
X_mag = 1 ./ sqrt((1 - 0.8 * cos(omega)).^2 + (0.8 * sin(omega)).^2);
X_phase = -atan2(0.8 * sin(omega), 1 - 0.8 * cos(omega));

% Yansıyan sinyalin genlik spektrumu
Y_mag = X_mag;

% Yansıyan sinyalin faz spektrumu
Y_phase = -X_phase;
% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, Y_mag);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f (ω)');
ylabel('|Y(e^{jω})|');
grid on;
% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, Y_phase);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f (ω)');
ylabel('∠Y(e^{jω})');
grid on;

sgtitle('Genlik ve Faz Spektrumu');
```

2.4.3. GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 18. Genlik Spektrumu



Şekil 19. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu:** Zaman yansıması, genlik spektrumunu etkilemez, dolayısıyla y[n] ve x[n] işaretlerinin genlik spektrumları aynıdır.

- **Faz Spektrumu:** Zaman yansıması, faz spektrumunu tersine çevirir. Bu nedenle faz spektrumu negatif bir eğilim gösterir.

2.4.4. SONUÇ

y[n]=x[−n] işaretinin Fourier dönüşümü, zaman yansımasının genlik spektrumunu etkilemediğini ancak faz spektrumunu tersine çevirdiğini gösterir. Genlik spektrumu orijinal işaretle aynıdır, ancak faz spektrumu negatif bir eğilim gösterir. Bu, işaretin zaman domeninde yansıtıldığını doğrular.

2.5.PROBLEM 2.e

- $y[n]$=$x[n]$cos $(0.1\pi n)$ işaretinin Fourier transformunu bularak genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz.

2.5.1. ANALİTİK ÇÖZÜM

y[n]=x[n]cos(0.1πn) işaretinin Fourier dönüşümünü bulmak için modülasyon (karıştırma) teoremini kullanarak çözebiliriz. Modülasyon teoremi, bir işaretin bir sinüs veya kosinüs dalgası ile çarpılmasının frekans spektrumunda bir kaymaya neden olduğunu belirtir.

$$x[n]\cos(\omega_0 n)\leftrightarrow \frac{1}{2}[X[e^{j(w-w_0)})+X(e^{j(w+w_0)})]$$

$\omega_0=0.1\pi$

$$Y[n] = x[n]\cos(0.1\pi n) \leftrightarrow \frac{1}{2}[X\,(e^{j(\omega-0.1\pi)})+X(e^{j(\omega+0.1\pi)}]$$

Fourier Dönüşümü:

$$Y(e^{j\omega}) = (\frac{1}{1-0.8e^{-jw}})$$

Modülasyon Teoremi Uygulaması:

$$Y(e^{j\omega}) = \frac{1}{2}[X\,[e^{j(\omega-0.1\pi)})+X(e^{j(\omega+0.1\pi)}]$$

- **Genlik Spektrumu:**

$$|Y(e^{j\omega})| =| \frac{1}{2}[X\,(e^{j(\omega-0.1\pi)})+X(e^{j(\omega+0.1\pi)})|$$

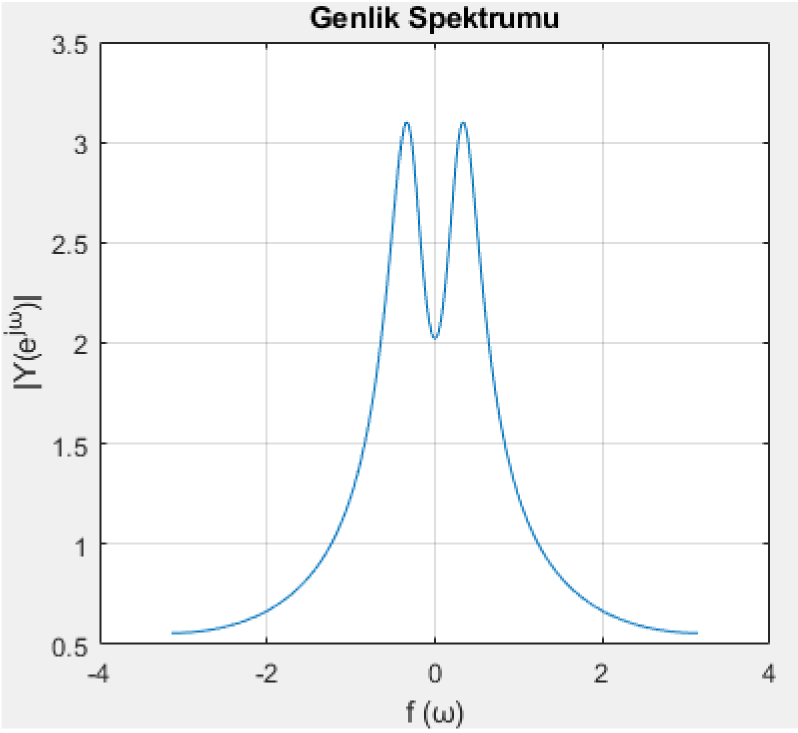
- **Faz Spektrumu:**

$$\arg(Y(e^{j\omega})) =\arg(\frac{1}{2}[X\,[e^{j(\omega-0.1\pi)})+X(e^{j(\omega+0.1\pi)}])$$

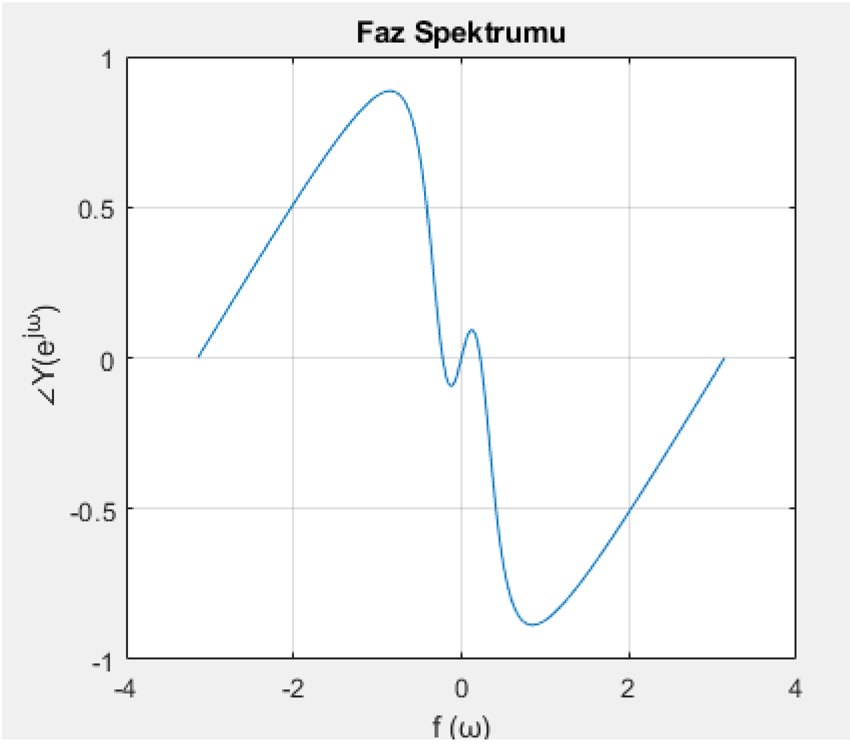
2.5.2. MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_e
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Orijinal X(e^jω) fonksiyonu
Y = 0.5 * (X(omega - 0.1 * pi) + X(omega + 0.1 * pi));

% Genlik spektrumu
Y_mag = abs(Y);

% Faz spektrumu
Y_phase = angle(Y);

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, Y_mag);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f (ω)');
ylabel('|Y(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, Y_phase);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f (ω)');
ylabel('∠Y(e^{jω})');
grid on;

sgtitle('Genlik ve Faz Spektrumu');

% Orijinal X(e^jω) fonksiyonunu tanımlayalım
function X_omega = X(omega)
    X_omega = 1 ./ (1 - 0.8 * exp(-1j * omega));
end
```

2.5.3. GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 20. Genlik Spektrumu



Şekil 20. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu:** Modülasyon sonucu, orijinal işaretin spektrumu $\pm 0.1\pi$ frekanslarına kaydırılır. Bu, spektrumun iki yana genişlemesine neden olur.

- **Faz Spektrumu:** Modülasyon faz spektrumunu iki yana kaydırarak faz bileşenlerinin değişmesine neden olur.

2.5.4. SONUÇ

$y[n]=x[n]\cos(0.1\pi n)$ işaretinin Fourier dönüşümü, modülasyonun genlik spektrumunu iki yana kaydırarak genişlettiğini ve faz spektrumunda da benzer kaymalar oluşturduğunu gösterir. Modülasyon sonucu orijinal işaretin spektrumu $\pm 0.1\pi$ frekanslarına kayar, bu da spektrumun genişlemesine neden olur. Faz spektrumu da benzer şekilde kayma gösterir.

2.6. PROBLEM 2.f

- Çıkış işareti $y[n]=\delta[n-5]$ olarak verilen LTI sistemin frekans ve dürtü cevabını bulunuz. Bulduğunuz frekans cevabının genlik ve faz spektrumunu çizdiriniz.

2.6.1. ANALİTİK ÇÖZÜM

LTI sistemin çıkış işareti $y[n]=\delta[n-5]$ olarak verildiğine göre, bu sistemin dürtü cevabı $h[n]$ olacaktır. Çıkış işaretinin doğrudan birim dürtü fonksiyonu olduğuna göre, bu LTI sistemin dürtü cevabı doğrudan $\delta[n-5]$ olacaktır.

Dürtü cevabı $h[n]=\delta[n-5]$

Frekans cevabı $H(e^{j\omega})$, dürtü cevabının Fourier dönüşümüdür. Birim dürtü fonksiyonunun Fourier dönüşümü:

$$\delta[n-n_0] \leftrightarrow e^{-j\omega n_0}$$

$$H(e^{j\omega})=e^{-j\omega.5}$$

- Genlik Spektrumu:

$$|H(e^{j\omega}) = |\, e^{-j\omega.5}|$$

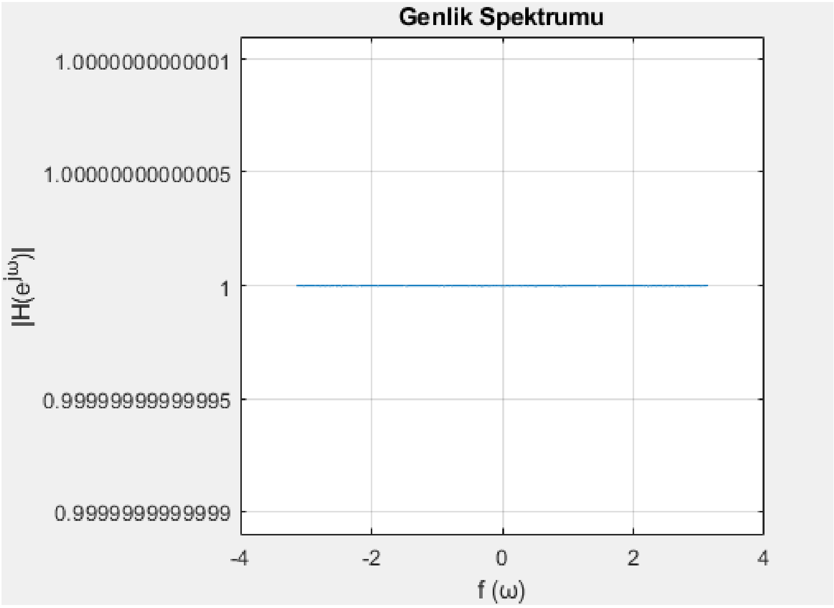
- Faz Spektrumu

$$\arg(H(e^{j\omega}))=\arg(e^{-j\omega.5}) = -5\omega$$

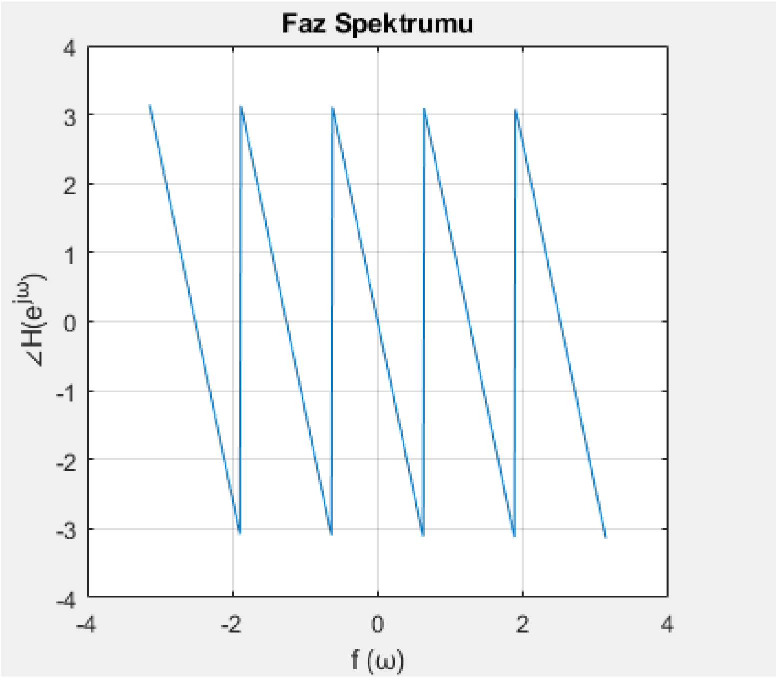
2.6.2. MATLAB

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_f
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Frekans yanıtı H(e^jω)
H_mag = abs(exp(-1j * omega * 5));
H_phase = angle(exp(-1j * omega * 5));

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, H_mag);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f (ω)');
ylabel('|H(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, H_phase);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f (ω)');
ylabel('∠H(e^{jω})');
grid on;

sgtitle('Genlik ve Faz Spektrumu');
```

2.6.3. GRAFİK VE YORUMLAMASI



Şekil 22. Genlik Spektrumu



Şekil 23. Faz Spektrumu

- **Genlik Spektrumu:** Genlik spektrumu birim dürtü fonksiyonu için her frekansta sabit 1'dir. Bu, tüm frekans bileşenlerinin eşit katkıda bulunduğunu gösterir.

- **Faz Spektrumu:** Faz spektrumu, doğrusal bir kayma ile -5ω şeklinde olur. Bu, zaman kaydırmasının fazda doğrusal bir kayma oluşturduğunu gösterir.

2.6.4. SONUÇ

$y[n]=\delta[n-5]$ işaretinin Fourier dönüşümü, birim dürtü fonksiyonunun genlik spektrumunun her frekansta sabit olduğunu ve faz spektrumunun doğrusal bir kayma gösterdiğini ortaya koyar. Genlik spektrumu sabittir (1), bu da tüm frekans bileşenlerinin eşit katkıda bulunduğunu gösterir. Faz spektrumu ise doğrusal bir kayma gösterir (-5ω), bu da zaman kaydırmasının bir sonucudur.

3. KAYNAKÇA

- **Oppenheim, Alan V., Alan S. Willsky, and S. Hamid Nawab. "Signals and Systems."** Prentice Hall, 1996.
- **https://www.tutorialspoint.com/signals-and-systems-properties-of-discrete-time-fourier-transform**
- **https://www.tutorialspoint.com/properties-of-continuous-time-fourier-transform-ctft**

4. MATLAB KAYNAK KODU

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_a
% t aralığını belirleyelim
t = linspace(-2, 2, 400);

% x(t) fonksiyonunu tanımlayalım
x = (abs(t) < 1) .* (1 - abs(t));

% Grafiği çizelim
figure;
plot(t, x, 'DisplayName', 'x(t) = tri(t)');
xlabel('t');
ylabel('x(t)');
title('Üçgen Darbe Biçiminde Sürekli Zamanlı İşaret - x(t)');
grid on;
legend show;


% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_b
% Frekans aralığını belirleyelim
f = linspace(-5, 5, 400);

% sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) arrayfun(@(y) (y == 0) * 1 + (y ~= 0) * sin(pi*y)./(pi*y), x);

% Genlik spektrumunu hesaplayalım
X_f = sinc_func(f).^2;

% Faz spektrumu
angle_X_f = angle(X_f);

% Genlik spektrumu grafiği
figure('Position', [100, 100, 1200, 600]);

subplot(2, 1, 1);
plot(f, X_f, 'DisplayName', '|X(f)|');
xlabel('f');
ylabel('|X(f)|');
title('Genlik Spektrumu');
grid on;
legend show;

% Faz spektrumu grafiği
subplot(2, 1, 2);
plot(f, angle_X_f, 'DisplayName', '∠X(f)', 'Color', 'r');
xlabel('f');
ylabel('∠X(f)');
title('Faz Spektrumu');
grid on;
legend show;

sgtitle('x(t) işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');


% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_c
% Frekans aralığını belirleyelim
```

```
f = linspace(-5, 5, 400);

% sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) arrayfun(@(y) (y == 0) * 1 + (y ~= 0) * sin(pi*y)./(pi*y), x);

% Genlik spektrumunu hesaplayalım
X_f = sinc_func(f).^2;
Y_f_magnitude = X_f;

% Faz spektrumu
Y_f_phase = -2 * pi * f * 5;

% Genlik spektrumu grafiği
figure('Position', [100, 100, 1200, 600]);

subplot(2, 1, 1);
plot(f, Y_f_magnitude, 'DisplayName', '|Y(f)|');
xlabel('f');
ylabel('|Y(f)|');
title('Genlik Spektrumu');
grid on;
legend show;

% Faz spektrumu grafiği
subplot(2, 1, 2);
plot(f, Y_f_phase, 'DisplayName', '∠Y(f)', 'Color', [1, 0.5, 0]);
xlabel('f');
ylabel('∠Y(f)');
title('Faz Spektrumu');
grid on;
legend show;

sgtitle('y(t)=x(t-5) işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');


% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_d
% Frekans aralığını belirleyelim
f = linspace(-2e6, 2e6, 4000);

% sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) arrayfun(@(y) (y == 0) * 1 + (y ~= 0) * sin(pi*y)./(pi*y), x);

% Genlik spektrumunu hesaplayalım
X_f_pos = sinc_func((f - 927e3) / pi).^2;
X_f_neg = sinc_func((f + 927e3) / pi).^2;
Y_f_magnitude = 0.5 * (X_f_pos + X_f_neg);

% Faz spektrumu
Y_f_phase = zeros(size(f));

% Genlik spektrumu grafiği
figure('Position', [100, 100, 1200, 600]);

subplot(2, 1, 1);
plot(f, Y_f_magnitude, 'DisplayName', '|Y(f)|');
xlabel('f (Hz)');
ylabel('|Y(f)|');
title('Genlik Spektrumu');
grid on;
legend show;
```

```matlab
% Faz spektrumu grafiği
subplot(2, 1, 2);
plot(f, Y_f_phase, 'DisplayName', '∠Y(f)', 'Color', [1, 0.5, 0]);
xlabel('f (Hz)');
ylabel('∠Y(f)');
title('Faz Spektrumu');
grid on;
legend show;

sgtitle('y(t) = x(t)cos(2π.927.(10^3)t) işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');


% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_e
% Frekans aralığını belirleyelim
f = linspace(-5, 5, 1000);

% sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) arrayfun(@(y) (y == 0) * 1 + (y ~= 0) * sin(pi*y)./(pi*y), x);

% Genlik spektrumunu hesaplayalım
magnitude_spectrum = 3 * sinc_func(3 * f).^2;

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 600]);
plot(f, magnitude_spectrum, 'DisplayName', '|Y(f)|');
title('Genlik Spektrumu ');
xlabel('f (Hz)');
ylabel('|Y(f)|');
grid on;
legend show;

% Faz spektrumu sıfır
phase_spectrum = zeros(size(f));

% Faz spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 600]);
plot(f, phase_spectrum, 'DisplayName', ' ∠Y(f)');
title('Faz Spektrumu ');
xlabel('f (Hz)');
ylabel('∠Y(f)');
grid on;
legend show;

sgtitle('y(t) = (1/3)x(t/3) işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');

% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 1_f
% Sinc fonksiyonunu tanımlayalım
sinc_func = @(x) sin(pi*x)./(pi*x);

% Frekans aralığını tanımlayalım
f = linspace(-5, 5, 1000);

% Genlik ve faz spektrumunu hesaplayalım
H_f = sinc_func(f);
amplitude_spectrum = abs(H_f);
phase_spectrum = angle(H_f);

% Genlik spektrumunu çizelim
```

```
figure('Position', [100, 100, 1200, 600]);

subplot(2, 1, 1);
plot(f, amplitude_spectrum);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(Hz)');
ylabel('|H(f)|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(2, 1, 2);
plot(f, phase_spectrum);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(Hz)');
ylabel('∠H(f)');
grid on;

sgtitle('m(t) = rect(t) Genlik ve Faz Spektrumları');


% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_a
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Genlik spektrumu
X_mag = 1 ./ sqrt((1 - 0.8 * cos(omega)).^2 + (0.8 * sin(omega)).^2);

% Faz spektrumu
X_phase = -atan2(0.8 * sin(omega), 1 - 0.8 * cos(omega));

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, X_mag);
title('Genlik Spektrumu ');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|X(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, X_phase);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('∠X(e^{jω})');
grid on;

sgtitle(' x[n] işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');



% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_b
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Orijinal genlik ve faz spektrumları
X_mag = 1 ./ sqrt((1 - 0.8 * cos(omega)).^2 + (0.8 * sin(omega)).^2);
X_phase = -atan2(0.8 * sin(omega), 1 - 0.8 * cos(omega));
```

```
% Kaydırılmış sinyalin genlik spektrumu
Y_mag_shifted = X_mag;

% Kaydırılmış sinyalin faz spektrumu
Y_phase_shifted = X_phase - 5 * omega;

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, Y_mag_shifted);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|Y(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, Y_phase_shifted);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('∠Y(e^{jω})');
grid on;

sgtitle(' y[n] = x[n - 5] işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');

% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_c
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Y(e^jω) fonksiyonunu çağırmak
Y_f_derivative = Y_func(omega);

% Genlik spektrumu
Y_mag_derivative = abs(Y_f_derivative);

% Faz spektrumu
Y_phase_derivative = angle(Y_f_derivative);

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, Y_mag_derivative);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|Y(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, Y_phase_derivative);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('∠Y(e^{jω})');
grid on;

sgtitle('y[n] = nx[n] işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');
```

```
% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_d
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Orijinal genlik ve faz spektrumları
X_mag = 1 ./ sqrt((1 - 0.8 * cos(omega)).^2 + (0.8 * sin(omega)).^2);
X_phase = -atan2(0.8 * sin(omega), 1 - 0.8 * cos(omega));

% Yansıyan sinyalin genlik spektrumu
Y_mag_reflected = X_mag;

% Yansıyan sinyalin faz spektrumu
Y_phase_reflected = -X_phase;

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, Y_mag_reflected);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|Y(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, Y_phase_reflected);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('∠Y(e^{jω})');
grid on;

sgtitle('y[n] = x[-n] işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');


% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_e
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Orijinal X(e^jω) fonksiyonu
Y_bandlimited = 0.5 * (X_func(omega - 0.1 * pi) + X_func(omega + 0.1 * pi));

% Genlik spektrumu
Y_mag_bandlimited = abs(Y_bandlimited);

% Faz spektrumu
Y_phase_bandlimited = angle(Y_bandlimited);

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, Y_mag_bandlimited);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|Y(e^{jω})|');
grid on;
```

```
% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, Y_phase_bandlimited);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('∠Y(e^{jω})');
grid on;

sgtitle('y[n] = x[n]cos(0.1πn) işaretinin Genlik ve Faz Spektrumu');


% Mehmet ALTINTAŞ 1901022065
% ELM 264 PROJE 2- PROBLEM 2_f
% Frekans aralığı
omega = linspace(-pi, pi, 400);

% Frekans yanıtı H(e^jω)
H_mag_shifted = abs(exp(-1j * omega * 5));
H_phase_shifted = angle(exp(-1j * omega * 5));

% Genlik spektrumunu çizelim
figure('Position', [100, 100, 1000, 400]);

subplot(1, 2, 1);
plot(omega, H_mag_shifted);
title('Genlik Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('|H(e^{jω})|');
grid on;

% Faz spektrumunu çizelim
subplot(1, 2, 2);
plot(omega, H_phase_shifted);
title('Faz Spektrumu');
xlabel('f(ω)');
ylabel('∠H(e^{jω})');
grid on;

sgtitle('y[n] = δ[n-5] LTI sistemin Genlik ve Faz Spektrumu');

% Fonksiyon tanımlamaları
% Y(e^jω) fonksiyonunu tanımlayalım
function Y_f = Y_func(omega)
    X = 1 ./ (1 - 0.8 * exp(-1j * omega));
    dX_domega = 0.8 * exp(-1j * omega) ./ (1 - 0.8 * exp(-1j * omega)).^2;
    Y_f = 1j * dX_domega;
end

% Orijinal X(e^jω) fonksiyonunu tanımlayalım
function X_omega = X_func(omega)
    X_omega = 1 ./ (1 - 0.8 * exp(-1j * omega));
end
```