

1 자유도계 조화가진 응답

< 복습 1 >

1. MATLAB이란?

2. 관련 자료

3. MATLAB의 시작

시작 → 프로그램 → StudentMATLAB

4. 유용한 명령어 모음

```
EDU? cd [enter] % 현 폴더(디렉토리) 확인  
EDU? cd .. [enter] % 상위 폴더로 이동  
EDU? cd vtoolbox [enter] % 하위 폴더로 이동  
EDU? dir(또는 ls) [enter] % 현 폴더내의 file 확인
```

5. 변수의 형태와 규칙

- 변수 이름은 대,소문자를 구분함
- 변수 이름은 문자로 시작, 숫자나 밑줄 가능
- MATLAB의 고유 변수들은 사용할 수 없음

6. Plot

plot(가로축 변수, 세로축 변수)

7. Scalar 연산

- 덧셈, 뺄셈, 곱셈은 일반 계산기와 동일
- 나눗셈은 두 종류(/, \) 구분, 지수는 ^를 사용
- 변수를 정의한 후에 변수들만으로 연산 가능

8. Matrix 연산

- matrix 형성

행 구분은 (ENTER) 또는 ‘;’

열 구분은 (SPACE) 또는 ‘,’

- 행렬간의 덧셈과 뺄셈은 크기가 동일해야 함
- 행렬간의 곱셈은 두 가지로 구분 :

A * B , A .* B

< 복습 2 >

1. 함수

- MATLAB에서의 함수는 m-file로 저장되며 다른 언어의 서브루틴이나 함수와 동일
- 함수 이름은 file 이름과 동일해야 함.
- 결과변수나 매개변수가 여러 개 일 수도 있음.
- function 결과변수명 = 함수명(매개변수명)

m-file Window

```
function msum = ssuu3_(x, y)  
    msum = x * y;
```

Save as → ssuu3_.m으로 저장

Command Window

```
EDU? x = 4  
EDU? y = 5  
EDU? ssuu3_(x, y)
```

2. plot 명령

- 지정된 변수들 간의 그래프를 그림
- plot (가로축 변수, 세로축 변수)

Command Window

```
EDU? t = 0 : 0.01 : 10;  
EDU? x = 1.5 * exp(-0.5 * t) .* sin(2 * t);  
EDU? plot(t, x)  
EDU? xlabel('t(s)')  
EDU? ylabel('x(m)')  
EDU? title('response')
```

plot(t, x, 'r')

‘y’ ‘b’ ‘g’

< 조화가진 응답 >

1. 비감쇠계의 조화가진 응답

[2.1절, 그림2.2] $wn = 1 \text{ rad/s}$ 인 비감쇠계의 초기값이 $x_0 = 0.01 \text{ m}$, $v_0 = 0.01 \text{ m/s}$ 이고 $f_0 = 0.1 \text{ N/kg}$, $w = 2 \text{ rad/s}$ 의 조화 가진력이 작용할 때, 80 s 동안의 응답을 관찰한다.

```
vtb2_1(m, k, x0, v0, w, F0, tf)
```

```
vtb2_1(wn, x0, v0, w, f0, tf)
```

```
EDU? vtb2_1(1, 0.01, 0.01, 2, 0.1, 80) [enter]
```

```
EDU? close [enter] % fig 창을 닫음
```

```
type vtb2_1.m
```

2. 맥놀이 현상

[2.1절 그림2.4] 비감쇠계 조화가진 때, w 와 wn° 이 근접하여 발생하는 맥놀이 현상을 그려본다. ($w = 1 \text{ rad/s}$ 일 때 $wn = 1.1 \text{ rad/s}$ 또는 1.2 rad/s , $f_0 = 0.1 \text{ N/kg}$, $tf = 120 \text{ s}$)

```
EDU? vtb2_1(1.1, 0, 0, 1, 0.1, 120) [enter]
```

```
EDU? hold on [enter] % 그래프를 중복시킴
```

```
EDU? vtb2_1(1.2, 0, 0, 1, 0.1, 120) [enter]
```

```
EDU? close [enter]
```

3. 감쇠계의 조화가진(1) : 진폭, 위상

[2.2절 그림2.8] 감쇠계의 조화가진 응답에서 진폭-진동수비 선도와 위상-진동수비 선도를 감쇠비의 변화($0.07\sim0.5$)에 따라 그려본다. 감쇠비와 진동수비가 변함에 따라 정상상태 응답의 진폭과 위상이 어떻게 변하는가를 본다.

```
type vtb2_3.m
```

```
vtb2_3(z, rmin, rmax)
```

```
EDU? vtb2_3(0.07, 0, 3) [enter]
```

```
EDU? vtb2_3(0.1, 0, 3) [enter]
```

```
EDU? vtb2_3(0.5, 0, 3) [enter]
```

```
EDU? close all[enter]
```

4. 감쇠계의 조화가진(2) : 응답

[2.2절 식2.36] $wn = 10 \text{ rad/s}^\circ$ 이고 감쇠비가 0.1인 감쇠계에 조화가진이 작용할 때, 가진진동수 변화($w = 5, 8, 15, 20 \text{ rad/s}$)에 따른 정상상태 응답(특수해)을 그려본다. ($f_0 = 10 \text{ N/kg}$, $tf = 10 \text{ s}$)

```
type vtb2_2.m
```

```
vtb2_2(m, c, k, w, F0, tf)
```

```
vtb2_2(z, wn, w, f0, tf)
```

```
EDU? vtb2_2(0.1, 10, 5, 10, 10) [enter]
```

```
EDU? hold on [enter]
```

```
EDU? vtb2_2(0.1, 10, 8, 10, 10) [enter]
```

```
EDU? vtb2_2(0.1, 10, 15, 10, 10) [enter]
```

```
EDU? vtb2_2(0.1, 10, 20, 10, 10) [enter]
```

```
EDU? close[enter]
```

5. 회전불균형 문제

[2.5절 그림2.22] 헬리콥터의 꼬리 날개부를 회전불균형계로 모델링할 때, 전체질량 20.5 kg , 감쇠비 0.01이고, 0.5 kg 의 불균형 질량이 회전중심으로부터 0.15 m 떨어진 거리에서 작용할 경우, 진동수비에 따라 진폭의 변화와 위상의 변화를 그려본다.

```
type vtb2_5.m
```

```
vtb2_5(m, m0, e, z, rmin, rmax)
```

```
EDU? vtb2_5(20.5, 0.5, 0.15, 0.01, 0, 4) [enter]
```

```
EDU? [enter] %진폭-진동수비
```

```
EDU? [enter] %위상-진동수비
```

```
EDU? close[enter]
```

6. 연습

(연습문제 2.23 유사)

$m = 1 \text{ kg}$, $z = 0.1$, $wn = 2 \text{ rad/s}$, $F_0 = 15 \text{ N}$, $w = 10 \text{ rad/s}$, 초기조건이 $x_0 = 1 \text{ m}$, $v_0 = 1 \text{ m/s}$ 일 때 식(2.27)의 해를 그려라.

$vtb2_23(m, z, wn, w, F_0, x_0, v_0, tf)$ 를 이용

EDU? type vtb2_1.m

```
function VTB2_1(m,k,x0,v0,wdr,F0,tf) => 비감쇠 조화가진의 응답
if nargin==6 => 변수 6개인 경우
tf=F0;f0=wdr;wdr=v0;v0=x0;x0=k;w=m;k=w^2;m=1;F0=f0;
end
t=0:0.0005:tf:tf; => 시간축을 0에서 tf까지 0.0005*tf 간격으로 나눔
f0=F0/m;
w=sqrt(k/m); => 고유진동수 계산
x=v0/w*sin(w*t)+(x0-f0/(w^2-wdr^2))*cos(w*t)+f0/(w^2-
wdr^2)*cos(wdr*t);
plot(t,x) => x축은 t, y축은 x로 그래프 출력
xlabel('Time') => x축 label 지정
ylabel('Displacement') => y축 label 지정
```

EDU? type vtb2_3.m

```
function VTB2_3(z,rmin,rmax)
r=rmin:(rmax-rmin)/1000:rmax;
A0=(1./sqrt((1-r.^2).^2+(2*z*r).^2));
phi=atan2(2*z*r,1-r.^2);
figure(1)
plot(r,A0) => x축은 r, y축은 A0 그래프 출력
xlabel('Frequency Ratio')
ylabel('Normalized Amplitude')
title('Normalized Amplitude versus Frequency Ratio')
hold on
figure(2)
plot(r,phi) => x축은 r, y축은 phi 로 그래프 출력
xlabel('Frequency Ratio')
ylabel('Phase')
title('Phase versus Frequency Ratio')
hold on
```

EDU? type vtb2_2.m

```
function VTB2_2(m,c,k,wdr,F0,tf)
if nargin==5 => 입력변수가 5개인 경우 변수값의 저장위치 변경
tf=F0;f0=wdr;wdr=k;c=w^2;F0=f0;
m=1;c=2*z*w;k=w^2;F0=f0;
end
t=0:0.0005:tf:tf; => 시간축을 0에서 tf까지 0.0005*tf 간격으로 나눔
f0=F0/m;
```

w=sqrt (k/m); => 고유진동수 계산

z=c/2/w; => 감쇠비 계산

if z>=1 => 임계감쇠 및 과도감쇠인 경우

disp ('This system is NOT underdamped, sorry!')

=> 경고 메시지 화면에 출력

end

A0=f0/sqrt((w^2-wdr^2)^2+(2*z*w*wdr)^2);

x=A0*cos(wdr*t-atan2(2*z*w*wdr,w^2-wdr^2)); % (2.36)

plot(t,x)

EDU? type vtb2_5.m

```
function VTB2_5(m,m0,e,z,rmin,rmax)
r=rmin:(rmax-rmin)/1000:rmax;
=> 진동수비를 rmin에서 rmax까지 1/1000간격으로 나눔
Xn=sqrt((r.^4)./(((1-r.^2).^2+(2*z*r).^2))); % (2.84)
X=Xn.*m0*e/m; % (2.84)
phi=atan2(2*z*r,1-r.^2); % (2.85)
aa=version.ll=length(aa);
plot(r,Xn)
grid on
.....(○) 하생략
```

EDU? type vtb2_23.m

```
function vtb2_23(m,z,wn,w,F0,x0,v0,tf)
wd=wn*sqrt(1-z^2);
f0=F0/m;
t=0:0.0005:tf:tf;
A=sqrt((v0+z*wn*x0)^2/wd^2+x0^2);
A0=f0/sqrt((wn^2-w^2)^2+(2*z*wn*w)^2);
phi=atan2(x0*wd,v0+z*wn*x0);
phi2=atan2(2*z*wn*w,wn^2-w^2);
xh=A*exp(-z*wn*t).*sin(wd*t+phi);
xp=A0*cos(w*t-phi2);
x=xh+ xp;
subplot(3,1,1)
plot(t,xh)
title('Transient Response (Homogeneous Solution)')
xlabel('time, t')
ylabel('xh(t)')
.....(○) 하생략
```