

ANALOG İLETİŞİM

Modülasyon: Çeşitli kaynaklar tarafından üretilen temel bant sinyalleri kanalda doğrudan iletim için uygun değildir. Bu nedenle, gönderilecek bilgi işareti, iletim kanalına uygun bir biçime dönüştürülmelidir. Bu işlem modülasyon olarak adlandırılır. Modülasyon işleminde iletim kanalına uygun taşıyıcı bir dalga vardır. Modülasyon işlemi, bu taşıyıcı dalganın bir veya birkaç özelliğini, bilgi işaretine göre değiştirmektedir. Haberleşme sisteminin alıcı ucunda genellikle orijinal temel bant işaretin veya işaretinin tekrar elde edilmesi gereklidir. Bu işleme de demodülasyon adı verilir. Demodülasyon, modülasyonun tersi bir işlemdir

Modülasyonun yararları:

1. Yayılımı kolaylaştırır. Elektromanyetik alanlar yaklaşık hızında yayıldığı ve uygun şartlarda dağ tepe çukur gibi doğal engelleri kolaylıkla aşarlar. Uzayda ise uygun bir antenle çok uzaklara gidebilirler.
2. Gürültü ve bozulmanın olumsuz etkilerini azaltır.
3. Kanal ayrımı sağlar. Yani modülasyon sayesinde aynı iletim hattında birden çok bilgi yollama olanağı sağlar. (FDM ve TDM ile)
4. Çevresel etkilerin ortaya çıkardığı pek çok sınırlayıcı etkiyi ortadan kaldırır.

Etkin bir elektromanyetik yayımı sağlamak için dalga boyunun en az $1/10$ 'nuna eşit antene ihtiyaç vardır. Modülasyon çalışma frekansını yükselteceği için çalışılan dalga boyu (λ) ve bağlı olarak anten boyutu da küçülür.

4.1. Genlik Modülasyonu

Genlik modülasyonu tür olarak doğrusal bir modülasyondur. Genlik modülasyonu frekans izgesinin karakteristiklerine göre *Çift Yan Bant Modülasyon* 'ÇYB' (Double-Sideband 'DSB'), *Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonu* (Ordinary amplitude modulation 'C-AM'), *Tek Yan Bant Modülasyonu* 'TYB' (Single -Sideband), *Artık Yan Bant Modülasyonu* (Vestigial-sideband VSB) olmak üzere dörde ayrılır.

Genlik modülasyonunda taşıyıcı $c(t)$ 'nin genliği mesaj işareti $m(t)$ ile doğrusal olarak ilişkilidir ve mesaj işareti (bilgi) taşıyıcının genliğinde gider. Bu modülasyon tipine doğrusal modülasyon da denir. Burada ÇYB, TYB modülasyon ve bu modülasyonların eşzaman demodülatör yapısı ile demodülasyonu gösterilecektir. Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonu asenkron olarak zarf alıcısıyla demodüle edilebilmektedir. Sistem senkronizasyona ihtiyaç duymadığı için daha ucuza gerçekleştirilebilir.

Genlik modülasyonunda kullanılan taşıyıcı işaret

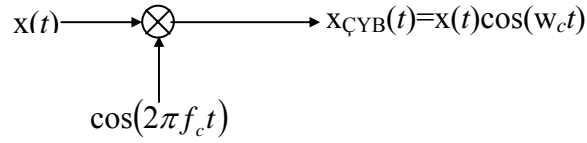
$$x_c(t) = A_c \cos(\omega_c t) \quad (4.1)$$

şeklinde ifade edilebilir.

4.1.1. Çift Yan Bant Modülasyon (ÇYB) :

Çift Yan Bant Sinyallerin Üretimi:

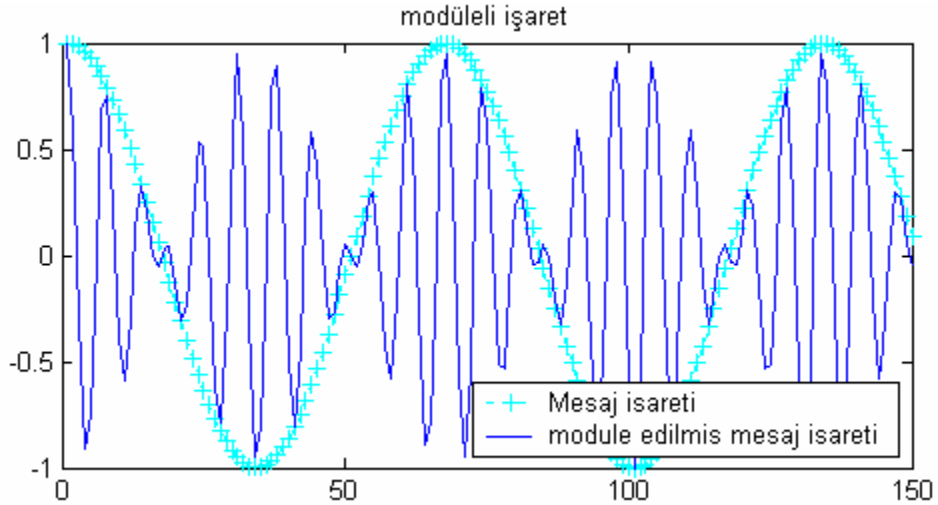
Sinüzoidal taşıyıcı işaret ile bilgi işaretinin zaman alanında çarpılmasıyla çift yan bant işareti elde edilir.(Taşıyıcı genliği $A_c=1$ ' dir.)



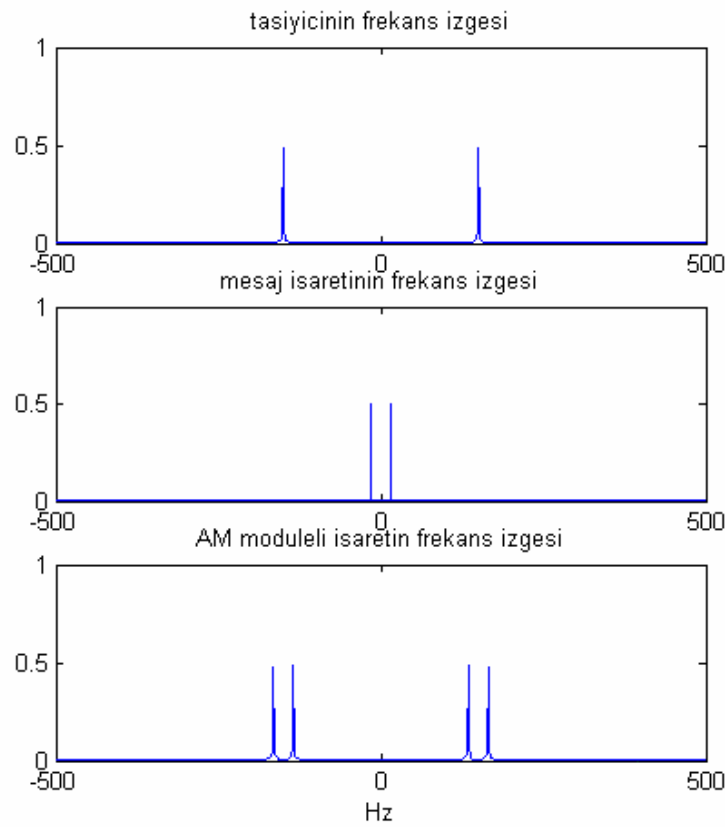
$$x_{\text{ÇYB}}(t) = x(t)x_c(t) = x(t)\cos(\omega_c t) \quad (4.1)$$

Frekans izgesinde, bilgi işareti taşıyıcının frekansına kaymıştır.

$$X_{\text{GM}}(f) = \frac{1}{2} [X(\omega - \omega_c) + X(\omega + \omega_c)] \quad (4.2)$$

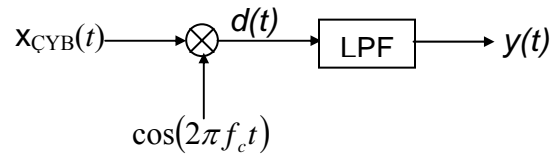


Şekil 4.1: Genlik Modülasyonlu İşaretin Zaman İzgesinde Gösterimi



Şekil 4.2: Genlik Modülasyonu İşaretin Frekans İzgesinde Gösterimi

Çift Yan Bant Sinyallerin Demodülasyonu:



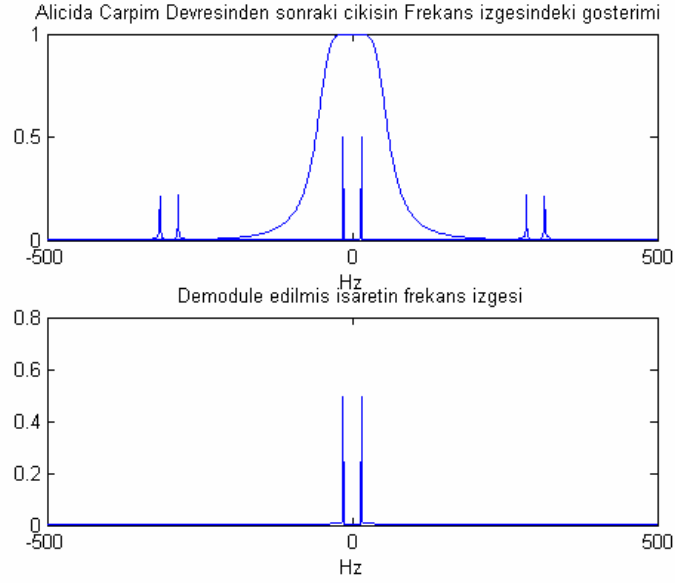
Mesaj işareti $m(t)$ ÇYB'lı işaretin yerel taşıyıcı ile çarpılması sonucunda ortaya çıkan işaretin alçak geçiren filtreden (LPF) geçirilmesi ile geri elde edilir.

$$\begin{aligned}
 d(t) &= x_{\text{ÇYB}}(t) \cos(\omega_c t) = [m(t) \cos(\omega_c t)] \cos(\omega_c t) \\
 &= m(t) \cos^2(\omega_c t) \\
 &= \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} m(t) \cos(2\omega_c t)
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

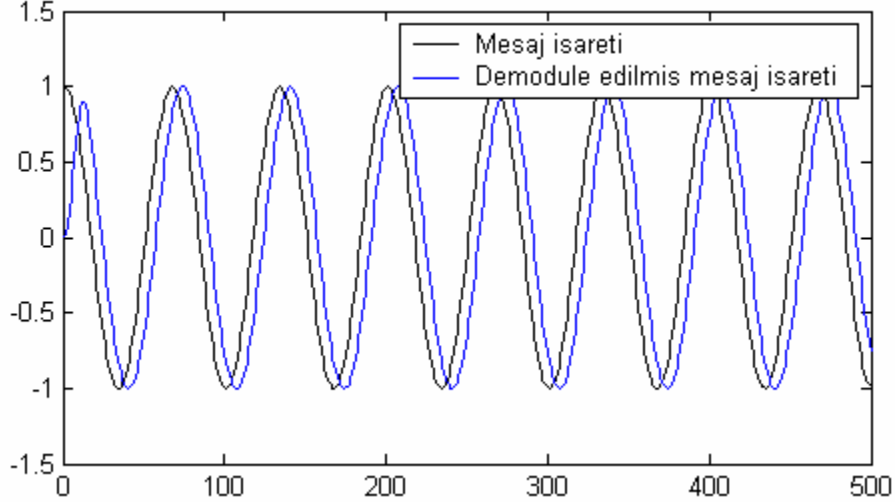
$d(t)$ işareti alçak geçiren bir filtreden geçirilirse;

$$y(t) = \frac{1}{2} m(t) \tag{4.4}$$

elde edilir. $y(t)$ işareti de kazancı 2 olan uygun bir kuvvetlendiriciden geçirilirse $m(t)$ mesaj işareti geri elde edilebilir.



Şekil 4.3: Demodüle edilmiş Genlik Modülasyonlu İşaretin Frekans İzgesinde Gösterimi



Şekil 4.4: Demodüle edilmiş Genlik Modülasyonlu İşaretin Zaman İzgesinde Gösterimi

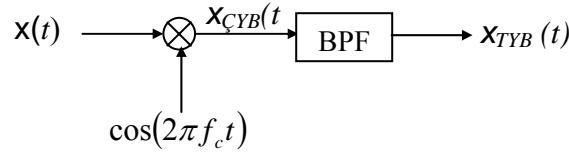
4.1.2. Tek Yan Bant Modülasyon (TYB) :

Genlik Modülasyonunda hem taşıyıcı hem de mesaj işaretinin alt ve üst yan bantlarının tamamı iletilmektedir. Mesaj işareti olmasa bile taşıyıcı her zaman vardır. Mesaj işaretinin tüm özelliği alt ya da üst yan bantta olmasına rağmen iki yan bantta iletilir. Bu durum güç ve bant sınırlı uygulamalarda problem oluşturacağından alt ya da üst yan banttan yalnızca biri ile iletişim yapılabilir. Sadece tek bir yan bantın iletildiği durumdaki modülasyon tipine TYB modülasyonu denir.

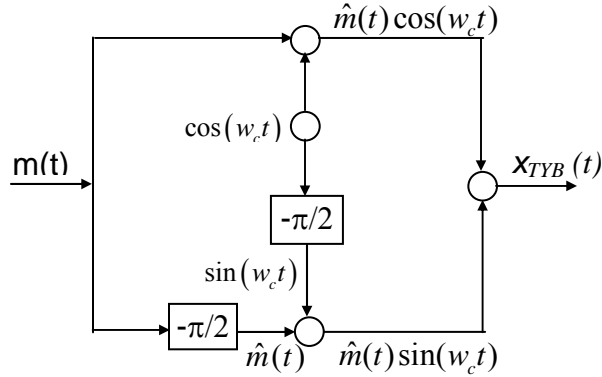
TYB işaretleri iki şekilde elde edilir.

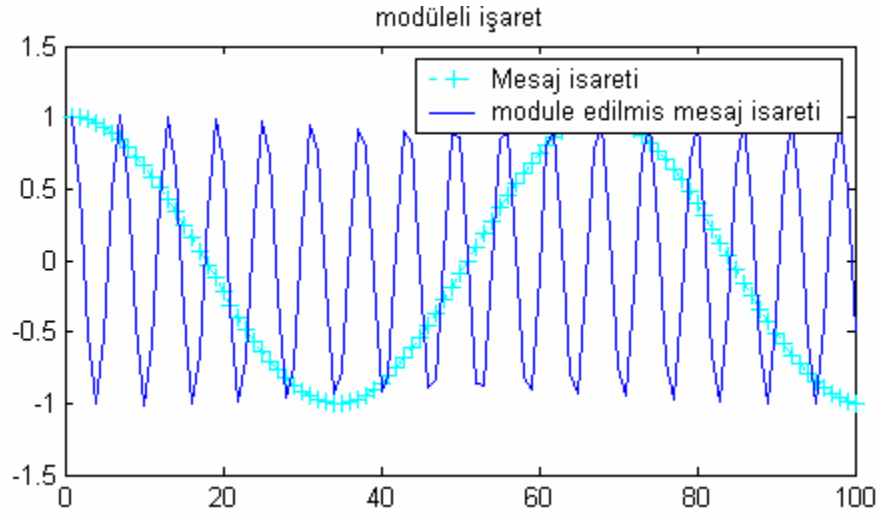
A. Frekans Ayrım Yöntemi

TYB işareti elde etmek için önce bir ÇYB işareti oluşturulur. Daha sonra bant geçiren bir filtre yardımıyla istenilen yan bant süzülür ve TYB işareti elde edilir. Bu yöntem “frekans ayırım” yöntemi olarak bilinir. Ancak bu yöntem pratikte filtrenin kesim karakteristiği çok sert olması gerektiğinden kolay değildir.

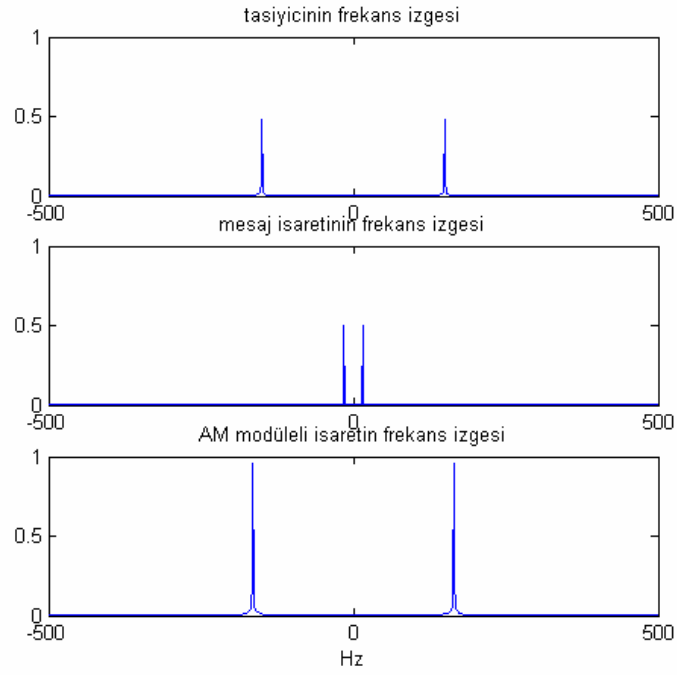


B. Faz Öteleme Yöntemi





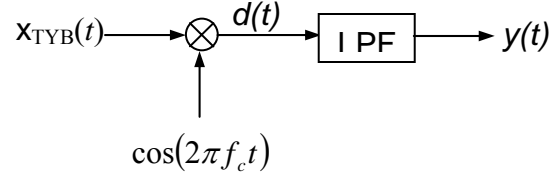
Şekil 4.5: Tek Yan Bant Genlik Modülasyonlu İşaretin Zaman İzgesinde Gösterimi



Şekil 4.6: Tek Yan Bant Genlik Modülasyonlu İşaretin Frekans İzgesinde Gösterimi

Tek yan bant sinyallerin demodülasyonu:

Mesaj işareti $m(t)$ TYB'lı işaretin yerel taşıyıcı ile çarpılması sonucunda ortaya çıkan işaretin alçak geçiren filtreden (LPF) geçirilmesi ile geri elde edilir.

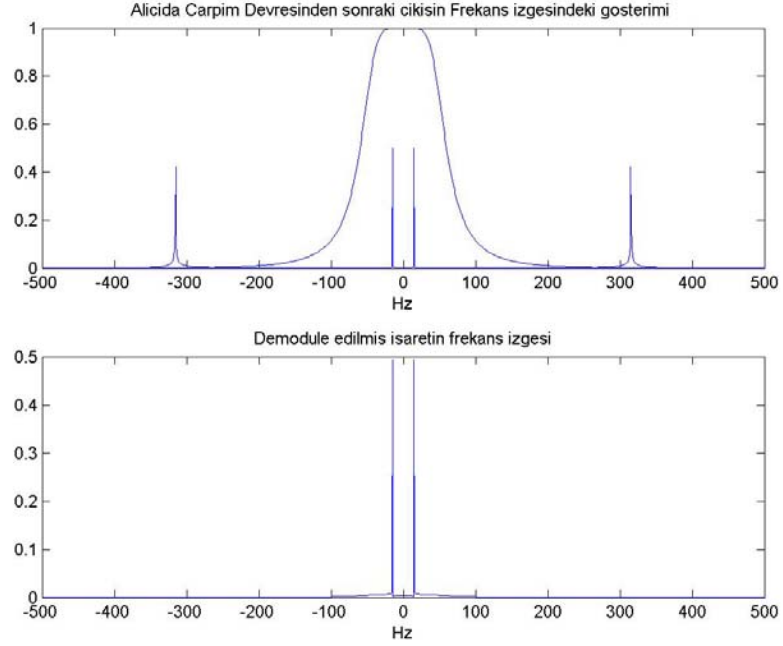


$$\begin{aligned} d(t) &= x_{TYB}(t) \cos(\omega_c t) = [m(t) \cos(\omega_c t) \mp \hat{m}(t) \sin(\omega_c t)] \cos(\omega_c t) \\ &= m(t) \cos^2(\omega_c t) \mp \hat{m}(t) \sin(\omega_c t) \cos(\omega_c t) \\ &= \frac{1}{2} m(t) (1 + \cos(2\omega_c t)) \mp \frac{1}{2} \hat{m}(t) \sin(2\omega_c t) \\ &= \frac{1}{2} m(t) + \frac{1}{2} \cos(2\omega_c t) \mp \frac{1}{2} \hat{m}(t) \sin(2\omega_c t) \end{aligned} \quad (4.5)$$

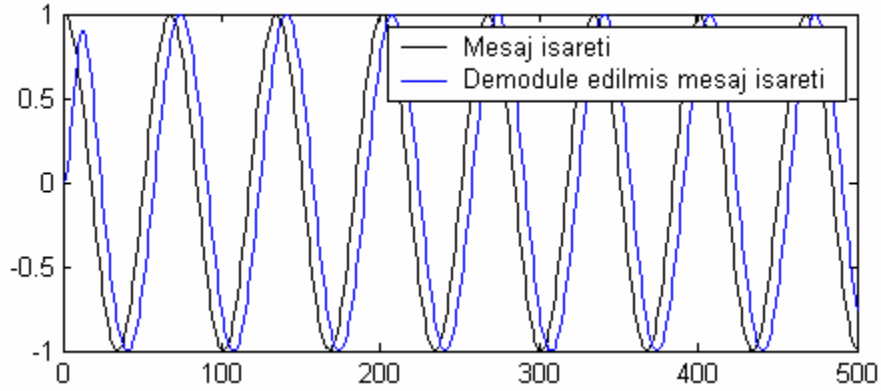
$d(t)$ işareti alçak geçiren bir filtreden geçirilirse;

$$y(t) = \frac{1}{2} m(t) \quad (4.6)$$

elde edilir. $y(t)$ işareti de kazancı 2 olan uygun bir kuvvetlendiriciden geçirilirse $m(t)$ mesaj işareti geri elde edilebilir.



Şekil 4.7: Demodüle Edilmiş Tek Yan Bant Genlik Modülasyonlu İşaretin Zaman İzgesinde Gösterimi



Şekil 4.8: Demodüle Edilmiş Tek Yan Bant Genlik Modülasyonlu İşaretin Frekans İzgesinde Gösterimi

4.1.3. Büyük Taşıyıcılı Genlik Modülasyonu

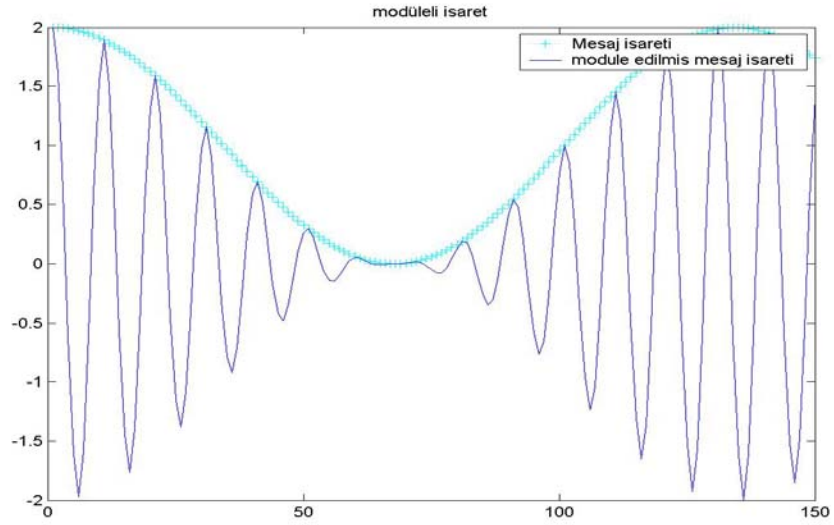
ÇYB işaretinin genliğini uygun bir parametre (m) ile çarpıp bu işarete taşıyıcıyı eklenirse Genlik Modülasyonlu işaret elde edilir.

$$\begin{aligned}
 x_{GM}(t) &= mx_{CYB}(t) + A_c \cos(w_c t) \\
 &= mx(t)A_c \cos(w_c t) + A_c \cos(w_c t) \\
 &= A_c [1 + mx(t)] \cos(w_c t)
 \end{aligned}
 \tag{4.7}$$

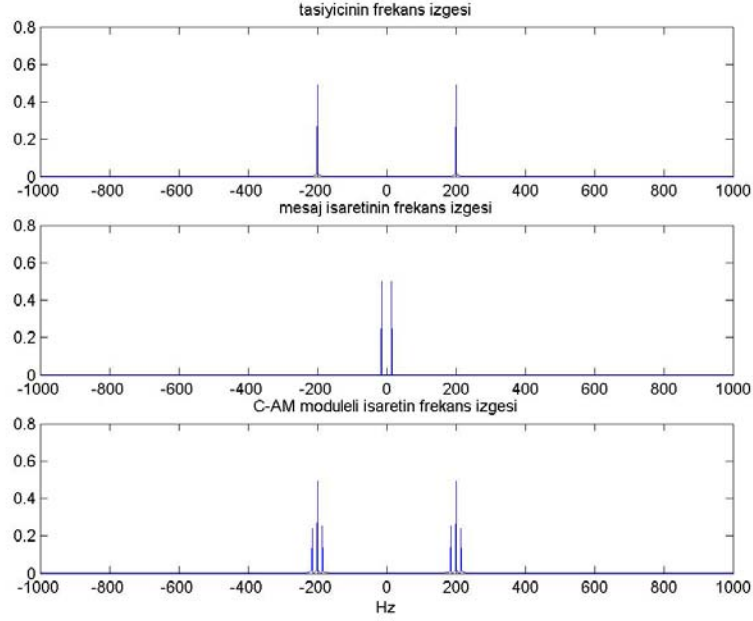
GM'lu işaretin spektrumu şu şekildedir;

$$X_{GM}(w) = \frac{1}{2}X(w - w_c) + \frac{1}{2}X(w + w_c) + \pi A_c[\delta(w - w_c) + \delta(w + w_c)] \quad (4.8)$$

A_c taşıyıcı dalganın genliği $x(t)$ mesaj işaretinin doğrusal bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Burada m modülasyon derinliğidir ve sabit bir sayı ile gösterilir. m ' in çok büyük olması modüle edilmiş dalganın zarfını bozar. Bu nedenle m en çok 1 olabilir. m ' in bir olması %100 modülasyon olduğu durumdur. ($0 \leq m \leq 1$)



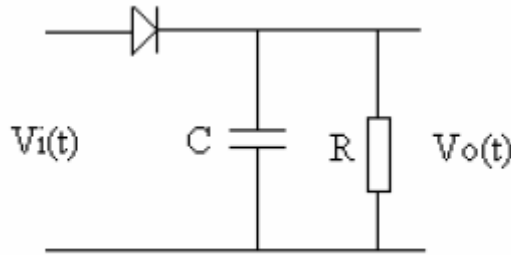
Şekil 4.9: Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonu İşaretin Zaman İzgesinde Gösterimi



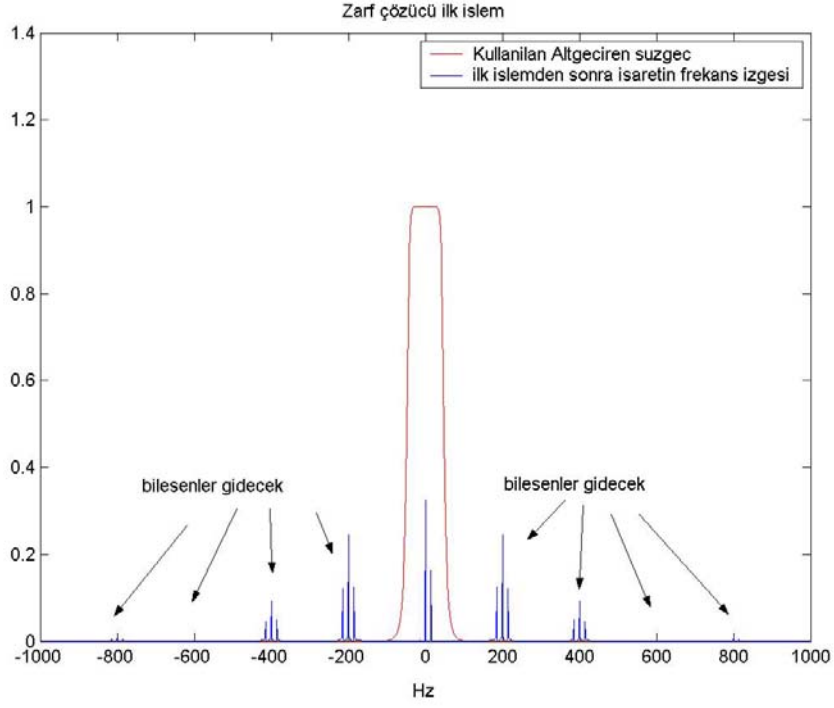
Şekil 4.10: Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonu İşaretin Frekans İzgesinde Gösterimi

Genlik Modülasyonunun Demodülasyonu:

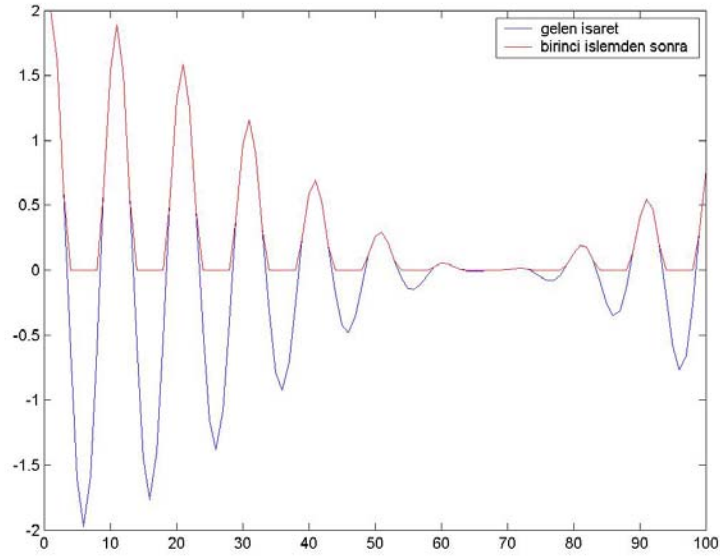
En çok kullanılan aşağıdaki şekilde görülen zarf detektörüdür. Zarf demodülasyonu, genlik modülasyonu dalga zarfının mesaj işareti ile aynı biçimde olmasından yararlanılarak geliştirilmiştir. Burada temel fikir, modüle edilmiş dalganın seçilip alınmasıdır. Bu devrede R ve C alçak geçiren filtre olup giriş işaretinin tepe değeri değişimlerine duyarlıdır. RC zaman sabiti $1/f_c$ 'den çok büyük $1/\omega$ 'dan küçüktür. Dolayısıyla $V_o(t)$ 'nin zarfı $V_i(t)$ 'nin zarfına yaklaşık eşit olur.



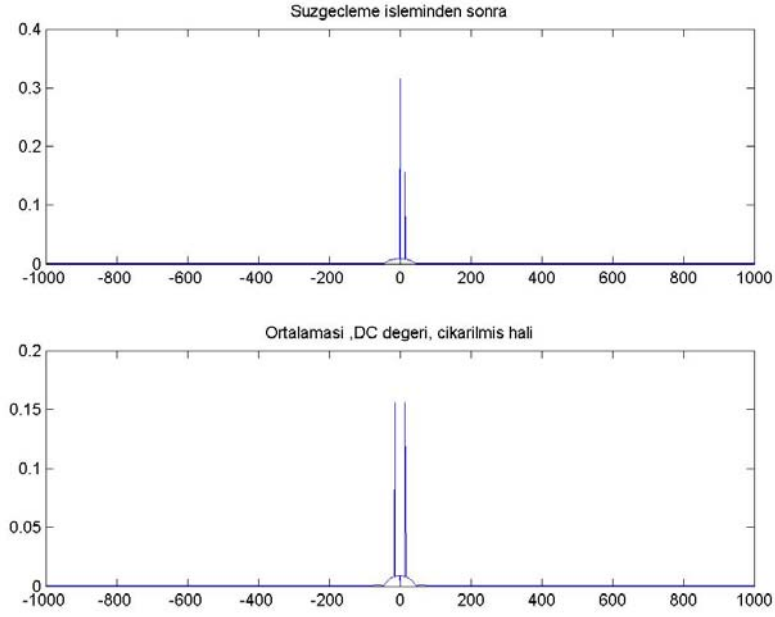
Şekil 4.11: Zarf Detektörü



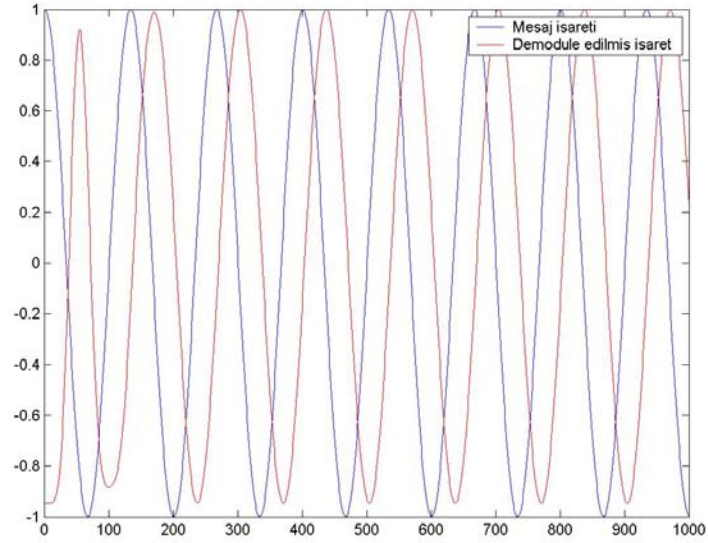
Şekil 4.12: Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonlu İşaretin Frekans İzgesinde Gösterimi



Şekil 4.13: Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonlu İşaretin AGF'den Geçtikten Sonraki Hali



Şekil 4.14: Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonu İşaretin AGF' den Geçtikten ve DC bileşeni Atıldıktan Sonraki Hali



Şekil 4.15: Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonu İşaretin Demodüle Edilmiş Hali

4.4. MATLAB Programları

- *ÇYB Modülasyonu ve Demodülasyonu*

```
% Genlik Modülasyonu
close all
clear all
hold on
fs=1000; % pi=500 %Sinyalin orneklemleme frekansi
ts=0.01;
n=[0:(1/fs):1]; % Sinyal 0'dan 1 saniyeye kadar

fc=150; %150 % Isaretin frekansi
fm=15;
faz=0;%30
tsy=cos(2*pi*n*fc+faz); % tasiyici

msg=cos(2*pi*n*fm);

%plot(n,tsy); %isaretin zaman izgesinde cizimi
%.....
tsyf=fft(tsy)/length(tsy); %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
tsyfm=abs(tsyf);
tsyfm=fftshift(tsyfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];

subplot(3,1,1);
plot(eks,tsyfm);
title('tasiyicinin frekans izgesi');
msgf=fft(msg)/length(msg); %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
msgfm=abs(msgf);
msgfm=fftshift(msgfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];
hold on
subplot(3,1,2);
plot(eks,msgfm);
title('mesaj isaretinin frekans izgesi');
%.....
r=2*tsy.*msg; % 2 bir yazilirsca ic ice girme islemi tam olarak gorulebilir.

rf=fft(r)/length(r); %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
rfm=abs(rf);
rfm=fftshift(rfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];

subplot(3,1,3);
plot(eks,rfm);
title('AM moduleli isaretin frekans izgesi');
xlabel('Hz');
```

```

figure
plot(msg(1:150),'c+');%bilgi isareti
title('mesaj isareti');
hold on
plot(r(1:150)/2); %modüleli isaret
title('modüleli işaret');
legend('Mesaj isareti','module edilmiş mesaj isareti');
%plot(tsy(1:100),'k');
%.....
% AM demodulator
ar=r.*tsy;

%.....
arf=fft(ar)/length(ar) ;      %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
arfm=abs(arf) ;
arfm=fftshift(arfm) ;

figure
subplot(2,1,1);
plot(eks,arfm);
title('Alicida Carpin Devresinden sonraki cikisin Frekans izgesindeki gosterimi ')
xlabel('Hz');
hold on

%.....Alt Geciren Suzgec.....
[B,A] = BUTTER(3,[0.1]);
sar=filter(B,A,ar);
[H,W] = FREQZ(B,A,fs/2+1);
eH=flipud(H);
H=[eH(1:fs/2);H];
plot(eks,abs(H));
%.....

sarf=fft(sar)/length(sar) ;      %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
sarfm=abs(sarf) ;
sarfm=fftshift(sarfm) ;

%.....
subplot(2,1,2);
plot(eks,sarfm);
title('Demodule edilmiş isaretin frekans izgesi')
xlabel('Hz');

figure
plot(msg(1:500),'k');
hold on
plot(sar(1:500));
text(1,15,'Goruldugu gibi demodule edilmiş isaret faz kaymasına ugruyor.')
legend('Mesaj isareti','Demodule edilmiş mesaj isareti');
text(1,150,'Goruldugu gibi demodule edilmiş isaret faz kaymasına ugruyor.')

```

- **TYB Modülasyonu ve Demodülasyonu**

```

% Genlik Modülasyonu
close all
clear all
hold on
fs=1000; % pi=500 %Sinyalin ornekleme frekansi
ts=0.01;
n=[0:(1/fs):1]; % Sinyal 0'dan 1 saniyeye kadar

fc=150; %150 % Isaretin frekansi
fm=15;
faz=0;%30
tsy=cos(2*pi*n*fc+faz); % tasiyici
tsy2=sin(2*pi*n*fc+faz);

msg=cos(2*pi*n*fm);

%plot(n,tsy); %isaretin zaman izgesinde cizimi

%.....

tsyf=fft(tsy)/length(tsy); %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
tsyfm=abs(tsyf);
tsyfm=fftshift(tsyfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];
subplot(3,1,1);
plot(eks,tsyfm);
title('tasiyicinin frekans izgesi');

msgf=fft(msg)/length(msg); %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
msgfm=abs(msgf);
msgfm=fftshift(msgfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];

hold on
subplot(3,1,2);
plot(eks,msgfm);
title('mesaj isaretinin frekans izgesi');

%.....
%r=2*tsy.*msg; % 2 bir yazilirsca ic ice girme islemi tam olarak gorulebilir.
r=2*(tsy.*msg-(imag(hilbert(msg)).*tsy2)); %TYB isaretinin elde edilmesi

rf=fft(r)/length(r); %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
rfm=abs(rf);
rfm=fftshift(rfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];
subplot(3,1,3);

```

```

plot(eks,rfm);
title('AM modüleli isaretin frekans izgesi');
xlabel('Hz');
figure
plot(msg(1:100),'c+');%bilgi isareti
title('mesaj isareti');
hold on
plot(r(1:100)/2);
title('modüleli işaret');%modüleli isaret
legend('Mesaj isareti','module edilmiş mesaj isareti');
%plot(tsy(1:100),'k');
%.....
% AM demodulator
ar=r.*tsy;
%.....
arf=fft(ar)/length(ar) ;      %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
arfm=abs(arf) ;
arfm=fftshift(arfm) ;
figure
subplot(2,1,1);
plot(eks,arfm);
title('Alicida Carpim Devresinden sonraki cikisin Frekans izgesindeki gosterimi ')
xlabel('Hz');
hold on

%.....Alt Geciren Suzgec.....
[B,A] = BUTTER(3,[0.1]);
sar=filter(B,A,ar);
[H,W] = FREQZ(B,A,fs/2+1);
eH=flipud(H);
H=[eH(1:fs/2);H];
plot(eks,abs(H));
%.....
sarf=fft(sar)/length(sar) ;      %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
sarfm=abs(sarf) ;
sarfm=fftshift(sarfm) ;

%.....
subplot(2,1,2);
plot(eks,sarfm);
title('Demodule edilmiş isaretin frekans izgesi')
xlabel('Hz');
figure
plot(msg(1:500),'k');
hold on
plot(sar(1:500));
text(1,15,'Goruldugu gibi demodule edilmiş isaret faz kaymasına ugruyor.')
legend('Mesaj isareti','Demodule edilmiş mesaj isareti');
text(1,150,'Goruldugu gibi demodule edilmiş isaret faz kaymasına ugruyor.')

```


- **Büyük Taşıyıcı Genlik Modülasyonu ve Demodülasyonu (Zarf Çözücü ile)**

```

% Genlik Modülasyonu ve demodülasyonu (zarf çözücü ile)
close all
clear all
hold on
fs=2000;    % pi=500        %Sinyalin ornekleme frekansi
ts=1/fs;
n=[0:(1/fs):1];        % Sinyal 0'dan 1 saniyeye kadar
fc=200; %150            % Isaretin frekansi
fm=15;
faz=0;
tsy=cos(2*pi*n*fc+faz); % tasiyici
msg=cos(2*pi*n*fm);    % mesaj isareti
%.....
tsyf=fft(tsy)/length(tsy); %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi icin
tsyfm=abs(tsyf);
tsyfm=fftshift(tsyfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];
%.....
subplot(3,1,1);        % Birinci sekil
plot(eks,tsyfm);
title('tasiyicinin frekans izgesi');
msgf=fft(msg)/length(msg); %mesaj isaretinin frekans izgesinde gosterilimi icin
msgfm=abs(msgf);
msgfm=fftshift(msgfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];
hold on
subplot(3,1,2);
plot(eks,msgfm);
title('mesaj isaretinin frekans izgesi');
%.....
r=(1+1*msg).*tsy;
rf=fft(r)/length(r);    %moduleli isaretin frekans izgesinde gosterilimi
rfm=abs(rf);
rfm=fftshift(rfm);
eks=[-fs/2:1:fs/2];
subplot(3,1,3);
plot(eks,rfm);
title('C-AM moduleli isaretin frekans izgesi');
xlabel('Hz');
%.....
figure                %ikinci sekil.
plot(msg(1:150),'c+'); %bilgi isareti    'mesaj isaretinin 1 Volt ile toplandigini gorebilmek
icin'
%plot(msg(1:150)+1,'c+');
title('mesaj isareti');
hold on
plot(r(1:150));        %modüleli isaret
title('modüleli isaret');
legend('Mesaj isareti','module edilmiş mesaj isareti');

```

```

%.....%Zarf Çözücünde ilk işlem%.....%
for i = 1:length(r)
    if r(i) < 0
        r1(i) = 0;
    else
        r1(i) = r(i);
    end
end
%r1=abs(r);
%.....Ilk işlemden sonra kullanılan Alt geciren filtre (suzgec).....
[Nd,Wc]=buttord(0.04,0.14,1,80);
[B,A] = BUTTER(Nd,Wc);
[H,W] = FREQZ(B,A,fs/2+1);
eH=flipud(H);
H=[eH(1:fs/2);H];
figure                                % Ucuncu Sekil
plot(eks,abs(H),'r');                  % Kullanilan suzgec
hold on
    r1f=fft(r1)/length(r1) ;           %ilk işlemden sonra frekans izgesinde gosterilimi icin
    r1_fm=abs(r1f) ;
    r1_fms=fftshift(r1_fm) ;
%.....
plot(eks,(r1_fms));
title('Zarf çözücü ilk işlem')
legend('Kullanilan Altgeciren suzgec','birinci işlemden sonra isaretin frekans izgesi')
xlabel('Hz');
%.....
figure                                % Dorduncu Sekil
plot(r(1:100));                        %
hold on
plot(r1(1:100),'r');
legend('gelen isaret','birinci işlemden sonra')
%.....
r1_d = filter(B,A,r1);
%.....
r1_df=fft(r1_d)/length(r1_d) ;         %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
r1_dfm=abs(r1_df) ;
r1_dfms=fftshift(r1_dfm) ;
%.....
figure
subplot(2,1,1);                        % Besinci Sekil
plot(eks,(r1_dfms));
title('Suzgecleme isleminden sonra')
%.....
son = r1_d - mean(r1_d);
son_f=fft(son)/length(son) ;          %tasiyicinin frekans izgesinde gosterilimi
son_fm=abs(son_f) ;
son_fms=fftshift(son_fm) ;
%.....
subplot(2,1,2);
plot(eks,(son_fms));

```

```
title('Ortalamasi ,DC degeri, cikarilmis hali')
figure                                % Altinci Sekil
%subplot(2,1,1);
plot(msg(1:1000));
%subplot(2,1,2);
hold on
plot(son(1:1000)./max(son),'r');
legend('Mesaj isareti','Demodule edilmis isaret');
```