



T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

EET-343 KONTROL SİSTEMLERİ LABORATUVARI
DENEY FÖYÜ

Prof. Dr. Muammer GÖKBULUT

Arş. Gör. Ahmet TOP

DENEYLER

Deney 1: MATLAB PROGRAMLAMA-I

Deney 2: MATLAB PROGRAMLAMA-II

Deney 3: MATLAB KONTROL SİSTEMLERİ TOOLBOX'IN KULLANIMI-I

Deney 4: MATLAB KONTROL SİSTEMLERİ TOOLBOX'IN KULLANIMI-II

Deney 5: MATLAB / SIMULINK PROGRAMI

Deney 6: KONTROL SİSTEMLERİNİN ZAMAN BÖLGESİ KARAKTERİSTİKLERİ VE PID KONTROLÖR TASARIM ESASLARI

Deney 7: KÖKLERİN YER EĞRİSİ ANALİZİ VE KONTROL SİSTEMİ TASARIMI

Deney 8: RT 512 SIVI SEVİYE SETİ İLE SIVI SEVİYE KONTROLÜ

Deney 9: RT 532 BASINÇ SETİ İLE BASINÇ KONTROLÜ

Deney 10: RT 305 KALİBRASYON SETİ İLE BASINÇ ALGILAYICI KALİBRASYONU

NOT:

- Deneyler her hafta programda belirtilen saatte mesleki yazılım uygulamaları laboratuvarında yapılacaktır, deney başlamadan 15 dk önce laboratuvarda hazır bulununuz.
- Deney föyünde bulunan bilgilere, deneye gelmeden önce çalışarak geliniz.
- Deney föyünde verilen MATLAB fonksiyonlarından yararlanarak uygulamaların programını yazarak laboratuvar çalışmasına geliniz.
- Deney1-8 Mesleki Yazılım Uygulama Laboratuvarında, deney 9-10 ise Kontrol Laboratuvarında işlenecektir.

MATLAB PROGRAMLAMA DİLİ

A-) Amaç: MATLAB programlama komut ve fonksiyonlarını kullanarak denklem takımlarının çözümü, veri çözümleme işlemleri, grafik çizimi vs. gibi programlar hazırlayabilmek.

B-) Deneye / Uygulamaya Hazırlık

MATLAB, MATrix LABoratory sözcüklerinden gelir. Başta mühendislik alanında olmak üzere sayısal analiz yöntemlerini kullanan bilimlerde son yıllarda oldukça sık kullanılan bir hazır yazılım paketidir. Özellikle yüksek performans gerektiren algoritma hazırlama ve geliştirme, sayısal analiz, benzetim, mühendislik problemlerinin sayısal ve grafik çözüm tekniklerinde son derece etkindir. MATLAB programı, çeşitli mühendislik alanları için hazırlanmış Toolbox'ları da ihtiva eden kapsamlı bir programdır. Ancak burada, MATLAB programlama komut ve fonksiyonlarını kullanarak çeşitli program örnekleri incelenecektir.

MATLAB ortamına girildiğinde görülen `>>` biçimindeki MATLAB komut girme iletisinin önüne tek tek MATLAB komut ya da fonksiyonları yazılarak çalıştırılabilir. Ancak kullanıcının, programını File → **New** → **M-file** menüsünden açılan text editörü içerisine yazarak ve *.m uzantısı ile kaydederek çalıştırması pratik açıdan daha uygundur.

DeneySEL/Uygulama çalışmalarına başlamadan önce MATLAB programlama komut ve fonksiyonları hakkında yeterli bilgi kazanılmış ve uygulamaya hazırlıklı gelinmiş olmalıdır.

C-) DeneySEL / Uygulama Çalışmaları

Aşağıdaki MATLAB programlarını inceleyerek/çalıştırarak ekran çıktısını belirleyiniz.

Uygulama 1:

```
% Değişkenler, veri okuma – yazma
clear; clc;
y=input('sayı giriniz=');
x=5/3;
a=x+3*y-(y/2*4)
k= -2:0.5:4;
b='w';
adi='firat';
disp(x);
disp(k);
fprintf('değerler=\n %f  %c  %s  %d \n',k(8),b,adi,a);
```

Uygulama 2:

```
% vektör ve matris işlemleri
clear; clc;
A=[1 2 sqrt(9)];
B=[5;6;exp(-A(2))];
C=[1 2;3 -4];
D=A+B';           % ya da D=A+transpose(B)
T=C*inv(C);
X=A'.*B;
Y=power(A,2);
W=C(:,1);
disp(det(C));
```

EET-343 Kontrol Sistemleri

```
size(C)
disp(W);
sort(B)
max(C)
fprintf('değerler=\n %d %f %d %f \n',C(2,1),sum(A),min(W),mean(A));
```

Uygulama 3:

```
% f(s)=s^3+3s-4 ve p(s)=s-2 polinomları;
clear; clc;
f=[1 0 3 -4];p=[1 -2];
polyder(f)
kokler=roots(f)
y=polyval(p, [-1:0.5:1])
```

Uygulama 4:

```
%for döngüsü
clear; clc;
for i=1:2
j=1;
for x= -1:0.5:2
    y(j)=sqrt(x);
    a(i,j)=x+i;
    j=j+1;
end
b(:,i)=y(j-1)/x;
end
disp('sonuç1=');disp(y)
disp('sonuç2=');disp(a)
disp('sonuç3=');disp(b)
```

Uygulama 5:

```
%Koşullu döngü (while)
clear; clc;
x=2;
while x<20
    x=power(x,3)-power(x,2);
    disp(x);
end
```

Uygulama 6:

%if-elseif-else yapıları

```
clear; clc;
x=input('x= ');
y=input('y=');
if x>=0 & y>=0
    f=x+log(y)
elseif x>=0 & y<0
    f=log10(x)+1/y
elseif x<0 & y>=0
    f=sin(2*pi+1/x+y)
else
    f=1/x+1/y
end
```

Uygulama 7:

%Fonksiyon hazırlama ve çağırma

```
function [y1,y2,y3]=fonksiyon(a,b,c);
y1=a*sin(b);
y2=max(b);
y3=upper(c);
%Bu fonksiyon adı ile kaydedilip aşağıdaki gibi çağırılıp çalıştırılabilir.
%[x,y,z]=fonksiyon(3,[2 4],'firat')
```

Uygulama 8:

% Grafikler

```
clear; clc;
t=0:0.1:5;
y1=1-exp(-2*t).*cos(5*t);
y2=sin(2*pi*t-pi/4);
subplot(221);plot(t,y1,'r')
grid on
xlabel('zaman -saniye')
ylabel('çıkış')
title(' iki boyutlu grafik')
subplot(222);plot(t,y1,'r--',t,y2,'k')
a=[10 20 40 30];
figure(2);pie(a,{'Ali','Veli','Can','Osman'})

x=0:10;
y=0:10;
z=x'*y;
figure(3);mesh(x,y,z);
```

MATLAB PROGRAMLAMA-II

A-) Amaç: MATLAB programlama komut ve fonksiyonlarını kullanarak program yazabilmek ve MATLAB fonksiyonlarını kullanarak birinci mertebeden diferansiyel denklemleri çözebilmek.

B-) Deneye / Uygulamaya Hazırlık

Deney I de öğrenilen MATLAB komut ve fonksiyonları yardımıyla Uygulama 1,2,3,4 için kolayca programlar yazılabilir ve grafikler çizdirilebilir.

Uygulama 5 için MATLAB’ da çeşitli sayısal analiz teknikleri kullanılarak diferansiyel denklem çözümlerini yapan fonksiyonlar geliştirilmiştir. Bunlardan Runge-Kutta yöntemi ile diferansiyel denklemlerin çözümünü yapan **ode23** ve **ode45** fonksiyonunun kullanımı aşağıda verilmiştir.

Bu fonksiyonların kullanımında öncelikle diferansiyel denklemin bir fonksiyon olarak tanımlanması gerekir. Örneğin,

$$\frac{dy(t)}{dt} = te^{-2t}$$

denkleminin fonksiyonu aşağıdaki gibi hazırlanabilir.

```
function turevy=deneme(t,y)
```

```
turevy=t.*exp(-2*t);
```

Deneme adı ile kaydedilen bu fonksiyon ode45 fonksiyonu içerisinde çağrılarak denklemin çözümü elde edilebilir.

```
[t,y]=ode45(@deneme,[t0 tf],y0);
```

Burada, y0- başlangıç koşulu, t0- çözümün başlangıç zamanı (genellikle t0=0) ve tf ise çözümün bitiş zamanıdır.

MATLAB/sembolik toolbox ile sembolik olarak başta türev, integral olmak üzere çok çeşitli denklem takımlarının çözümü de yapılabilir. Dolayısıyla, MATLAB/Sembolik toolbox’ dan yararlanarak sistemlerin zaman bölgesindeki matematiksel modeli olan diferansiyel denklemlerin sembolik çözümü yapılabilir ve sembolik olarak elde edilen çözümün istenen bir zaman aralığında grafiği çizilerek sistemin cevabının analizi yapılabilir.

dsolve: Diferansiyel denklemlerin sembolik çözümünü verir. Denklemlerde türevler D ile tanıtılır. Örneğin, **D2y;** y’ nin ikinci türevi, **Dy** ise y’ nin birinci türevini ifade eder.

Genel kullanımı: **yy=dsolve('denklemler','başlangıç koşulu1','başlangıç koşulu2',...,'bağımsız değişken adı')**

eval: bağımsız değişken olarak (örneğin bağımsız zaman değişkeni) kullanıcının belirleyeceği bir aralıkta sembolik denklemin sayısal çözümünü verir. Genel kullanımı:

```
s=eval(yy)
```

Burada yy; bulunan sembolik çözümü gösterir.

Örnek: $\frac{dy(t)}{dt} + 5y = 4x(t)$ denkleminin başlangıç koşulu $y(0)=0$ olmak üzere **birim basamak** giriş için sembolik çözümünü yaparak bulunan çözümün grafiğini çizen MATLAB programı aşağıda verilmiştir.

EET-343 Kontrol Sistemleri

s=dsolve('Dy+5*y=4','y(0)=0','t');

ile denklemin sembolik çözümü,

$$s = 4/5 - (4*\exp(-5*t))/5$$

olarak bulunur. Çözümün grafiği ise,

t=0:0.1:5;

yt=eval(s);

plot(t,yt)

ile t=0-5 saniye aralığında hesaplatılarak çizdirilebilir ve cevabın zamana göre değişimi değerlendirilebilir.

C-) Deneysel / Uygulama Çalışmaları

MATLAB fonksiyonlarından yararlanarak aşağıdaki uygulamaların programını yazarak Laboratuvar çalışmasına geliniz.

Uygulama 1:

a-) Aşağıdaki fonksiyonun herhangi bir x için değerini hesaplayıp sonucu döndüren bir MATLAB fonksiyonunun programını yazınız.

$$f(x) = \sum_{x=1}^n x^2$$

Uygulama 2:

$$\cos(x) = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \frac{x^8}{8!} \dots$$

Açılımı yapılan bir Cosinüs açılım fonksiyonu için x değeri klavyeden girilmektedir. İlk 10 terim için Cos fonksiyonunun değerini hesaplayarak ekrana yazan bir MATLAB programı yazınız.

Uygulama 3:

Aşağıdaki sinyallerin, belirleyeceğiniz bir zaman aralığı için zamana göre grafiklerini MATLAB ile çizdiriniz.

a-) $f(t) = 10e^{-5t}$ b-) $x(t) = 1 - e^{-10t}$ c-) $y(t) = e^{-4t} \sin(10t)$ d-) $u(t) = e^{-5t} + te^{-4t}$

Uygulama 4:

Aşağıdaki **statik** sistemlerin birim basamak, birim rampa, $x(t) = 2e^{-3t}$ ve $x(t) = \cos(5t)$ girişleri için cevaplarını bularak grafiklerini çizen bir MATLAB programı yazınız. Sistemlerin kararlı olup olmadığını belirleyiniz.

a-) $y(t) = e^{-2t} x(t)$ b-) $y(t) = 2tx(t)$ c-) $y(t) = \sin(10t)x(t)$

Uygulama 5:

Aşağıdaki **dinamik** sistemlerin birim basamak ve birim rampa cevaplarını bularak grafiklerini çizen bir MATLAB programı yazınız. Sistemlerin kararlı olup olmadığını belirleyiniz.

$$\text{a-)} \quad y(t) = \int_0^t 10x(t)dt \quad \text{yada} \quad \frac{dy(t)}{dt} = 10x(t) \quad \text{b-)} \quad \frac{dy(t)}{dt} + 2y(t) = 10x(t)$$

Uygulama 6:

Aşağıdaki **dinamik** sistemin $a=1, 2, 4$ ve 10 için ayrı ayrı olmak üzere birim basamak ve birim rampa cevaplarını bularak grafiklerini çizen bir MATLAB programı yazınız. Sistemin kararlı olup olmadığını belirleyiniz. Sistemi aşırı, kritik ve düşük sönüm davranışına göre değerlendiriniz. NOT: Sembolik toolbox kullanınız.

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + a \frac{dy(t)}{dt} + 5y = 4x(t) \quad , y(0) = 0, y'(0) = 0$$

MATLAB KONTROL SİSTEMLERİ TOOLBOX'IN KULLANIMI-I

A-) Amaç: MATLAB' ın Kontrol Sistemleri Toolbox' ını kullanarak transfer fonksiyonu ve durum denklemi ile modellenen sistemleri birbirine dönüştürmek ve bu sistemlerin çeşitli giriş sinyalleri için cevabını incelemek.

B-) Deneye / Uygulamaya Hazırlık

Doğrusal ve zamanla değişmeyen sistemlerin matematiksel modelleri; diferansiyel denklemler, transfer fonksiyonları ya da durum denklemi düzeninde elde edilebilir. Ancak, kontrol sistemlerinin analiz ve tasarımında transfer fonksiyonu gösterimi önemli kolaylıklar sağlar. MATLAB kontrol sistemleri toolbox' ında transfer fonksiyonlarının bir gösterim biçiminden diğer gösterim biçimine dönüşümünü ve durum denklemleri ile dönüşümünü sağlayan fonksiyonlar mevcuttur. Ayrıca, transfer fonksiyonu ve durum denklemi ile modellenen sistemlerin basamak, impuls ve çeşitli giriş sinyalleri için cevabını bulan fonksiyonları da bulunmaktadır.

1) Polinom Gösterim Biçimi: Transfer fonksiyonunun pay ve paydası, Laplace değişkeni s ' in azalan polinomları olarak verilir.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}$$

2) Kutup - Sıfır Kazanç Gösterim Biçimi: Polinomlar çarpanlarına ayrılabilir. Burada $z_1, z_2, \dots, z_m$ sistemin sıfırlarını, $p_1, p_2, \dots, p_n$ sistemin kutuplarını ve K kazanç katsayısını göstermektedir.

$$G(s) = \frac{K(s - z_1)(s - z_2) \dots (s - z_m)}{(s - p_1)(s - p_2) \dots (s - p_n)}$$

3) Kısmi Kesirli Gösterim: Transfer fonksiyonları basit kesirlerine ayrılmış hale getirilebilir.

$$G(s) = \frac{k_1}{(s - p_1)} + \frac{k_2}{(s - p_2)} + \dots + \frac{k_n}{(s - p_n)} + r(s)$$

4) Durum Denklemleri: Durum değişkenlerine göre zaman bölgesinde yazılan matrissel formdaki denklemlerdir. Matrissel formda durum denklemi,

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad , \quad y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

olarak yazılır. Burada A,B, C, D katsayı matrisleridir. Aşağıda, açık halde yazılmış 3. Dereceden bir durum denklemi verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 4 \\ -2 & 0 & 1 \\ -6 & -11 & -6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 6 \end{bmatrix} u \quad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

MATLAB Kontrol Toolbox Fonksiyonları:

residue: Polinomlar oranı şeklinde verilen bir transfer fonksiyonunu kısmi kesirlere ayırır. Pay polinomunun katsayıları **num**, payda polinomunun katsayıları **den** olmak üzere genel kullanım biçimi:

$$[k, p, r] = \text{residue}(\text{num}, \text{den})$$

Burada k- basit kesirlerin katsayılarını, p-kutupları ve r ise kalan terimi göstermektedir.

tf2zp: Polinom biçimi transfer fonksiyonundan sıfır-kutup-kazanç biçimi transfer fonksiyonuna geçişi sağlar. Genel kullanım biçimi:

$$[z, p, K] = \text{tf2zp}(\text{num}, \text{den})$$

zp2tf: sıfır-kutup-kazanç biçimi transfer fonksiyonundan polinom biçimi transfer fonksiyonu dönüşümünü sağlar. Genel kullanım biçimi:

$$[\text{num}, \text{den}] = \text{zp2tf}(z, p, K)$$

zp2ss: Sıfır-kutup-kazanç biçimi transfer fonksiyonundan durum uzayı denklemlerine dönüşümü sağlar. Genel kullanım biçimi:

$$[a, b, c, d] = \text{zp2ss}(z, p, K)$$

ss2zp: Durum uzayı denklemlerinden, sıfır kutup biçimi transfer fonksiyonuna geçişi sağlar. Genel kullanım biçimi:

$$[z, p, k] = \text{ss2zp}(a, b, c, d, iu)$$

Burada *iu*: giriş sayısıdır.

tf2ss: Polinom biçimi transfer fonksiyonundan durum uzayı denklem biçimine geçişi sağlar. Genel kullanım biçimi:

$$[a, b, c, d] = \text{tf2ss}(\text{num}, \text{den})$$

Zaman bölgesi cevabını bulma: Bir sistemin, basamak, impuls ya da herhangi bir giriş sinyali için zaman bölgesinde çıkış cevabını bulan MATLAB Kontrol toolbox fonksiyonları da mevcuttur.

step: Sistemin birim basamak cevabını verir. Genel kullanım biçimleri:

$$[y, x, t] = \text{step}(\text{num}, \text{den})$$

$$[y, x, t] = \text{step}(\text{num}, \text{den}, t)$$

$$[y, x, t] = \text{step}(a, b, c, d, iu)$$

$$[y, x, t] = \text{step}(a, b, c, d, iu, t)$$

impulse: Sistemlerin ani darbe (impuls) cevabını verir. Genel kullanım biçimleri step fonksiyonu ile aynıdır.

lsim: Bazı durumlarda sistemlerin basamak veya ani darbe cevabı dışında kalan herhangi bir giriş karşısında gösterdiği dinamik davranışın incelenmesi de gerekebilir. Sürekli-zaman sistemlerde uygulanan keyfi girişler için **lsim** fonksiyonu kullanılır.

$$[y, x] = \text{lsim}(a, b, c, d, u, t) \quad \text{Burada } u: \text{ tanımlanan giriş sinyalidir.}$$

$$[y, x] = \text{lsim}(a, b, c, d, u, x0, t) \quad \text{Burada } x0: \text{ başlangıç koşullarıdır.}$$

$$[y, x] = \text{lsim}(\text{num}, \text{den}, u, t)$$

C-) Deneysel / Uygulama Çalışmaları

Yukarıda verilen MATLAB fonksiyonlarından yararlanarak aşağıdaki uygulamaların programını yazarak Laboratuvar çalışmasına geliniz.

Uygulama 1:

Transfer fonksiyonu verilen doğrusal ve zamanla değişmeyen sistemin (Örnek 1.7)

$$G(s) = \frac{10}{s + 2}$$

MATLAB Kontrol Toolbox Fonksiyonlarını kullanarak birim basamak, birim impulse, birim rampa ve $u(t) = e^{-2t}$ giriş sinyali için cevaplarını bularak grafiklerini çizdiriniz. Sistemin cevabını, zaman sabitesi, kalıcı durum kazancı ve kararlılık vs. açısından inceleyiniz.

Uygulama 2:

Transfer fonksiyonu verilen doğrusal ve zamanla değişmeyen sistemin (Örnek 1.8)

$$G(s) = \frac{4}{s^2 + ks + 5}$$

MATLAB Kontrol Toolbox Fonksiyonlarını kullanarak birim basamak, birim impulse, birim rampa ve $u(t) = \sin(2t)$ giriş sinyali için cevaplarını $k=2, 10$ için bularak grafiklerini çizdiriniz. Sistemin cevabını, sönüm, kalıcı durum kazancı ve kararlılık vs. açısından inceleyiniz.

Uygulama 3:

Uygulama 2 de verilen sistemi, durum denklemine dönüştürerek aynı girişler için cevabını tekrar buldurarak grafiklerini çizdiriniz. Grafikleri Uygulama 2 grafikleri ile karşılaştırınız. Farklılık varsa nedenlerini açıklayınız.

Uygulama 4:

Transfer fonksiyonu verilen doğrusal ve zamanla değişmeyen sistemlerin

$$G(s) = \frac{1}{s + 2} \quad G(s) = \frac{s}{s^2 + 4} \quad G(s) = \frac{2.5(s + 2)}{s^2 + 2s + 5}$$

Birim basamak ve birim impulse cevaplarını bularak grafiklerini çizdiriniz. Sistemin cevabını sönüm, kalıcı durum kazancı ve kararlılık vs. açısından inceleyiniz.

MATLAB KONTROL SİSTEMLERİ TOOLBOX'IN KULLANIMI-II

A-) Amaç: MATLAB' ın Kontrol Sistemleri Toolbox' ını kullanarak blok şemaları indirgemek ve indirgenmiş kontrol sistemlerinin çeşitli giriş sinyalleri için cevabını incelemek.

B-) Deneye / Uygulamaya Hazırlık

Blok ve sinyal akış şemalarının indirgenmesi için ders kitabına bakılabilir.

MATLAB Kontrol Toolbox Fonksiyonları:

series: Seri bağlı iki adet blok veya sistemi tek bir bloğa indirger. Genel kullanım biçimi:

[num,den]=series (n1,d1,n2,d2)

Seri blokların transfer fonksiyonlarının pay ve payda polinomları, **n1,d1** ve **n2, d2** olarak girilmelidir. Seri bağlantı sonucunda elde edilen transfer fonksiyonunun pay ve payda polinomları ise **num, den** dir.

Eğer seri blokların transfer fonksiyonları yerine durum denklemleri belirli ise seri blokların katsayı matrisleri sıra ile **a1,b1,c1,d1** ve **a2,b2,c2,d2** olarak girilmelidir.

[a, b, c, d]=series (a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)

Seri bağlantı sonucunda elde edilen durum denkleminin katsayı matrisleri ise **a,b,c,d** dir.

parallel: Paralel bağlı iki adet blok veya sistemi tek bir bloğa indirger. Kullanım biçimi series ile aynıdır.

feedback: İleri besleme ve geri besleme modelleri verilen sistemlerin kapalı çevrim (geri beslemeli) kontrol sisteminin indirgenmiş modelini verir. Yukarıdaki fonksiyonlara benzer şekilde transfer fonksiyonu ya da durum denklemleri modelleri kullanılabilir. Genel kullanım biçimleri:

Transfer fonksiyonu ve durum denklemleri için sıra ile negatif geri besleme durumunda,

[num,den]=feedback (n1,d1,n2,d2) ya da **[num,den]=feedback (n1,d1,n2,d2,-1)**

[a, b, c, d]=feedback (a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)

ve pozitif geri besleme durumunda +1 işareti kullanılmalıdır.

MATLAB kontrol sistemleri toolbox fonksiyonlarının diğer bir kullanım şekli de nesne model olarak tanımlanan sistemlere uygulanışdır. Pay ve payda polinomları verilen bir transfer fonksiyonunun nesne modeli,

G=tf (num,den)

Kutup-sıfır ve kazanç düzeninde verilen bir transfer fonksiyonunun nesne modeli,

G=zpk (z,p,K)

Durum denklemleri verilen bir sistemin yine durum denklemleri düzenindeki nesne modeli,

sys=ss (a,b,c,d)

olarak elde edilebilir.

EET-343 Kontrol Sistemleri

Nesne modelleri üzerinde de diğer MATLAB fonksiyonları uygulanabilir. Örneğin, G1 ve G2 gibi 2 adet nesne modeli elde edilmiş olsun.

Ga=series (G1,G2)

Gb=parallel (G1,G2)

Gc=feedback (G1,G2)

yazılarak indirgenmiş sistemin nesne modelleri elde edilebilir. Diğer taraftan nesne modellerin de kökleri, kararlılığı, çeşitli giriş sinyalleri için cevabı elde edilebilir.

pole (G1) ya da **kokler=pole (G1)**

ile kökleri (kutupları) bulunabilir.

isstable (G1) ya da **x= isstable (G1)**

kararlı olup olmadığı (kararlı ise x=1 kararsız ise x=0) belirlenebilir.

step (G1) ya da **[y,t]=step(G1)**

basamak cevabı bulunabilir. Benzer şekilde **impulse** ve **lsim** fonksiyonları da nesne modellerde kullanılabilir.

C-) DeneySEL / Uygulama Çalışmaları

Yukarıda verilen MATLAB fonksiyonlarından yararlanarak aşağıdaki uygulamaların programını yazarak Laboratuvar çalışmasına geliniz.

Uygulama 1:

Negatif geri beslemeli kapalı çevrim bir kontrol sisteminde ileri besleme transfer fonksiyonu $G(s) = \frac{6}{s-1}$ ve geri besleme transfer fonksiyonu $H(s) = \frac{1}{s+4}$ olarak verilmiş olsun. Kapalı çevrim kontrol sistemini indirgeyiniz ve birim basamak cevabını bularak grafiğini çizen ve kararlılığını belirleyen bir MATLAB programı yazınız.

Uygulama 2:

Uygulama 1 deki modelleri, nesne modellere çevirerek kapalı çevrim kontrol sistemini indirgeyiniz ve birim basamak cevabını bularak grafiğini çizen bir MATLAB programı yazınız.

Uygulama 3:

Negatif birim geri beslemeli kapalı çevrim bir kontrol sisteminde kontrol edilen sistem $G_p(s) = \frac{1}{s+1}$ ve önüne seri bağlanacak kontrolör $G_c(s) = \frac{15(s+6.67)}{s}$ olarak verilmiş olsun. Kapalı çevrim kontrol sisteminin birim basamak cevabını bularak grafiğini çizen ve kararlılığını belirleyen bir MATLAB programı yazınız.

Uygulama 4:

Uygulama 3 deki modelleri, nesne modellere çevirerek kapalı çevrim kontrol sistemini indirgeyiniz ve birim basamak cevabını bularak grafiğini çizen bir MATLAB programı yazınız.

Uygulama 5:

Verilen durum denklemlerinin tek tek impuls cevaplarını bulunuz ve iki sistemi seri bağlayarak toplam cevabı çizdiriniz.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 1 \\ -1 & -2 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} u \quad y_1 = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \\ -1 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -2 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix} u \quad y_2 = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + 10u$$

Uygulama 6:

Uygulama 5 de verilen durum denklemlerini paralel bağlayarak indirgediğiniz sistemin impuls cevabını bularak çizdiriniz ve uygulama 5 deki cevap ile karşılaştırınız.

Uygulama 7:

Uygulama 5 de verilen durum denklemlerini nesne modele çevirdikten sonra paralel bağlayarak indirgediğiniz sistemin impuls cevabını bularak çizdiriniz ve uygulama 5 deki cevap ile karşılaştırınız..

Uygulama 8:

Yukarıda kullanımı anlatılan ancak uygulamalarda kullanılmayan fonksiyonlar için birer örnek uygulama yapınız.

MATLAB / SIMULINK PROGRAMI

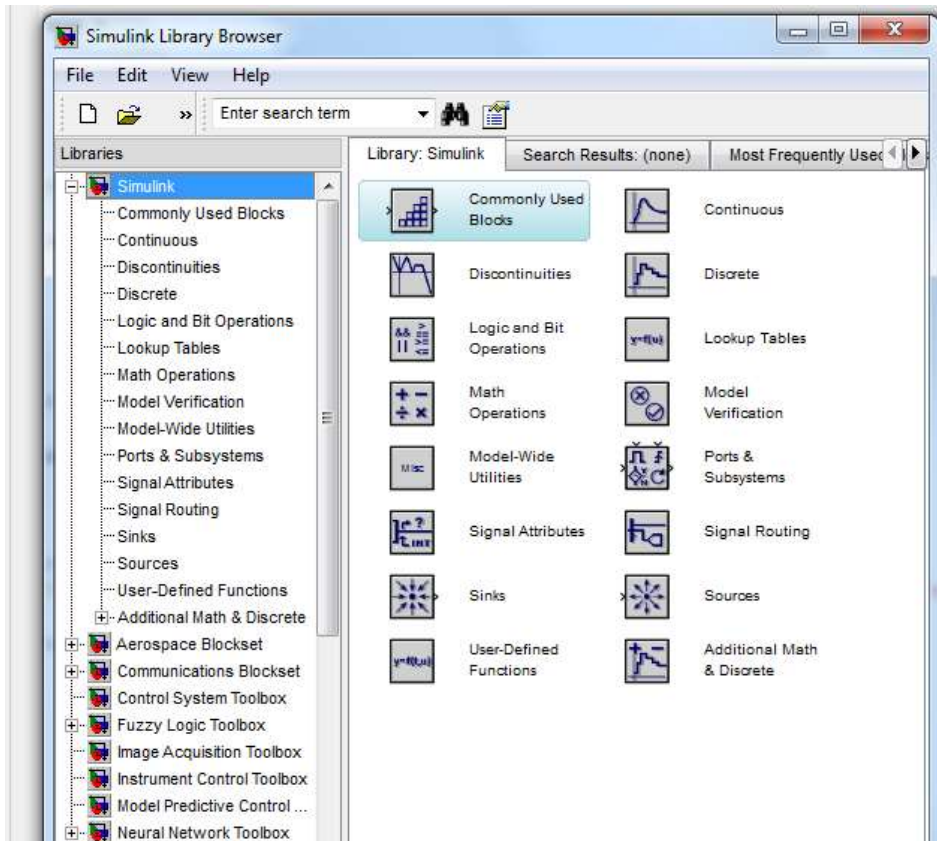
A-) Amaç: MATLAB/Simulink Programını kullanarak kontrol sistemlerinin için blok şema çizimlerini yapabilmek ve çeşitli giriş sinyalleri için kontrol sisteminin cevabını incelemek.

B-) Deneye / Uygulamaya Hazırlık

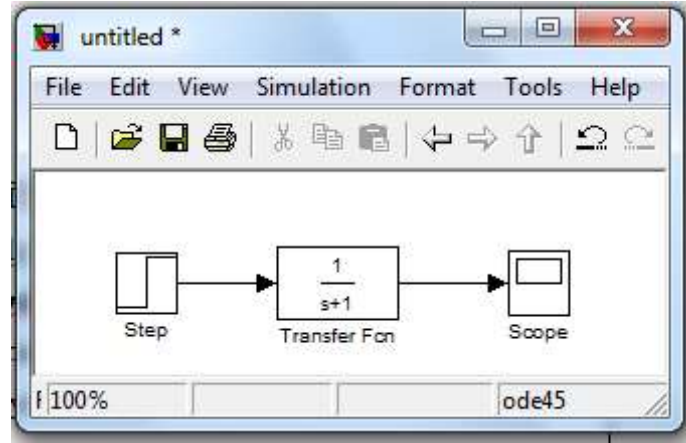
SIMULINK; MATLAB programı (*.m dosyası) yazarak bir dinamik sistemin cevabının bulunması ve blok şemalarının fonksiyonlarla indirgenerek kontrol sisteminin incelenmesi yerine **doğrudan blok şemalar ile kontrol sistemi çizilerek analizini sağlayan bir programdır**. MATLAB/SIMULINK ortamına geçmek için komut satırından,

```
>> simulink
```

yazılmalı ya da Simulink düğmesi tıklanmalıdır. Simulink ortamında temel simulink blok kütüphaneleri ile birlikte çok sayıda toolbox blok kütüphaneleri mevcuttur. Temel simulink blok kütüphanelerinden ilk aşamada **Continuous, Sinks, Sources, Math Operations** kütüphaneleri önemlidir.



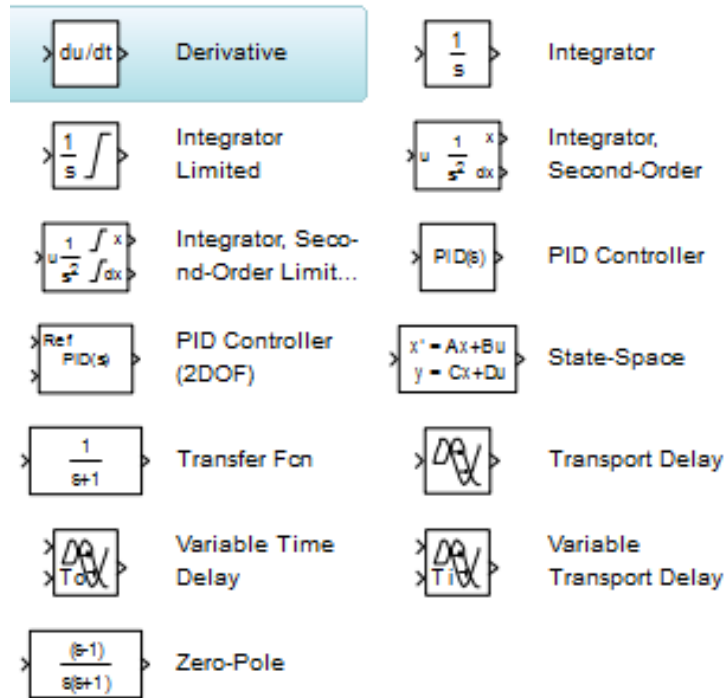
Yeni bir Simulink dosyası oluşturmak için SIMULINK den **File-New** seçilerek boş bir simulink ortamı açılmalıdır. Bu boş ortamda Simulink ile bir kontrol sisteminin blok şemasını oluşturmak için yukarıdaki şekilde görülen kütüphane blokları seçildikten sonra içeriğindeki ilgili bloklar sürüklenerek taşınmalı ve bağlantıları yapılmalıdır. Şekilde **Continuous, Sinks, Sources** kütüphanelerinden taşınan bloklarla bir transfer fonksiyonunun basamak cevabının osilaskopta incelenmesi çizilmiştir.



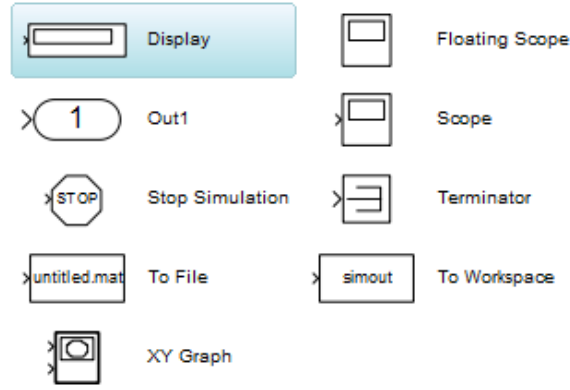
Kontrol sistemi kurulduktan sonra dosyaya isim verilerek kaydedilebilir. Kurulan model, **Simulation- start** ile çalıştırılır. Bazı önemli blok kütüphaneleri ve bloklar aşağıda verilmiştir.

Math Operations Kütüphanesi çarpma, bölme, toplama, işaret alma, karekök alma vs. gibi çeşitli aritmetiksel operatör bloklarını ihtiva eder.

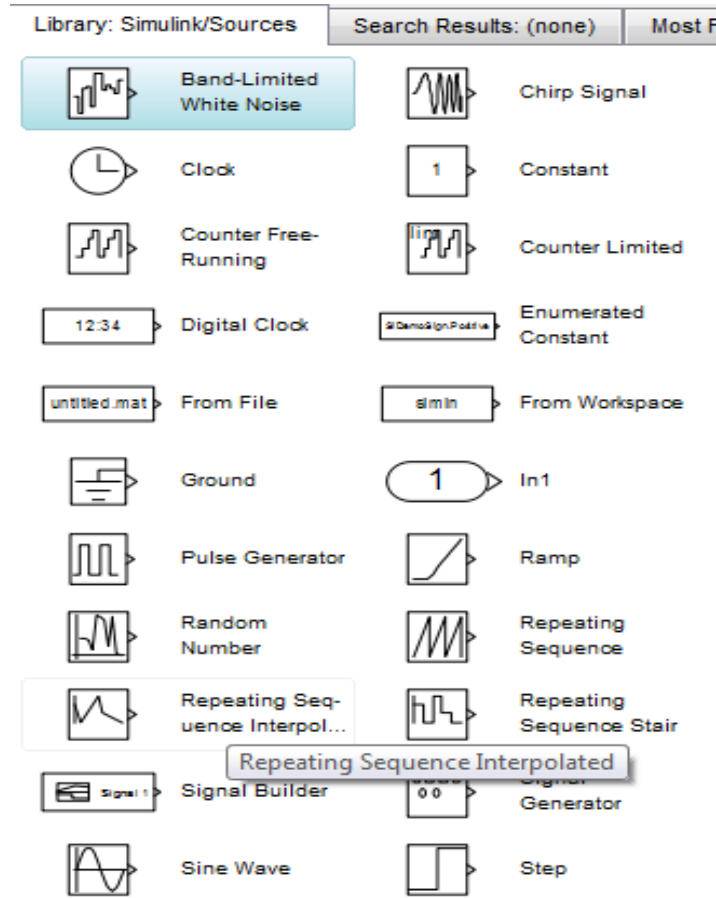
Continuous kütüphanesi türev, integral, sistemlerin transfer fonksiyonu ve durum denklemleri modellerini ihtiva eder.



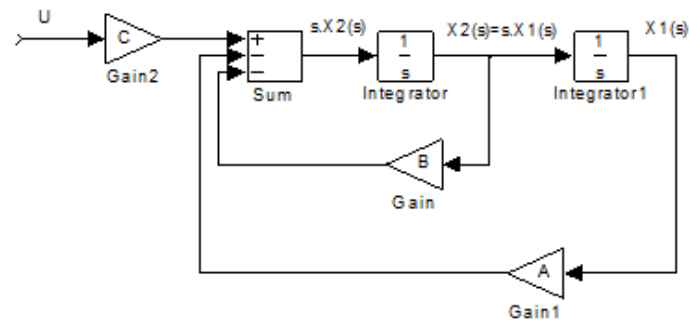
Sinks kütüphanesi çeşitli osiloskoplar, blok çıkışı, dosya ve MATLAB komut satırına yazma bloklarını ihtiva eder.



Sources kütüphanesi blok girişi ve çeşitli giriş sinyallerini ihtiva eder.



Örnek olarak, $\dot{x}_1 = x_2$ $\dot{x}_2 = -Ax_1 - Bx_2 + Cu$ olarak verilen diferansiyel denklem takımı simulinkte aşağıdaki gibi modellenenebilir.



C-) Deneyisel / Uygulama Çalışmaları

Uygulama 1:

Negatif geri beslemeli kapalı çevrim bir kontrol sisteminde ileri besleme transfer fonksiyonu $G(s) = \frac{6}{s-1}$ ve geri besleme transfer fonksiyonu $H(s) = \frac{1}{s+4}$ olarak verilmiş olsun. Kontrol sisteminin Simulink blok şemasını oluşturarak birim basamak, birim rampa vs. girişler için cevabını inceleyiniz.

Uygulama 2:

Negatif birim geri beslemeli kapalı çevrim bir kontrol sisteminde kontrol edilen sistem $G_p(s) = \frac{1}{s+1}$ ve önüne seri bağlanacak kontrolör $G_c(s) = \frac{15(s+6.67)}{s}$ olarak verilmiş olsun. Kontrol sisteminin Simulink blok şemasını oluşturarak birim basamak, birim rampa vs. girişler için cevabını inceleyiniz.

Uygulama 3:

Verilen durum denkleminin Simulink blok şemasını oluşturarak birim basamak, birim rampa vs. girişler için cevabını inceleyiniz.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 1 \\ -1 & -2 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} u \quad y_1 = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

Uygulama 4:

Yukarıda örnek olarak verilen $\dot{x}_1 = x_2$ $\dot{x}_2 = -Ax_1 - Bx_2 + Cu$ sisteminin çeşitli A, B ve C değerleri için simulink blok şemasını çizerek sistemin birim basamak ve birim rampa cevaplarını inceleyiniz.

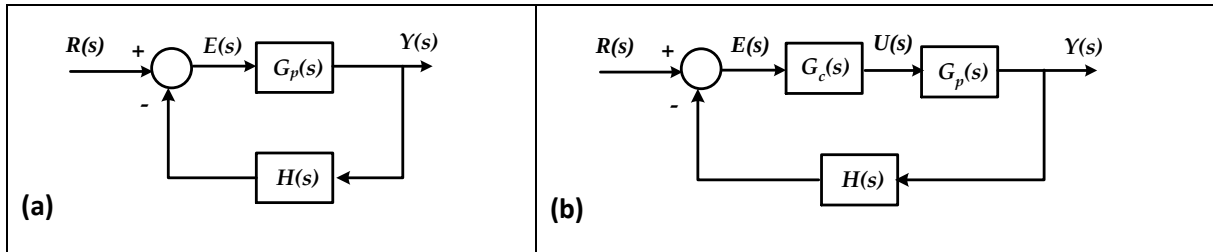
KONTROL SİSTEMLERİNİN ZAMAN BÖLGESİ KARAKTERİSTİKLERİ

VE PID KONTROLÖR TASARIM ESASLARI

A-) Amaç: MATLAB kontrol sistemleri toolbox' ın komut ve fonksiyonlarını ya da MATLAB/Simulink' i kullanarak kontrol sistemlerinin zaman bölgesi karakteristiklerini incelemek ve P-I-D kontrol etkilerini ve PID kontrolör tasarımı esaslarını belirlemek.

B-) Deneye / Uygulamaya Hazırlık

Bu deneyde yapılacak uygulamalarda aşağıdaki kontrol sisteminin blok şeması esas alınarak incelemeler yapılacaktır. Burada, $G_p(s)$ - kontrol edilecek sistemi $G_c(s)$ - kontrolörü ve $H(s)$ ise geri besleme birimini (algılayıcıyı) göstermektedir.



Kontrol sistemlerinin zaman bölgesi karakteristikleri ve PID kontrolör tasarımı esasları ile ilgili ayrıntılı teorik bilgi için ders kitabına bakılabilir.

MATLAB Kontrol Toolbox Fonksiyonları:

Önceki uygulamalarda verilen MATLAB kontrol toolbox komut ve fonksiyonları ya da MATLAB/Simulink, bu deneydeki uygulamaları yapmak için yeterlidir.

C-) Deneysel / Uygulama Çalışmaları

Aşağıdaki uygulamaların bir tanesini (örneğin uygulama 1) hem MATLAB/kontrol toolbox komutları

ile hem de simulink ile inceleyiniz. Diğerlerini sadece Simulink ile inceleyebilirsiniz.

Uygulama 1:

Şekil (a) da verilen kapalı çevrim kontrol sisteminde $G(s) = \frac{3}{s+4}$ ve $H(s) = 1$ olarak verilmiş olsun.

a-) Sistemin zaman sabitesi, cevabın ilk ve son değerleri, sistemin tipi ve kalıcı durum hatası gibi parametrelerini belirleyerek birim basamak, birim impuls ve birim rampa cevaplarını yaklaşık olarak çizin.

b-) Hem MATLAB/kontrol toolbox komutları ile hem de simulink ile temel test girişleri için cevaplarının grafiğini çizdirerek (a) şıkkı ile karşılaştırınız.

Uygulama 2:

Şekil (a) da verilen kapalı çevrim kontrol sisteminde $G(s) = \frac{4}{s^2 + ks + 1}$ ve $H(s) = 1$ olarak verilmiş olsun.

a-) $k=2$ için sistemin sönüm oranı ve doğal frekansı, cevabın ilk ve son değerleri, sistemin tipi ve kalıcı durum hatası, maksimum aşma, yerleşme ve yükselme süreleri vs. gibi parametrelerini belirleyerek birim basamak, birim impuls ve birim rampa cevaplarını yaklaşık olarak çiziniz.

b-) $k=6$ için (a) şıkkındaki incelemeleri yaparak değerlendiriniz.

c-) MATLAB/simulink ile temel test girişleri için cevaplarının grafiğini çizdirerek (a) şıkkı ile karşılaştırınız

Uygulama 3:

Uygulama 2 (a) ve (c) deki çalışmaları $G(s) = \frac{25}{s^2 + 6s}$ sistemi için tekrarlayınız.

Uygulama 4:

Uygulama 2 (a) ve (c) deki çalışmaları $G(s) = \frac{1}{0.5s}$ ve $H(s) = \frac{1}{s+1}$ sistemi için tekrarlayınız. Algılayıcının giriş ve çıkış sinyallerini ölçerek etkisini değerlendiriniz.

Uygulama 5:

Yukarıdaki uygulamalarda verilen sistemler, Şekil (b) deki gibi sisteme seri bir kontrolör bağlanarak basamak girişler için kalıcı durum hatası olmayacak ve ayrıca sönüm oranları $\zeta = 0.6$ ve doğal frekansı $\omega_n = 8$ olacak şekilde kontrol edilecektir. Yukarıdaki her bir uygulama için ayrı ayrı olmak üzere,

a-) Sistemlere hangi kontrolörü (PI, PD ya da PID) bağlamak gerekir.

b-) Bağlayacağınız kontrolörü tasarlayarak kontrol sisteminin birim basamak cevabını MATLAB/simulink ile çizdiriniz.

c-) İsteddiğiniz cevap elde edilemiyorsa nedenlerini ve çözüm yolunu açıklayınız.

KÖKLERİN YER EĞRİSİ ANALİZİ VE KONTROL SİSTEMİ TASARIMI

A-) Amaç: MATLAB' ın kontrol sistemleri toolbox' ının **rlocus** fonksiyonunu kullanarak köklerin yer eğrisini çizdirmek ve kontrol sistemlerinin KYE' ni inceleyerek KYE' nin kontrol sistemlerinin tasarımındaki etkinliğini belirlemek.

B-) Deneye / Uygulamaya Hazırlık

Köklerin yer eğrisi analiz ve tasarımı için ders kitabına bakılabilir.

MATLAB Kontrol Toolbox Fonksiyonları:

rlocus: Kapalı çevrim kontrol sisteminin açık çevrim transfer fonksiyonunda kazanç çarpanı durumunda olan bir parametre ya da kazanç değişimine göre kapalı çevrim sistemin kutuplarının nasıl değiştiğinin eğrisini yani köklerin yer eğrisini çizer. Dolayısıyla, köklerin yer eğrisi, bir sistemin oransal kontrolör ile nasıl kontrol edilebileceğini de göstermiş olur.

Genel kullanım biçimleri:

rlocus (num,den) : Açık çevrim transfer fonksiyonun pay ve payda polinomları sıra ile **num** ve **den** olarak verilen sistemin köklerin yer eğrisini çizer.

rlocus (num,den,K) :Kullanıcının belirlediği K kazanç vektörünün değerlerine göre köklerin yer eğrisini çizer.

[kokler,kazanclar]=rlocus (num,den) : Köklerin yer eğrisini çizmek yerine sayısal değerler olarak bulduğu kökleri ve karşılık gelen kazanç değerlerinin verir.

rlocus (a,b,c,d) : Durum denklemi modeli verilen sistemin köklerin yer eğrisini çizer.

rlocus (sys) : Nesne modeli verilen sistemin köklerin yer eğrisini çizer. Burada nesne modeli **sys**,

önceden açıklanan **sys=tf (num,den)** ya da **sys=ss (a,b,c,d)** fonksiyonları ile elde edilmiş olabilir

C-) Deneysel / Uygulama Çalışmaları**Uygulama 1:**

Açık çevrim transfer fonksiyonu verilen sistemlerin köklerin yer eğrisini $K>0$ ve $K<0$ için ayrı ayrı çizdirerek inceleyiniz. Elde ettiğiniz KYE' ne göre bu sistemlerini oransal bir kontrolör ile arzu ettiğiniz gibi (örneğin $\zeta = 0.8$, $\omega_n = 10$ olsun) kontrol edebilir misiniz? Değilse neden?

$$G(s)H(s) = \frac{1}{s(s+4)}, \quad G(s)H(s) = \frac{s+10}{s(s+4)}$$

Uygulama 2:

Açık çevrim transfer fonksiyonu verilen sistemlerin köklerin yer eğrisini $K>0$ ve $K<0$ için ayrı ayrı çizdirerek inceleyiniz. (Örnek 6.4 ve Örnek 6.5). Elde ettiğiniz KYE' ne göre bu sistemlerini oransal

bir kontrolör ile arzu ettiğiniz gibi (örneğin $\zeta = 0.8$, $w_n = 10$ olsun) kontrol edebilir misiniz? Değilse neden?

$$G(s)H(s) = \frac{s+6}{(s+10)(s^2+2s+5)}, \quad G(s)H(s) = \frac{1}{s(s+2)(s+4)}$$

Uygulama 3:

Uygulama 1 deki sistemlere seri bağlı ve kutup-sıfırlarının yerinin sizin belirlediğiniz PD, PI ve PID kontrolörler bağlayarak (Örnek 6.9-6.12 ye benzer şekilde) köklerin yer eğrisini çizdiriniz ve kontrolörlerin etkilerini inceleyiniz.

Uygulama 4:

Örnek 7.1 ve 7.2 de, aşağıdaki sistem için PD ve FİK tasarımı verilmiştir.

a-) Tasarlanan kontrolörler ile sistemin cevabını çizdirerek inceleyiniz.

b-) Ayrıca bu sistemde, rampa giriş için kalıcı durum hatasının $ess = 0$, $Kv = \infty$ ya da en azından $ess = 0.01$, $Kv = 100$ olması istenmektedir. Tasarlanan PD ve FİK dan sonra bir PI ve FGK bağlayarak sistemin rampa cevabını inceleyiniz.

$$G(s)H(s) = \frac{1}{s(s+4)}$$

Uygulama 5:

Örnek 7.3 ve 7.4 de, aşağıdaki sistem için PI ve FGK tasarımı verilmiştir. Tasarlanan kontrolörler ile sistemin cevabını çizdirerek inceleyiniz.

$$G(s)H(s) = \frac{s+1}{s(s+4)}$$

RT 512 SIVI SEVİYE SETİ İLE SIVI SEVİYE KONTROLÜ**ÖN BİLGİ:****SEVİYE ÖLÇME CİHAZLARI**

Nasıl bir seviye ölçme işleminin yapılacağı, kullanılacak yöntem üzerinde büyük rol oynar. Seviye ölçme şekilleri şöyle sıralanabilir:

1. Bir tek belli bir seviyenin algılanması
2. Birden fazla belirli seviyenin algılanması
3. Düşük ve yüksek belirli iki seviye arasında sürekli seviye ölçümünün yapılması

Doğrudan ve Dolaylı Ölçme Yöntemleri:

Doğrudan ölçme yöntemi; akışkanın en üst noktasında sabit bir nokta ile akışkan seviyesi arasındaki mesafenin ölçülmesi prensibine dayanır. Doğrudan ölçme yöntemleri şunlardır:

- Akışkanın elektrotlara değmesi
- Işık demetinin kesilmesi
- Ses ötesi, radyo ve radar dalgalarının yansması

Dolaylı ölçme yöntemlerinde ise akışkan seviyesinin değişmesi değil de, başka değişkenler dikkate alınır.

Dolaylı ölçme yöntemleri şunlardır:

- Yükseklikten doğan basınç
- Kapasitans, iletkenlik ve direnç gibi sıvının iletkenlik özelliklerinin kullanılması
- Gönderilen dalgaların zayıflaması

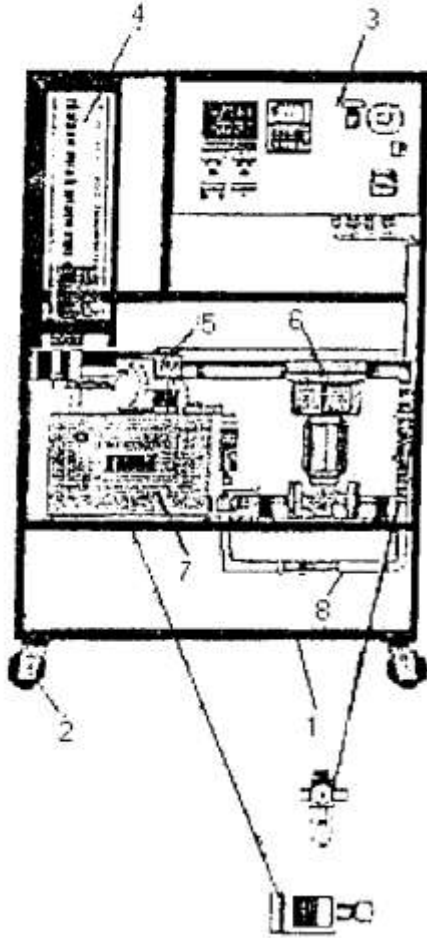
Doğrudan ölçme yöntemlerine kıyasla, dolaylı ölçme yöntemlerindeki hata miktarı sıcaklık yoğunluk gibi faktörlerden dolayı daha fazladır.

SEVİYE ÖLÇME YÖNTEMLERİ

1. Hidrostatik basınç ve basınç farkı yöntemleri
2. Diyafram seviye ölçme yöntemleri
3. Elektriksel seviye ölçme yöntemleri
4. Ses ve ses ötesi (sonik) dalgalarla seviye ölçümü

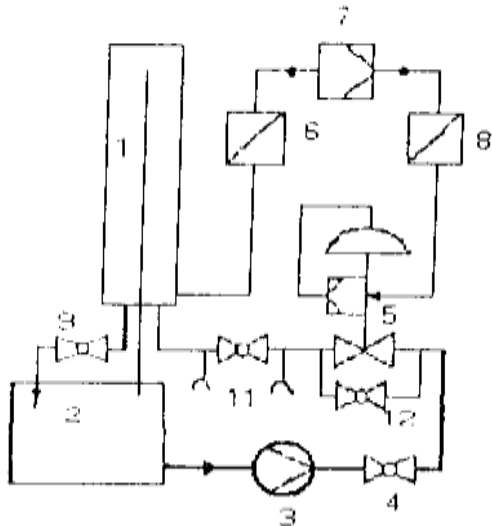
RT 512 DENEY SETİNİN TANITIMI

Aşağıdaki şekilde RT 512 deney setinin önden görünüşü görülmektedir.



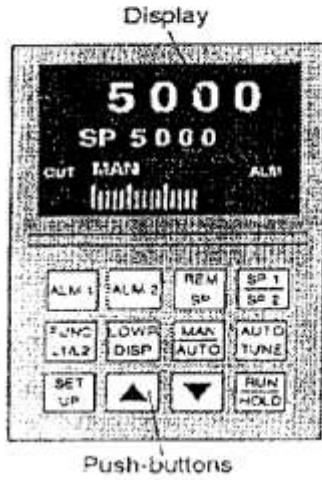
- 1-Seti taşıyan metal gövde
- 2-Setin taşınmasını sağlayan ayaklar
- 3-Bütün ölçü aygıtları ve elektriksel switchler bu kabın içerisinde yer almaktadır.
- 4-Sıvı seviye ölçüm tüpü
- 5-Pompa
- 6-Kontrol valfi
- 7-Su tankı
- 8-By-pass(bozucu giriş)

BLOK DİYAGRAM:



- 1-Seviye silindiri
 - 2-Su tankı
 - 3-Pompa
 - 4-Manuel vana
 - 5-Kontrol valfi
 - 6-Basınç algılayıcı(dönüştürücü)
 - 7-Kontrolör
 - 8-Akım/Basınç dönüştürücü
 - 9-Manuel vana
 - 10- By-pass(bozucu giriş)
 - 11-Kaskat kontrol bağlantı uçları
- Not:** Açıklamaları arka sayfadadır.

Deney 1: P kontrol:



SET UP a birkaç defa basarak **SET UP /**
ALGORITHM'e geç **FUNC L1/L2** ile onayla

▼ **▲** tuşlarını kullanarak **PD+MR**
kontrol tipini seç ve **LOWR DISP** şekillendirme
düzeyinde çık.

SET UP a birkaç defa basarak **SETUP TUNING**
geç ve **FUNC L1/L2** tuşu ile sonraki parametreleri
hazırla. **▲** **▼** tuşlarını kullanılır.

PB PTC(Oransal kazanç): Uygun band $N_p=50\%$
Rate min(Türey kazanç): Zamanı derecelendirme
 $T_v=0$

Man reset(integral kazanç): Durumu harekete
geçirme $A_p=0$

LOWR DISP ile şekillendirme düzeyinden çık.

Not: Burada X_p sabit bir kazanç (oransal kazanç)
Upper Display: Üst göstergesi

Lower Display: Alt göstergesi

Status Line: Durum Hattı

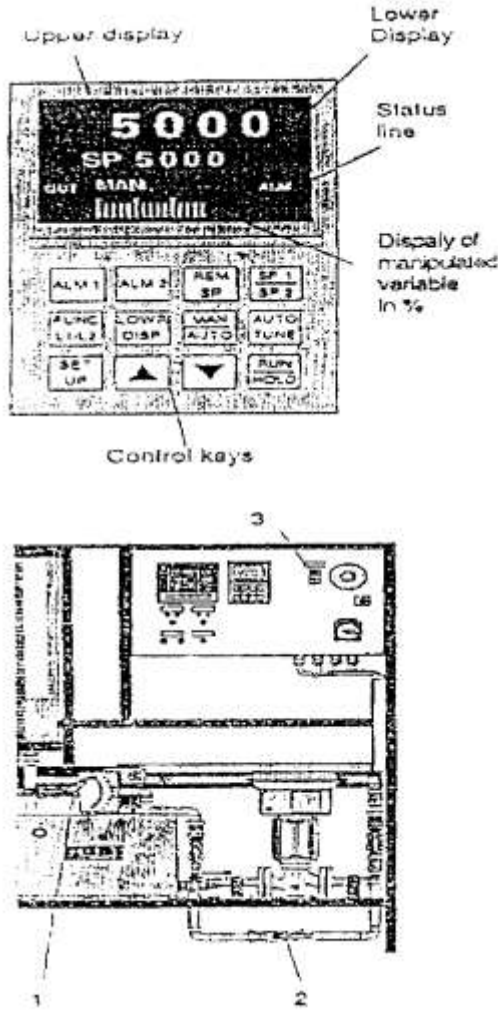
Display of manipulated variable in % = % olarak kontroldeğişken göstergesi

Control Keys: kontrol anahtarı

İŞLEM BASAMAKLARI:

- 1'den 45 dereceye kadar el vanasını aç.
- 2 nolu vanayı kapat.
- 3 nolu elektrik düğmesini (çevirtiyi) kullanarak sualtı pompasını çalıştır.
- Alt göstergedeki **LOWR DISP** e tekrarlı olarak basıp setpoint SP'yi 20 **▲** **▼** tuşları ile ayarlarız.
- Aynı yöntemle 2SP'yi 50'ye ayarlarız.
- SP1** **SP2** e basarak setpointler (SP ve 2SP) arasında geçiş yapınız.(işlemi harekete geçirin)
- Kaydedici hattı açınız.
- Bir kere **SP1** **SP2** e basıp setpoint SP'yi setpoint 2SP'ye çevirin; konum derhal işleme konur.
- Dolu seviye sabitleşince, kontrolörün üst göstergesinden gerçek X değerini oku ve kısa not düş. daha sonrada kaydedici hattını devre dışı bırak.(kapat)

Deney:2 PID kontrol



SET UP a birkaç defa basarak **SETUP** ALGORITHM'e geçerek **FUNC L1/L2** ile onayla

▲ **▼** larını kullanarak kontrolör çeşidi PID'yi seç. **LOWR DISP** ile uyarılma düzeyinden çık.

SET UP 'a a birkaç defa basarak **SETUP/TUNING** e geç ve **FUNC L1/L2** tuşu ile sonraki parametreleri hazırla. **▲** **▼** tuşlarını kullanarak ;

PB PTC(Oransal kazanç): Uygun band $X_p=260\%$

Rate min(Türev kazancı): Zamanı derecelendirme $T_v=0.09\text{min}$

Man reset(integral kazancı): Durumu harekete geçirme $T_n=0.02\text{min}$

LOWR DISP ile şekillendirme düzeyinden çık

Not: Burada X_p sabit bir kazanç (oransal kazanç)

İŞLEM BASAMAKLARI:

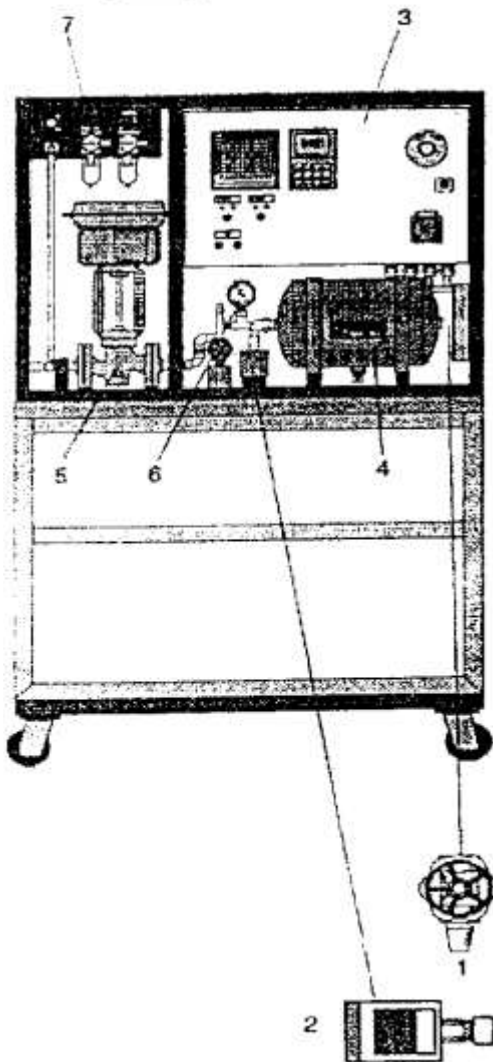
- 1'den 45 dereceye kadar el vanasını aç.
- 2 nolu vanayı kapat.
- 3 nolu elektrik düğmesini (çevirtiyi) kullanarak sualtı pompasını çalıştır.
- Alt göstergedeki **LOWR DISP** e tekrarlı olarak basıp setpoint SP'yi 20 **▲** **▼** tuşları ile ayarlarız.
- Aynı yöntemle 2SP'yi 50'ye ayarlarız.
- SP1** **SP2** e basarak setpointler (SP ve 2SP) arasında geçiş yapınız.(işlemi harekete geçirin)
- Kaydedici hattı açınız.
- Bir kere **SP1** **SP2** e basıp setpoint SP'yi setpoint 2SP'ye çevirin; konum derhal işleme konur.
- Dolu seviye sabitleşince, kontrolörün üst göstergesinden gerçek X değerini oku ve kısa bir süre düş, daha sonrada kaydedici hattını devre dışı bırak.(kapat)

RT 532 BASINÇ SETİ İLE BASINÇ KONTROLÜ

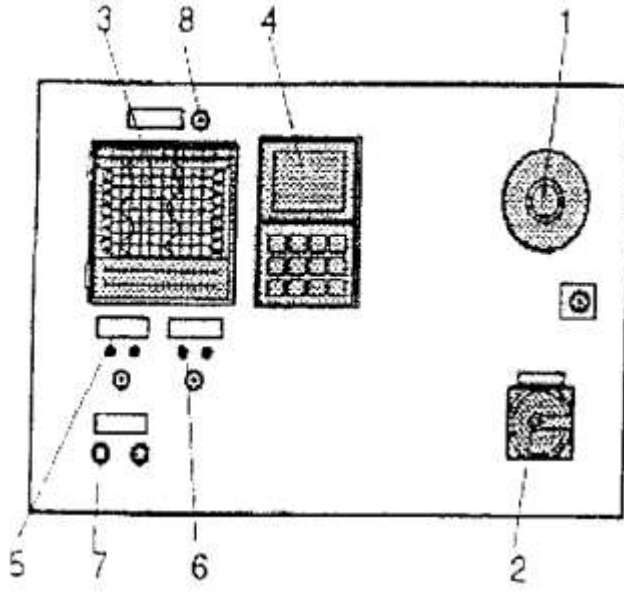
DENEYİN AMACI: Basınç kontrol sistemi yardımıyla bir tüpteki basıncı belli bir değerde sabit tutmak, P ve PID kontrolör parametrelerini ayarlayarak sonuçları gözlemlemek.

TEORİK BİLGİ:**Güvenlik Talimatları:**

- Olağanüstü hal butonunu elektrik devresi çalışmadan önce çekin.
- Elektrikli parçaların su ile temas etmesine engel olun.
- Ölçüm soketlerine dışardan voltaj uygulamayın.
- Deneye başlamadan önce sistemin parçalarının deney için uygun ve doğru yerleştirildiğinden emin olun.

Deney Setinin Tanıtımı:

1. Çıkış (tahliye) vanasıdır. Bir nevi sistemin bozucu girişidir.
2. Algılayıcı, basınç-akım dönüştürücü.
3. Tüm ölçüm ve elektrikli kontrol aletlerinin bulunduğu anahtar kabini
4. Basıncın depolandığı basınç kabı
5. Kontrol vanası (aktuatör eleman).
6. O andaki kaptaki basınç değerinin ölçülebilmesi için kullanılan manometre. Bir nevi sistemin çıkışı olarak da nitelendirilebilir.
7. Basınç filtre ünitesidir. Sisteme ve kontrol vanasına giden basınç değerini gösteren iki tane manometre vardır. Buradan sisteme ve kontrol vanasına giden basınç değerleri ayarlanabilir. Borulardaki basınç ıgneli sbop ile azaltılabilir.

Anahtar Kabini:

1. Olağanüstü hal butonu.
2. Ana şalter olup sisteme en girişini sağlar.
3. Kontrolörün ve sistemin çıkış dalga şekillerinin çizildiği kısım
4. Kontrolör.
5. Sistem çıkışının ölçüldüğü soket
6. Ölçüm soketleri (Kaskat bağlantı için)
7. DMCS ara birim kontrolörü.
8. Yazıcıyı çalıştırma butonu.

Tuş Fonksiyonları:

ALM1	1.grup parametre alarmını ifade eder.
ALM 2	2.grup parametre alarmını ifade eder.
REM SP	İç ve dış ayar noktalarını veya 3. iç ayar nokta anahtarı.
SP1 SP2	İç ayar noktaları arasındaki anahtar 1-2
FUNC L1/L2	Setup ile bağlantı kurulmasında bireysel fonksiyonların konfigürasyonu için kullanılır.
LOWR DISP	Temel göstergedeki işlem parametrelerinin seçimi ve konfigürasyon çıkışında kullanılır.
MAN AUTO	Alternatif olarak elle veya otomatik kullanım modu. Otomatik ayar noktası göstergenin altında görülür.
AUTO TUNE	Self-optimizasyon işlemini başlatır.
SET UP	Konfigürasyon için kontrolör içinden bir menüyü seçmemizi sağlar.
RUN HOLD	Ayar noktalarının çalıştırılması için RUN, durdurulması için HOLD'a basılır.
▲	Seçilmiş olan parametreyi yükseltir, ön sayfaların açılmasını sağlar.
▼	Seçilmiş olan parametreyi alçaltır, gerideki sayfaların açılmasını sağlar.

İşletim Düzeyi:

Anahtarı açtıktan sonra, kontrolör işlem düzeyine geçer. Gerçek değer göstergenin en üstünde görülür. **LOWR DISP** Tuşuna basılarak, göstergede aşağıdakiler tek tek görülür.

SP, 2SP, POS, DEV, OUT

Parametreler:

Kontrol parametreleri, SETUP TUNING konfigrasyon düzeyine girildiğinde otomatik işletim durumundayken yüklenmiş olur. Bu düzeye **SETUP** ' a bir kez basılarak ulaşılabilir. Bu durumda göstergede SETUP TUNING yazısı belirir.

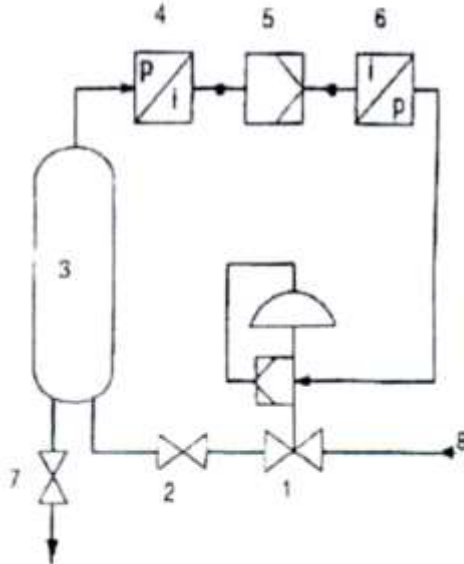
FUNC L1/L2 Tuşuna basılarak aşağıdaki değerler birbiri ardına ekranda belirir.

Prob PB: Oransal band (X_p)

Rate min: Oran zamanı (T_v)

Rset min: Sıfırlama zamanı (T_n)

Değerlerin değiştirilmesinde **▲ ▼** tuşları kullanılır.

Sistemin Çalışması:

Girişten uygulanan basınç, kontrol vanasından ve buradan da giriş vanasından geçerek, basınç kabına gelir. Algılayıcı kaptaki basınç değerini algılayarak kontrolöre iletir. Kontrolör ise kontrol vanası vasıtasıyla girişe uygulanan basıncı ayarlar. Örneğin kaptaki basıncımız referans olarak ayarlanmış basınçtan fazla ise kontrolör kontrol vanasına “KAPAT” sinyalini göndererek sisteme giren basınç kesilir. Basınç kabının sağ tarafındaki vana sol tarafındaki vana giriş vanası, sağ tarafındaki vana ise çıkış vanasıdır. Çıkış vanasına bozucu giriş de diyebiliriz.

DENEYİN YAPILIŞI:

Çalıştırma:

- Elektrik gücünü bağlayın.
- Olağanüstü hal butonunu çekiniz.
- Ana şalteri ON konumuna getirin.
- Basınçlı hava kaynağını açarak basınç girişini sağlayın.
- İstenilen basıncı kontrol ederek;

istenilen basıncı 6 bar'a

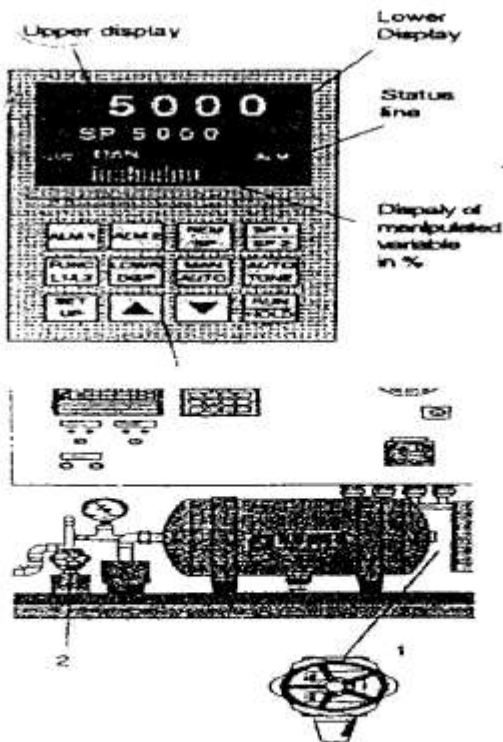
istenilen kontrol vanası basıncını 2 bar'a ayarlayınız.

Basıncı ayarlarken filtre/basınç ünitesi üzerindeki siyah ayar tokmağını yukarı doğru çekin ve ayarlayın. Ayarlama işlemi bittikten sonra tekrar yerine iterek kilitleyin.

- Basınç kabının çıkış vanasını kapatınız.

Yapılan İşlemler:

P Kontrollör:



 Tuşu ile SETUP ALGORİTMA'ya
 gelerek  tuşu ile bir alt menüye geçeriz.
 Buradan da  tuşlarını kullanarak PD+MR'
 yi seçeriz ve  ile buradan çıkarız.

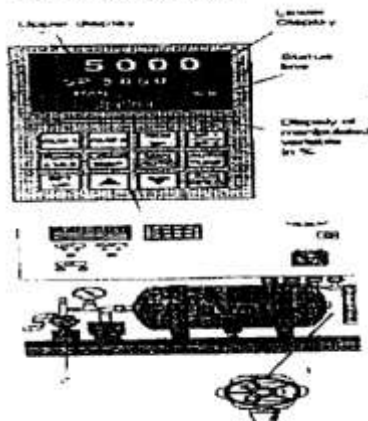
SETUP Tuşu ile SETUP TUNING' e geçeriz.
Buradan FUNC L1/L2 tuşu ile bir alt menüye geçtikten sonra ▲ ▼ tuşlarını kullanarak aşağıdaki değerleri gireriz.

$$X_p=30, T_v(\text{Rate min})=0, T_n(\text{Rset min})=0$$

Buradan çıkmak  için tuşuna basarız.  ile SP'i  tuşlarını kullanarak 2'ye ayarlarız. Tekrar  tuşuna basarak 2SP'i 4'e ayarlarız.

Giriş vanasını (2) full, çıkış vanasını (1) ise %50 açarız.

PID Kontrolör:



 Tuşu ile SETUP ALGORİTMA'ya gelerek
 tuşu ile bir alt menüye geçeriz. Buradan da
 tuşlarını kullanarak PD+MR' yi seçeriz ve
 ile buradan çıkarız

SETUP Tuşu ile SETUP TUNING' e geçerez. Buradan
FUNC tuşu ile bir alt menüye geçtikten sonra
L1/2 tuşlarını kullanarak aşağıdaki değerleri gireriz:

Xp=30, Tv(Rate min)=0, Tn(Rset min)=0

Buradan çıkmak için tuşuna basarız.
 ile SP'i  tuşlarını kullanarak 2'ye ayarlarız.

RT 305 KALİBRASYON SETİ İLE BASINÇ ALGILAYICI KALİBRASYONU

DENEYİN AMACI: RT 305 kalibrasyon setinin kullanımı ve işlevini öğrenmek, çeşitli cihazların (Basınç algılayıcı, manometre, elektrikli vana vb..) kalibrasyonunu gerçekleştirmek

TEORİK BİLGİ : Kalibrasyon en basit anlamıyla ayarlama demektir. Daha önceden var sayılan bir bilgiyle ölçü aletini karşılaştırma işlemidir. Örneğin :

Osiloskoplarda 1 Vpp değeri vardır. Bu uçta sabit, tepeden tepeye değeri 1V tepe değerine sahip olan bir kare dalga mevcuttur. Osiloskobun her çalışmasında dikey kare sayısı, prob kademesi ve volt div değerlerinden gidilerek bir matematiksel işlem yapılmakta ve eğer yapılan işlem sonucu 1V değerine eşitse osiloskop ölçmeye hazır denilmektedir. Bu şekilde her ölçmeden önce kalibre yapılarak cihaz ölçmeye hazır hale getirilir.

Ölçmede ve ölçü cihazlarında en önemli parametre doğruluktur. Ölçmedeki doğruluk ölçü cihazlarının standart büyüklüklere göre kalibrasyonuna bağlıdır.

Standartlar 4 guruba ayrılır.

1. Uluslararası Standartlar

Bu standartlar Paris'teki " Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçmeler " bürosunda muhafaza edilirler.

2. Birinci Standartlar

Bu standartlar her ülkenin milli laboratuvarlarında bulunur. Bu standartlar ile ikinci standartların kalibrasyonu yapılır.

3. İkinci Standartlar

Bunlar sanayideki laboratuvarlarda bulunurlar. Peryodik olarak milli standart laboratuvarlarına gönderilerek kalibre edilirler.

4. Çalışma Standartları

Bunlar herhangi bir laboratuvarlarda bulunan standartlar olup, laboratuvarlarda bulunan diğer cihazların kontrol edilmesini sağlar. Yada sanayi uygulamalarında karşılaştırmalı ölçme yapmak için kullanılırlar.

Belirtilen standartlara göre aletleri şu şekilde inceleyebiliriz.

Birinci Sınıf Aletler: Bu aletlere **etalon** aletlerde denilmektedir. Bu aletlerin başka cihazlarla karşılaştırılmaları mümkün değildir. Çünkü bunların kendileri birer standarttır. Bunlar uluslar arası ağırlık ve ölçme bürosunda muhafaza edilmektedirler. Bu cihazlarda hata %0 olup bunlar en doğru ve en hassas cihazlardır. Aşağıdaki faktörlerden dolayı sürekli kontrol edilmektedirler.

- Mevsim şartları değişikliklerine
- Gürültü yoğunluğu değişikliklerine
- Radyasyon değişikliklerine
- Manyetik alan değişikliklerine
- Nem oranı değişikliklerine göre sürekli olarak kontrol edilirler.

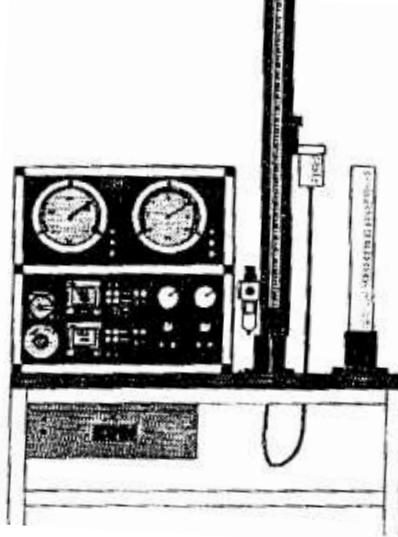
İkinci Sınıf Aletler: Bu sınıf aletler, birinci sınıf aletlerle karşılaştırılırlar. Bu karşılaştırma,

- Günlük
- Haftalık
- Aylık
- Yıllık olarak yapılır. (Bu tip cihazlar laboratuvar tipi cihazlardır.)

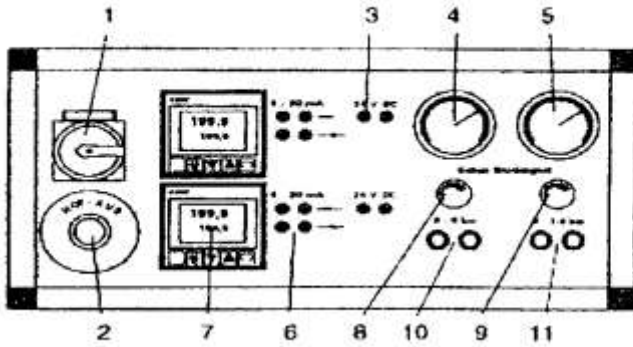
RT 305 KALİBRASYON SETİNİN TANITILMASI

Genel olarak RT 305 Kalibrasyon deney seti yardımıyla kontrol vanaları, basınç algılayıcıları, manometreler vb. cihazların kalibrasyonu yapılır. Deney seti ile;

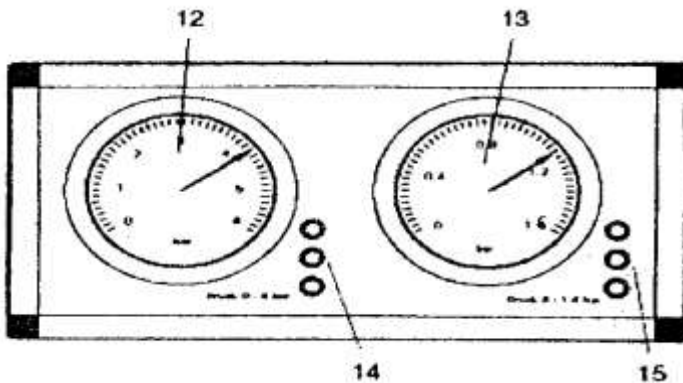
- Yüksek basınç ölçüm tahminleri
- Test amaçlı akım sinyalleri ve tanımlanmış basınç çıktıları
- Standart akım sinyali ölçümleri yapılabilir.



Anahtar kabini:



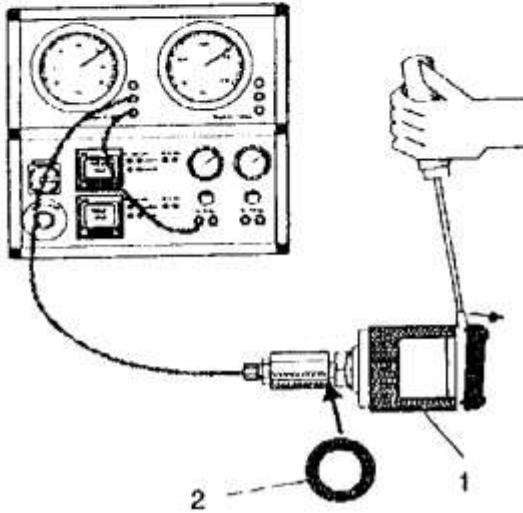
1. Ana anahtar
2. Acil durdurma anahtarı
3. Voltaj kaynak bağlantısı 24 V DC
4. Manometre basınç regülatörü 0-6 bar
5. Manometre basınç regülatörü 0-1.6 bar
6. Akım sinyalleri (4-20mA)
7. Akım çıkışlı ve akım görüntülü endüstriyel kontrolör
8. Tahmini basınç regülatörü 0-6 bar
9. Tahmini basınç regülatörü 0-1.6 bar
10. İki tıpa hava bağlantısı 0-6 bar
11. İki tıpa hava bağlantısı 0-1.6 bar



12. Manometre 0-6 bar
13. Manometre 0-1.6 bar
14. 3 tıpa hava bağlantıları 0-6 bar
15. 3 tıpa hava bağlantıları 0-1.6 bar

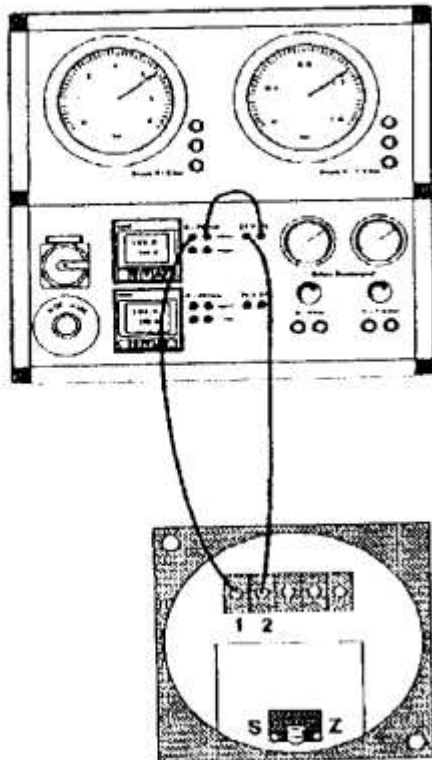
DNEYİN YAPILIŞI: Deneyin yapılabilmesi için dışarıdan sete bağlanacak bir basınç algılayıcısı cihazına gereksinim vardır. Dışarıdan bağlanan basınç algılayıcısının basıncı ve çıkışında basınca bağlı akım değeri ölçülmek istene değerdir. Bu değerle standart olarak kabul ettiğimiz RT 305 kalibrasyon setindeki basınç karşılaştırılmakta ve sonuç kontrolden görüntülenmektedir. Eğer standart değerlerle arada bir oransızlık varsa S - Z vidaları yardımıyla gerekli ayarlamalar yapılır.

Deneyin yapılması için izlenen yollar şu şekildedir.



1. Basınç algılayıcısını RT 305 kalibre istasyonuna bağlayın.
2. Hava hortumlarını kullanarak sabitleyici halkayı içine koyun ve şekilde gösterildiği gibi bağlantıyı gerçekleştiriniz.

All rights reserved G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Barsbüttel



Elektriksel bağlantı,

- I. Düz tornavida kullanarak, dikkatlice basınç algılayıcının kapağını kaldırın.
- II. Basınç algılayıcıyı kalibre istasyonuna laboratuvar kablolarını kullanarak şekildeki gibi bağlayın.

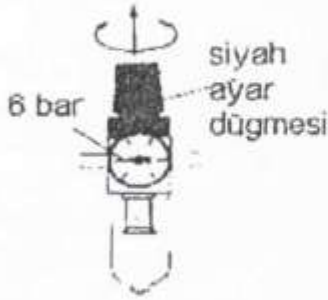
Terminal 1: Kontrolör negatif giriş (mavi)

Terminal 2: Güç kaynağı (0 – 24 V DC) negatif (mavi)

Ayrıca güç kaynağının kırmızı ucundan kontrolörün kırmızı pozitif girişine bağlantı yapınız.

RT 305 kalibrasyon setini hizmete geçirme aşamasında şu noktalara dikkat edilmelidir.

- 1) güç kaynağını açın. (220V ; 50Hz)
- 2) Basınçlı hava kaynağını (kompresör) bağlayın.
- 3) Kalibrasyon setinin girişinde yer alan basınç – filtre regülatörü yardımıyla sete verilen basıncı kontrol edin. Basınç – filtre regülatörü 0 – 10 bar arasındadır.
- 4) Setin çalışması için 6 bar basınca gereksinim vardır. Eğer basınç – filtre regülatörü 6 bar değilse aşağıdaki işlemler yapılmalıdır.

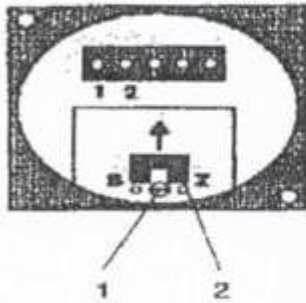


- Siyah ayar düğmesini filtre – basınç regülatöründen yukarıya doğru çekin.
- Gerekli basıncı ayarlayarak, ayar düğmesini tekrar aşağıya doğru itiniz.
- Basıncı gerekenden fazlasına ayarlamayınız.

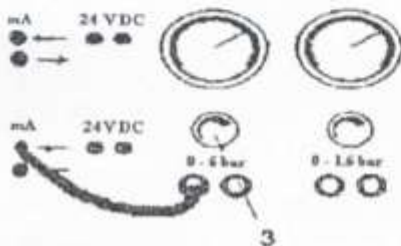


- Filtre – basınç regülatör ünitesini boşaltmak için regülatörün alt kısmında yer alan boşaltma vanasını elle bastırarak açın ve içindeki havayı boşaltın.

- 5) Tüm bunlar yapıldıktan sonra bağlantılar kontrol edilerek, 0 – 6 bar basınç regülatörleri ayarlanır. Kontrolörde 0 bar'da 4mA ve 6 bar'da 100mA göstermesi için gerekiyorsa S – Z vidaları ayarlanarak kalibre yapılır.



1. Vidayı gevşetin.
2. Koruyucu kapağı yukarı kaldırın.

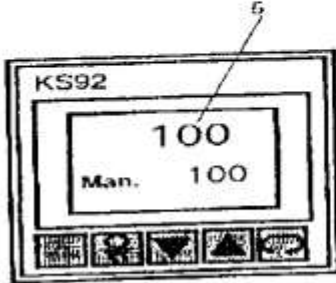


Sıfır noktası ayarı;

- basınç regülatörü 0-6 bar için (3) kullanarak, 0 barlık bir basınç ayarlayın.
- Bu durumda eğer manometre 0 bar için %0 yani 4mA gösteriyorsa ayar vidasını (Z) harfi yönüne doğru çevirerek kontrol ekranında %0 görünene kadar çevirin.

Ölçüm aralığı için;

- 0-6 bar basınç regülatörünü kullanarak (3), regülatörü 6 bar basınç değerine ayarlayın.
- S işareti olan vidayı oynatarak ölçüm aralığını ayarlayın. Yani 6 bar basınç için 100 mA görülmelidir. Kontrolörde okunacak olan akım değerleri % olarak okunur. %0= mA iken %100=20mA olarak bilinmelidir.



(5) % olarak akım değerinin görüldüğü kontrolör ekranı

4-20 arasında % olarak ölçtüğümüzde (0-100%) 10 ar 10 ar ölçeklendirildiğinde de $20-4=16$ ve her bir aralık 10 olduğundan her ölçüm sonucuna $16 \cdot 10 / 100 = 1,6$ eklenmelidir.

Buna göre:

$$0\text{bar da : } 16 \cdot 0 / 100 + 4 = 4\text{mA}$$

$$1\text{bar da : } 16 \cdot 16 / 100 + 4 = 6,56\text{mA}$$

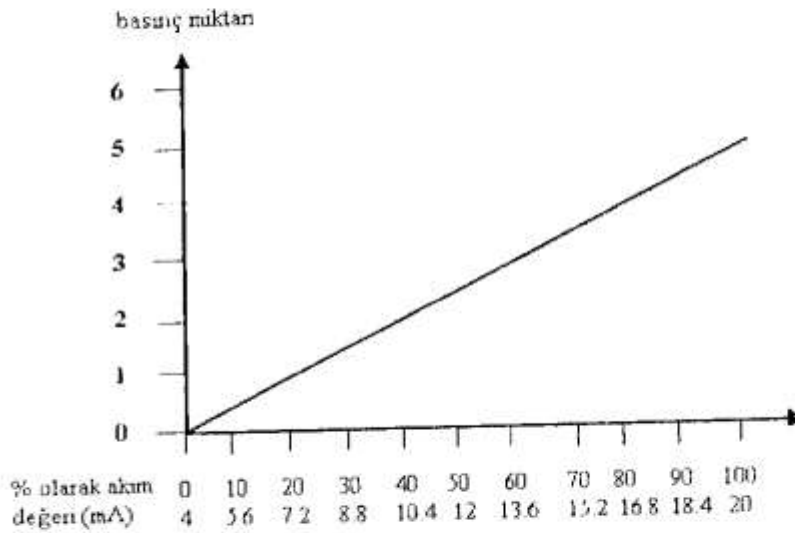
$$2\text{bar da : } 16 \cdot 33 / 100 + 4 = 9,28\text{mA}$$

$$3\text{bar da : } 16 \cdot 50 / 100 + 4 = 12\text{mA}$$

$$4\text{bar da : } 16 \cdot 67 / 100 + 4 = 14,72\text{mA}$$

$$5\text{bar da : } 16 \cdot 84 / 100 + 4 = 17,74\text{mA}$$

$$6\text{bar da : } 16 \cdot 100 / 100 + 4 = 20\text{mA}$$

**DENEYİN SONUCU:**

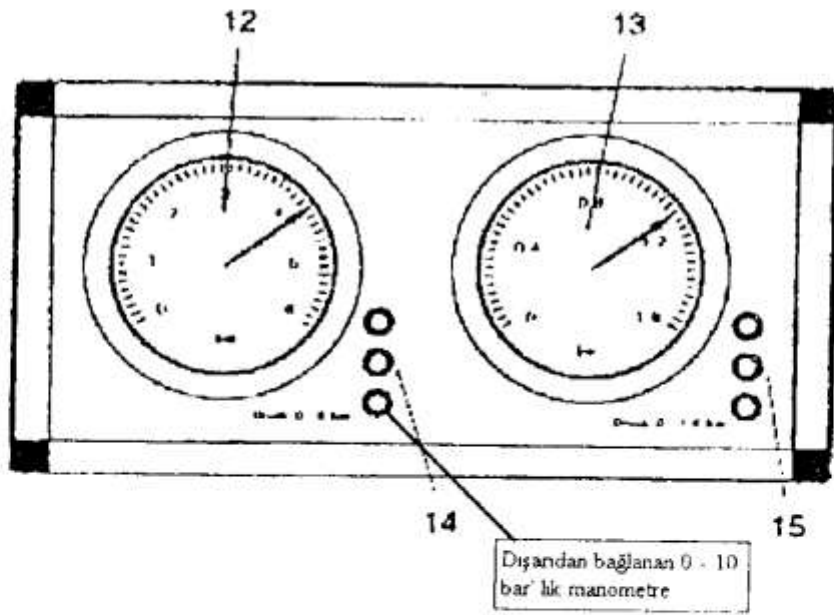
Kalibrasyon setine bağlanan basınç algılayıcısının, girişine uygulanan 0-6 bar değeri için 4-20mA çıkış verecek şekilde kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi Basınç algılayıcısının girişine verilen (0-6bar) basınç için çıkışında 4-20mA lik lineer bir grafik elde edilmiştir. Bu işlem yapılırken deney setinin nasıl kullanıldığı hakkında genel bir bilgi verilmiştir.

DENEY 2 : MANOMETRE’NİN KALİBRASYONU

DENEYİN AMACI : RT305 Kalibrasyon setine dışarıdan bağlanacak harici bir manometrenin doğru ölçüm yapıp yapmadığını kontrol etmek.

TEORİK BİLGİ : Sisteme dışarıdan bağlanacak olan manometre deney setinde bulunan 0 – 6 bar veya 0 – 1.6 barlık manometre değerleri ile karşılaştırılacaktır. Bu nedenle bu basınç değerlerinin sınırlarına uygun olmalıdır.

DENEYİN YAPILIŞI : deneyin yapılabilmesi için aşağıdaki bağlantı kurulur. Bağlantıda sisteme yine 6 barlık bir basınç uygulanmıştır. Bu basınç değerini 12 numaralı 0 – 6 barlık manometreden okumak mümkündür. Dışarıdan ise 0 – 10 barlık bir manometre bağlanmıştır. Bu harici manometrenin ucu kalibrasyon setindeki 14 numaralı hava bağlantılarının olduğu yere yapılır.



0 – 6 bar basınç regülatörü 0 ile 6 bar arası aşama aşama ayarlanarak gerek set üzerindeki gerekse dışarıdan bağlanan manometrenin aynı değerleri gösterip göstermediği kontrol edilir.

Deney seti üzerinde 0 – 6 bar basınç regülatörü 1 bara ayarlanırsa set üzerinde bulunan 0 – 6 barlık manometre 1 barı ve dışarıdan bağlanan 0 – 10 barlık manometrede 1 bar değerini gösterir. İkisi aynı değeri gösterdiği sürece sorun yoktur. Eğer herhangi bir sorun çıkarsa, yani ikisi farklı değerler gösterirse o zaman 0 – 10 barlık manometrenin kalibresini yapmak gereklidir. Bunun içinde deney birde olduğu gibi bir ayar vidası bulunur bu vida manometre içinde olup, gerekirse buradan ayarlama yapılır.

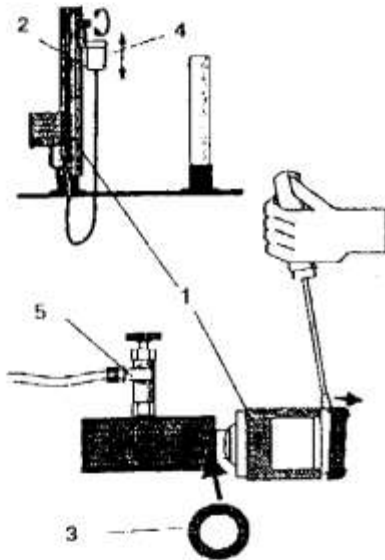
DENEYİN SONUCU : Yapılan bu deneyde RT 305 kalibrasyon deney seti standart olarak kabul edilmiştir. Yani daha önceden var sayılan bir manometre değeri ile yeni bağlanan cihaz karşılaştırılmış ve ayarlama işlemi bu aradaki farka göre yapılmıştır.

DENEY 3 : BASINÇ ALGILAYICISI 0 - 60 mBAR

DENEYİN AMACI : 0 – 100 milibar seviyesine kadar yükselen küçük basınçları (1000 milimetre su düzeyi) , yüksek seviyeli su tüpü kullanarak ölçmek.

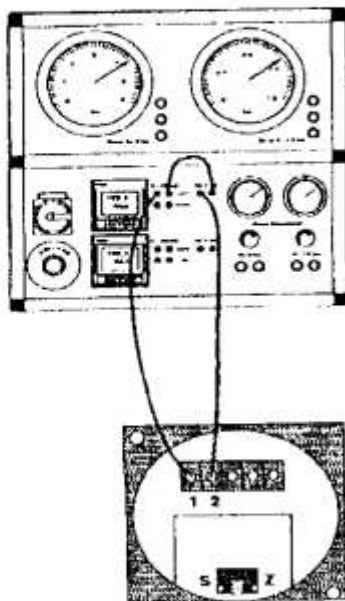
TEORİK BİLGİ : Bu deneyde su seviye tüpünü kullanarak çok küçük basınçları (0 - 100 milibar) arası basınç değerleri ölçülmeye çalışılacaktır. Bu basınç değerinin okunabilmesi için hassas olan bu basınçları gösterebilecek bir manometreye ihtiyaç vardır. Ancak laboratuarda 0 – 6 barlık manometreden daha küçük değerleri gösterecek bir manometre olmadan bu manometreyi kullanarak deneyi gerçekleştirmeye çalışacağız. Burada şöyle bir orantı kurmamız mümkündür. Eğer 0 – 6 bar manometrenin 6 barda gösterdiği değeri % 100 olarak kabul edersek 100 mm'lik (0 – 1 bar) basıncın %1.66 'ya karşılık geldiğini söyleyebiliriz. Bu değerleri manometreden okurken dikkate almamız gerekecektir.

DENEYİN YAPILIŞI : Deneyin yapılabilmesi için aşağıdaki bağlantı yapılır



Su bağlantısı;

- Basınç göndericisinin (1) çevirin bu işlemi elle muhafaza kutusunu açarak gerçekleştiriniz.
- Bu işlem esnasında sabitleyici halkayı içine yerleştirmeyi unutmayınız (3)
- Su tankını (4) istenen değere kadar doldurun.
- Valf ile basınç algılayıcıyı aktif hale getirin.



Elektrik bağlantısı;

- Düz tornavida kullanarak dikkatlice basınç göndericisini yukarıya doğru kaldırın.
- Aşağıdaki gibi, laboratuvar kablolarını kullanarak basınç göndericisini kalibre istasyonuna bağlayın.

Terminal 1: Kontrolör girişi negatif (mavi)
Terminal 2: Güç kaynağı negatif (mavi)
Güç kaynağının (kırmızı ucundan), kontrolör girişi pozitifine (kırmızı).

Deney bağlantısı gerçekleştirildikten sonra, yani su seviye tüpü tamamen 1000 mm (100 mbar=0.1 bar) kadar doldurulduktan sonra 0 – 6 bar manometreden 1.66 bar görülmektedir. Eğer 0 barda 0 ve 6 bar seviyesinde 1.66 bar görünmüyorsa kalibrasyona gereksinim vardır. Bu nedenle yine basınç algılayıcı ayar vidasından gidilerek ayarlama yapılır.



Sıfır noktası ayarı;

- Su seviye tüpü 100 mm düzeyine ayarlayın ve manometrede görüntüleyin

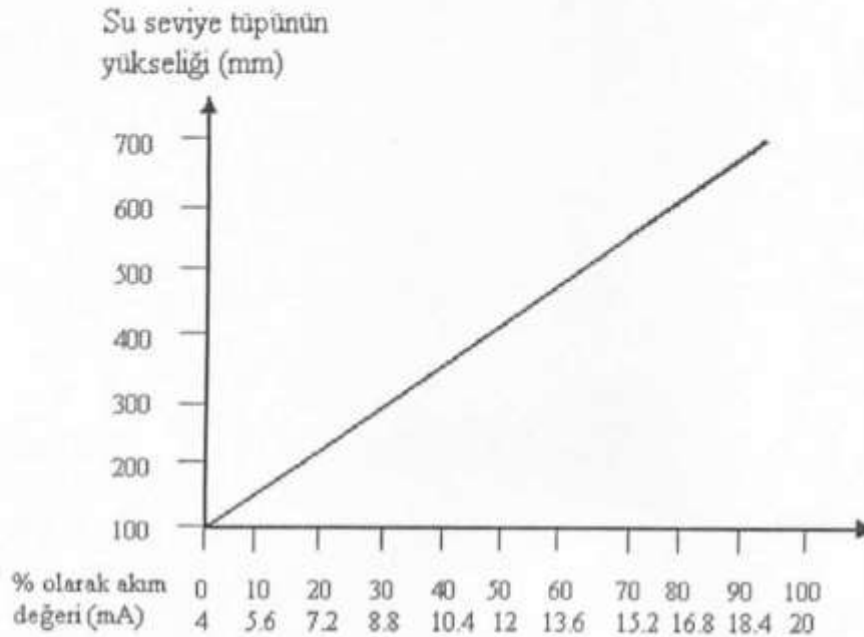
- Sıfır noktasını ayarlayabilmek için vidayı Z işareti yönüne doğru çevirin. Bu durumda kontrolörde %0=4 mA okunmalıdır.

Ölçüm aralığı için;

- Su seviye tüpünü 1000 mm su yüksekliğine ayarlayın.

- Ayar vidasını S işareti yönünde çevirerek kontrolör ekranında % 100 = 20 mA görüntüleyin.

Yapılan bu işlemler sonucunda aşağıdaki lineer grafik elde edilir.



DENEYİN SONUCU: Yapılan bu deneyde 0 – 1000 mm yüksekliğine sahip bir seviye tüpü kullanılmıştır. Bu seviye tüpüne 100mm seviyesi alt değer olarak ve 1000mm seviyesi de üst değer olarak alınmıştır. Bu değerlerde göstereceği düşük basınç değerleri çok hassas manometreler kullanılarak daha iyi izlenebilir. Eğer su seviyesi istenen yükseklikte gerekli basınç değerini gösteremiyorsa ayar vidası yardımıyla gerekli kalibre işlemi yapılır.