



**Elektrik-Elektronik Mühendisliği**  
**Analog Haberleşme**  
**Açı Modülasyonu**

Yakup Demiryürek  
180711049

(Güz 2021)

## Amaç

Benzetim programında frekans, faz modülasyonu ve demodülasyonu (Zarf Dedektörü oluşturulması amaçlanmıştır.

## Ekipmanlar

- LabVIEW kurulu bilgisayar

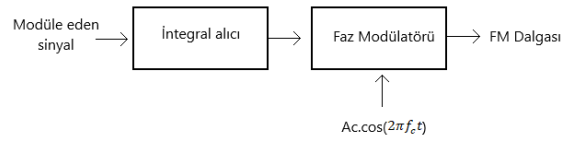
Açı modülasyonunun genel formülü;

$$s(t) = A_c \cos[\theta_i(t)]$$

## Deney Çalışması –Frekans ve Faz Modülasyonu

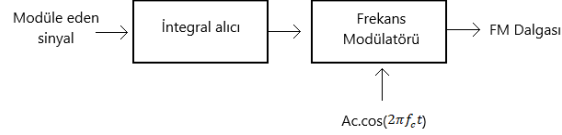
AM, FM, AC, Fc, kp ve kf girişleri Şekil 1’deki gibi verilmiştir.

Frekans Modülasyonu;



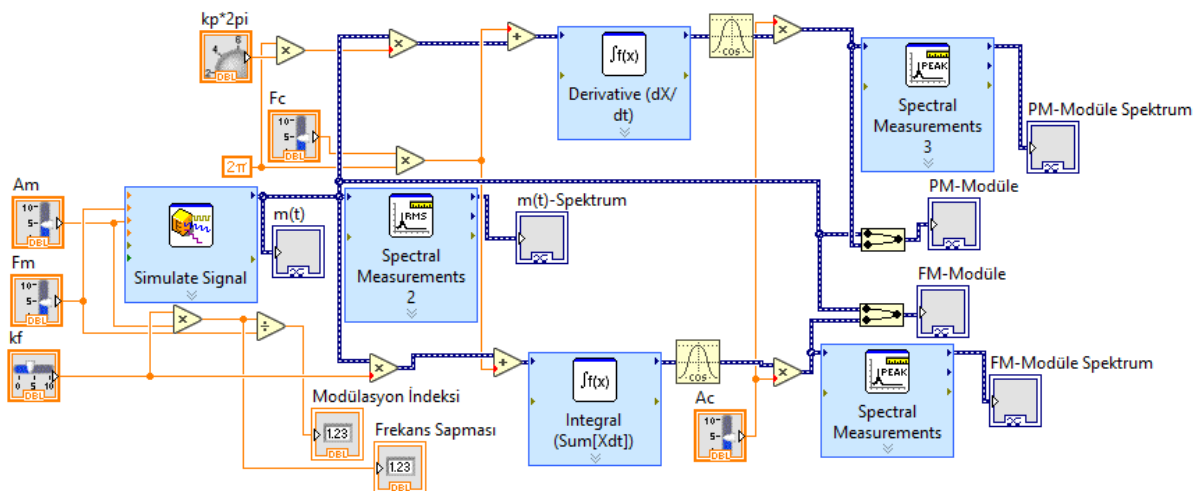
$$s(t) = A_c \cos \left[ 2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_0^t m(t) dt \right]$$

Faz Modülasyonu;



$$s(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + 2\pi k_p m(t)]$$

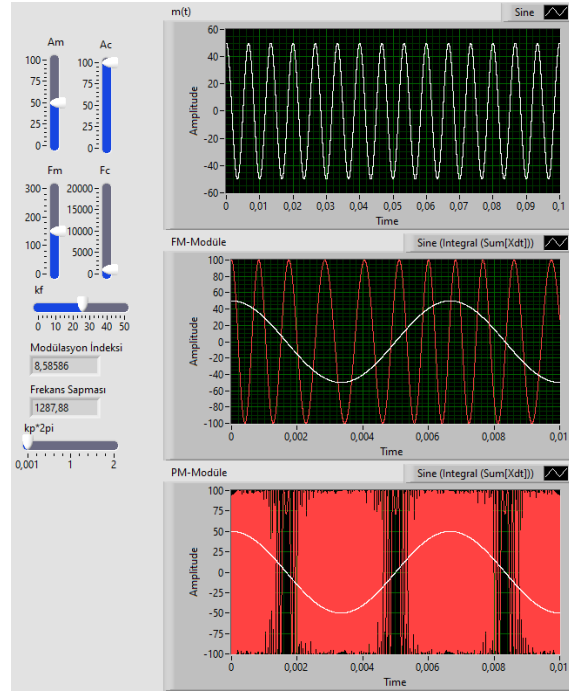
denklemleri kullanılarak Şekil 1’deki devre tasarlanmıştır.



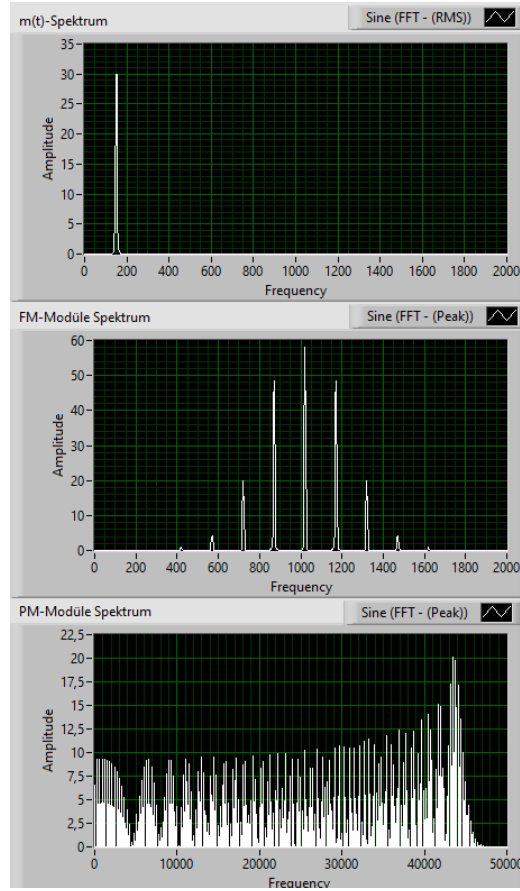
Şekil 1.FM-PM Block Diyagram

Mesaj ve modüle edilmiş sinyallerin zaman (Şekil 2-Şekil 4) ve frekans (Şekil 3-Şekil 5) eksenindeki grafikleri çizdirilmiştir.

$F_C=1020\text{Hz}$ ,  $F_M=150\text{Hz}$ ,  $A_C=100$ ,  $A_M=50$ ,  $k_f=25$  ve  $k_p \cdot 2\pi=0,001$  değerleri için;

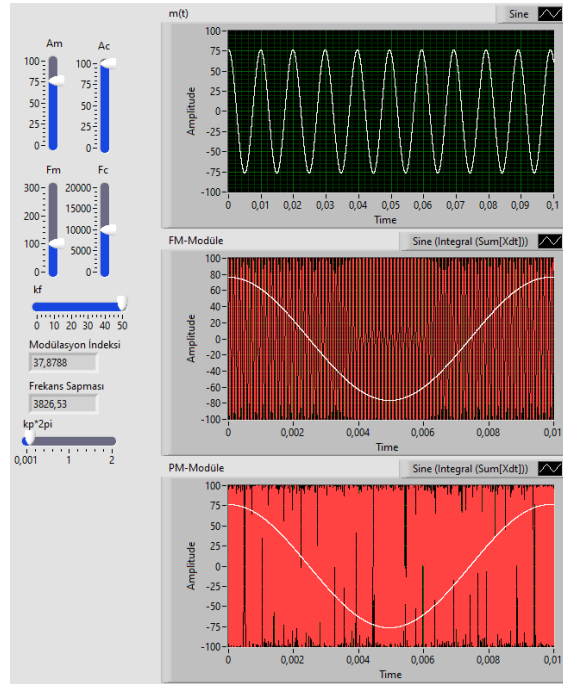


Şekil 2.Zaman Ekseninde



Şekil 3.Frekans Ekseni

$F_C=10000\text{Hz}$ ,  $F_M=100\text{Hz}$ ,  $A_C=100$ ,  $A_M=75$ ,  $k_f=50$  ve  $k_p \cdot 2\pi=0,075$  değerleri için;



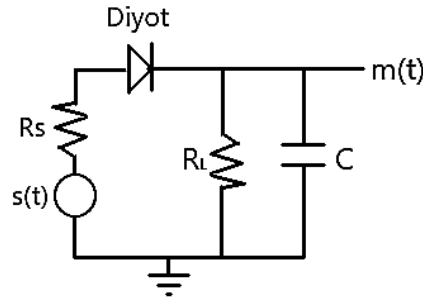
Şekil 4.Zaman Ekseninde



Şekil 5.Frekans Eksenini

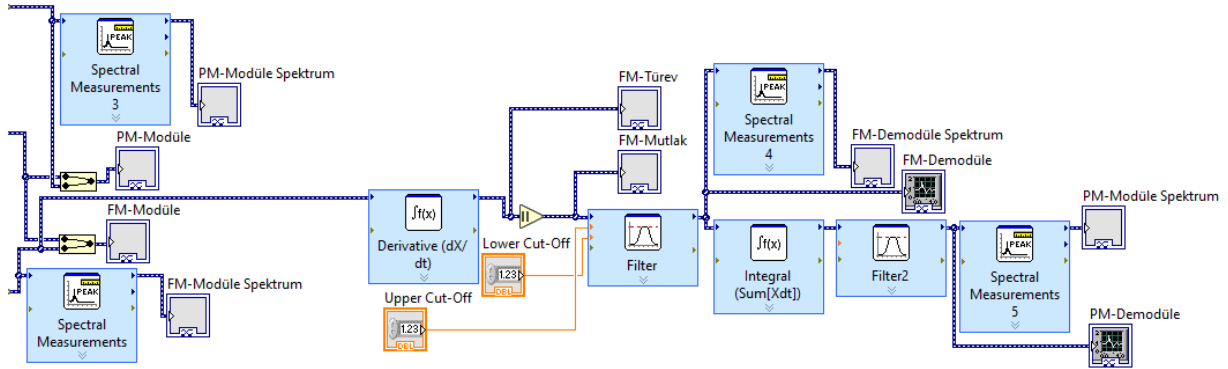
Frekans ve faz modülasyonundaki olaylar Şekil 2’de daha net görülmektedir. Şekil 3’de görülmemesinin nedeni ise zaman düzleminin geniş olmamasıdır yani frekans yüksektir.

## Deney Çalışması –Frekans ve Faz Demodülasyonu



Şekil 6.Zarf Dedektörü

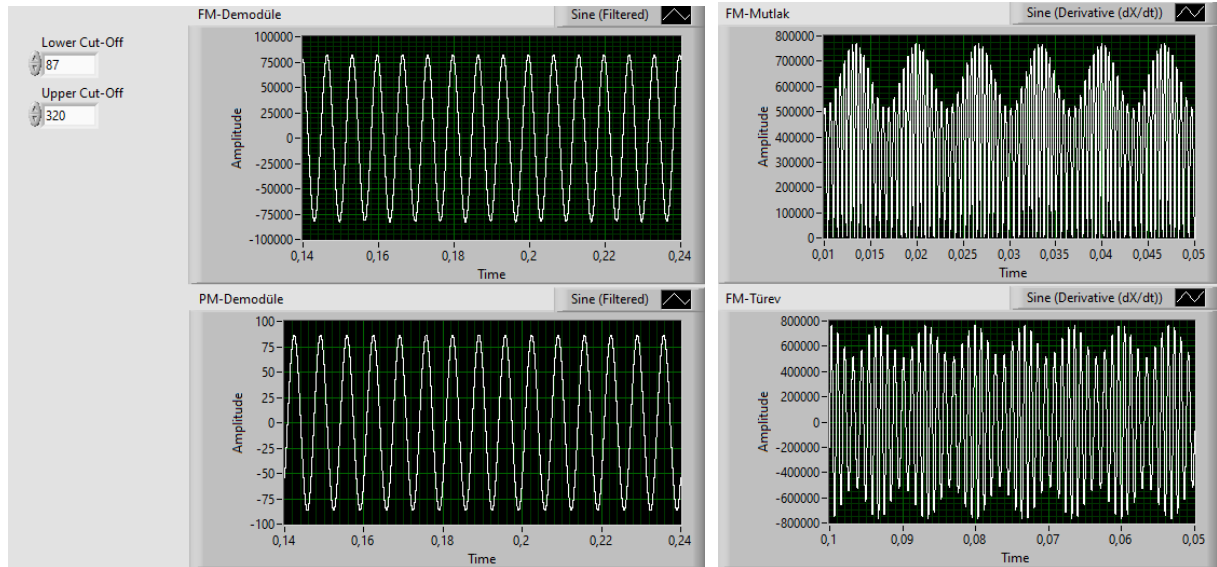
Türev Alıcı + Zarf dedektörü(Şekil 6) ile demodülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'deki modülasyon devresinin FM-Modüle sinyal çıkışı alınarak demodülasyon işlemlerine başlanmıştır. Demodülasyon devresi Şekil 7'de gösterilmiştir.



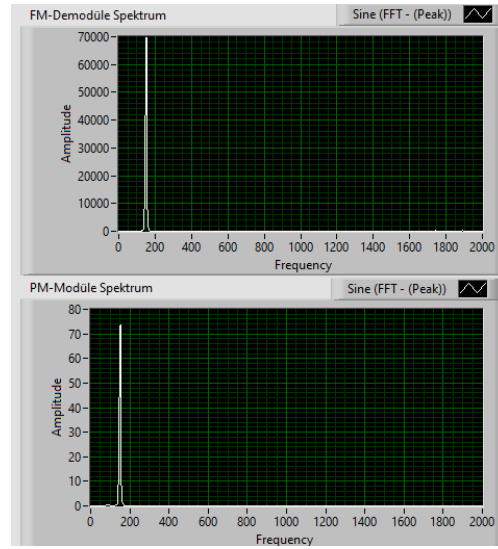
Şekil 7. FM-PM Demodülasyon Block Diyagram

Türev, mutlak ve demodüle edilmiş sinyallerin zaman (Şekil 7-Şekil 9) ve demodüle edilmiş sinyallerin frekans (Şekil 8-Şekil 10) eksenindeki grafikleri çizdirilmiştir.

$F_C=1020\text{Hz}$ ,  $F_M=150\text{Hz}$ ,  $A_C=100$ ,  $A_M=50$ ,  $k_f=25$  ve  $k_p.2\pi=0,001$  değerleri için;

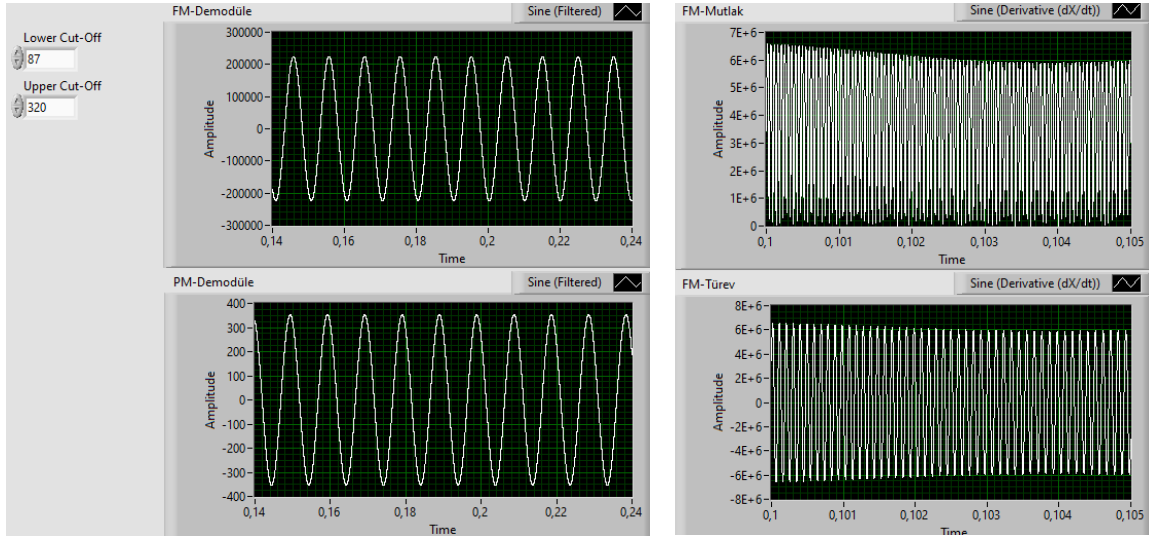


Şekil 8.Zaman Ekseni

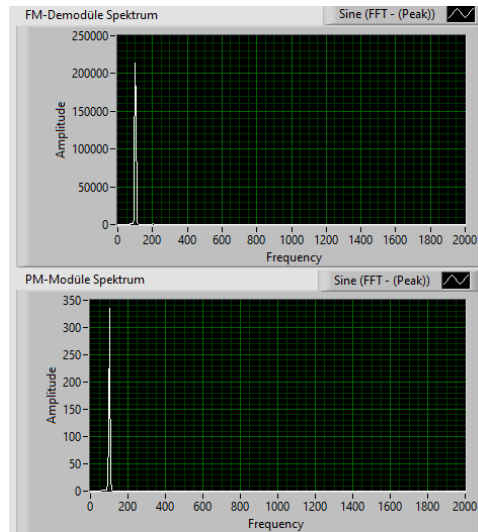


Şekil 9.Frekans Ekseni

$F_C=100000\text{Hz}$ ,  $F_M=100\text{Hz}$ ,  $A_C=100$ ,  $A_M=75$ ,  $k_f=50$  ve  $k_p.2\pi=0,075$  değerleri için;



Şekil 10.Zaman Ekseni



Şekil 11.Frekans Ekseni

Önceki aşamada yapılan çalışmanın devamı olan demodülasyon işleminin karşılaştırılması **Şekil 2 ve Şekil 4**'deki  $m(t)$  sinyalleri ile yapılmıştır. Alçak ve yüksek kesim frekansları **Şekil 8 ve Şekil 10**'da sol tarafta verilmiştir. Demodülasyon için GM de öğrenilen zarf dedektörü tekrar uygulanmıştır. PM demodülasyonu ise FM demodülatörünün çıkışında integral alınarak yapılmıştır.

## Sonuç

Elde edilen grafiklerin kontrolü girilen değerler ile çıkan sinyallerin karşılaştırılmasıyla yapılmıştır. Yapılan deney çalışmasında alınan sonuçların doğru olduğu kanıtlanmıştır. Demodülasyon işlemlerinde DC sinyali gibi sinyallerin alçak geçiren filtre kullanılarak ekarte edilmesi öğrenilmiştir. Frekans ve faz modülasyonlarının açılı modülasyonu formülünün yapıldığı öğrenilmiştir.