Electromagnetic Power Steering System

EPSS

자기야바뀌조
2014012533 김현석
2014012515 박정재
2014012633 유재혁

CONTENTS

01 아이디어 구상

02 MATLAB을 이용한 계산

03 COMSOL 해석

04 SIMULINK 모델링

01

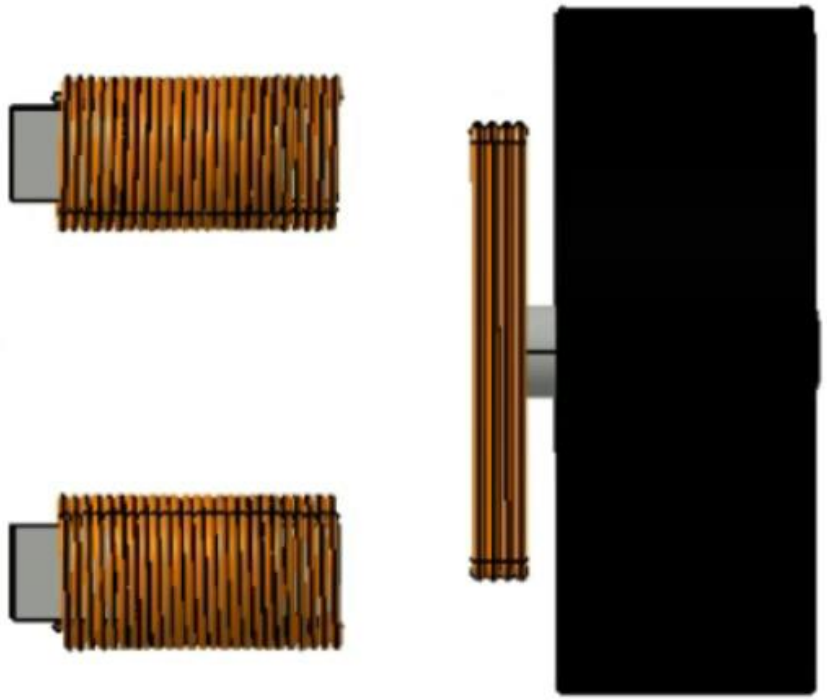
아이디어 구상

01. 아이디어 구상

개념 동영상 w/ CATIA

01. 아이디어 구상

Mechanism



핸들 조향

↓

전륜의 코일에 전류 인가

↓

전륜 철심에 자속 형성

↓

자속에 따른 자기력 형성

↓

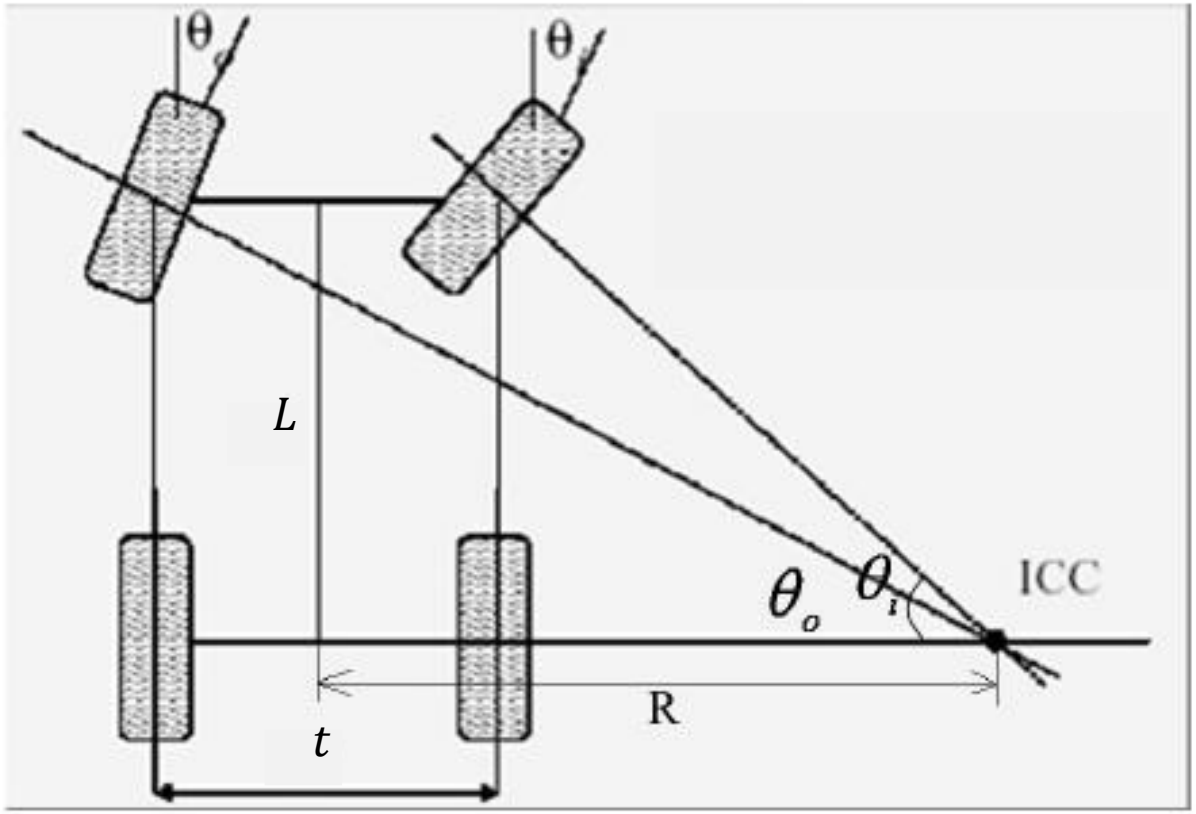
자기력에 의한 조향

02

MATLAB을 이용한 계산

02. MATLAB

Ackermann steering



$$\delta_{outer} = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R + 0.5t}\right)$$

$$\delta_{inner} = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R - 0.5t}\right)$$

$$\cot\theta_i - \cot\theta_o$$

$$= \frac{R + 0.5t}{L} - \frac{R - 0.5t}{L}$$

$$= \frac{t}{L}$$

L = 2850mm, t = 1450mm

02. MATLAB

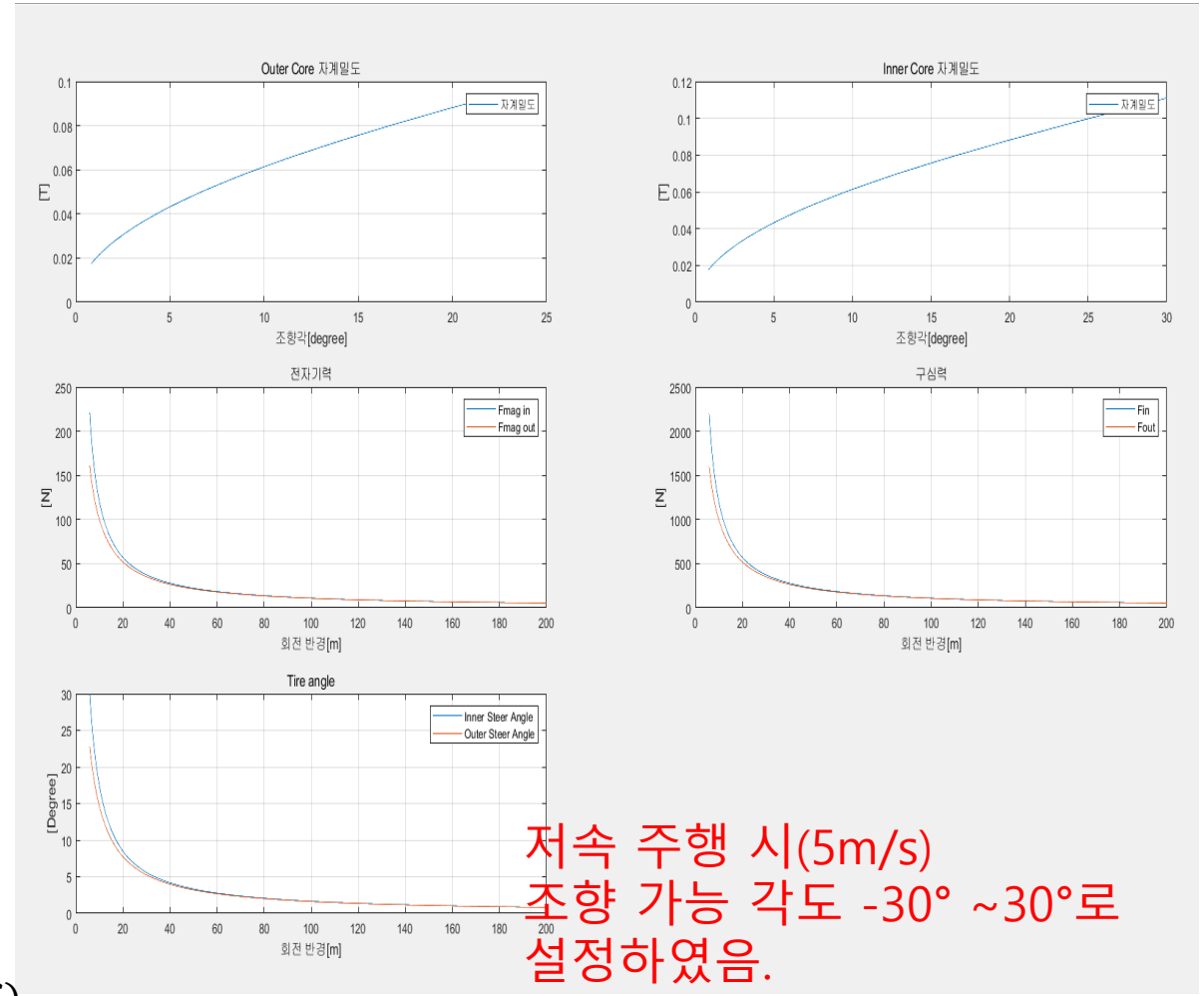
```
% 저속주행 상황
clear all;clc;close all;
L = 2.850; %축거[m]
t = 1.860; %전폭[m]
m = 1450; %공차중량(1395kg) + 운전자(65kg)
tireR = 0.3; %타이어 반경[m]
a = 3; %전륜과 무게중심사이 팔거리[m]
b = 2; %후륜과 무게중심사이 팔거리[m]
v = 5; %주행속도 [m/s]
R_min = 7.05; %최소 회전반경

Ca = 1.6*10^4; %cornering stiffness[N/rad]
Wr = (m/2)*b/(a+b); %후륜 load[N]
Wf = (a/b)*Wr; %전륜 load[N]

stepsize = 0.001;

R = [R_min:stepsize:200];

steer_in = atan(L./(R-0.5*t)); %안쪽 조향각
steer_out = atan(L./(R+0.5*t)); %바깥쪽 조향각
steer_in_deg = steer_in*180/pi; %안쪽 조향각[degree]
steer_out_deg = steer_out*180/pi; %바깥쪽 조향각[degree]

Dcaster = tireR*tan(4.3*pi/180); %캐스터각을 4.3degree로 하였을 때,복원토크
Dsteer = 0.75*tireR; %조향축 팔거리

Fin = Wf*v^2*cos(steer_in*pi/180)./(R-0.5*t); %inner 구심력[N]
Fout = Wf*v^2*cos(steer_out*pi/180)./(R+0.5*t); %outer 구심력[N]

Fmag_in = Fin*Dcaster/Dsteer; %inner tire에 인가해줘야하는 전자기력
Fmag_out = Fout*Dcaster/Dsteer; %outer tire에 인가해줘야하는 전자기력
```

$$\delta = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R \pm 0.5t}\right)$$

$$F_{cen} = \frac{W_f v^2 \cos(\delta)}{R \pm 0.5t}$$

$$F_{mag} = F_{cen}\frac{Dcaster}{Dsteer}$$

저속 주행 시(5m/s) 각도 별 요구되는 자속 밀도 계산!



저속 주행 시(5m/s)
조향 가능 각도 -30° ~30°로
설정하였음.

병진 속도
회전 속도

02. MATLAB

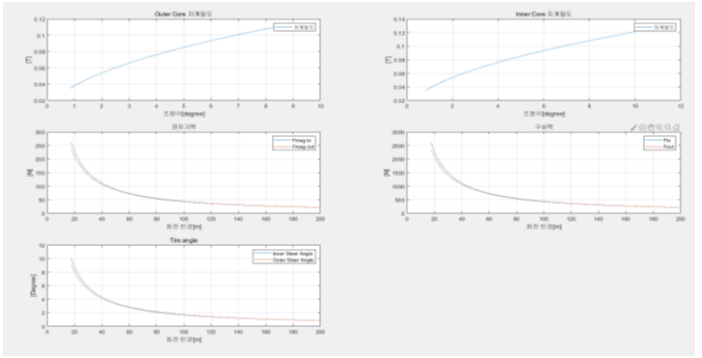
```
steer_in = atan(L./(R-0.5*t)) + (k*v^2./(g*R)); %안쪽 조향각[rad]
steer_out = atan(L./(R+0.5*t)) + (k*v^2./(g*R)); %바깥쪽 조향각[rad]
steer_in_deg = steer_in*180/pi; %안쪽 조향각[degree]
steer_out_deg = steer_out*180/pi; %바깥쪽 조향각[degree]

Dcaster = tireR*tan(4.3*pi/180); %캐스터각을 4.3degree로 하였을 때,복원토크 팔거리
Dsteer = 0.75*tireR; %조향축 팔거리

Fin = Wf*v^2*cos(steer_in*pi/180)./(R-0.5*t); %inner 구심력[N]
Fout = Wf*v^2*cos(steer_out*pi/180)./(R+0.5*t); %outer 구심력[N]

Fmag_in = Fin*Dcaster/Dsteer; %inner tire에 인가해줘야하는 전자기력
Fmag_out = Fout*Dcaster/Dsteer; %outer tire에 인가해줘야하는 전자기력
```

```
Ca = 1.6*10^4; %cornering stiffness[N/rad]
Wr = (m/2)*b/(a+b); %후륜 load[N]
Wf = (a/b)*Wr; %전륜 load[N]
```

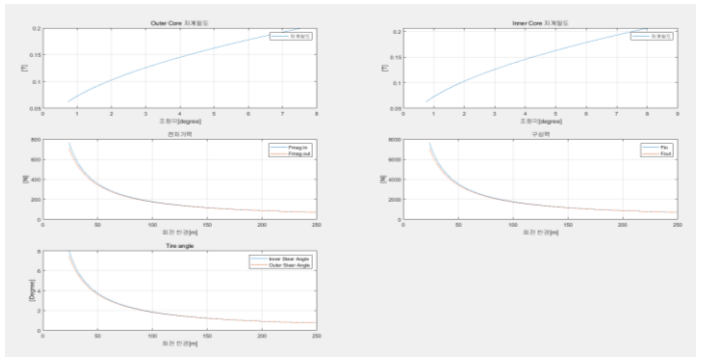
20km/h이상 고속주행부터
타이어에 미끄러짐
발생을 반영

$$K = \frac{Wf - Wr}{\mathrm{Ca}}$$

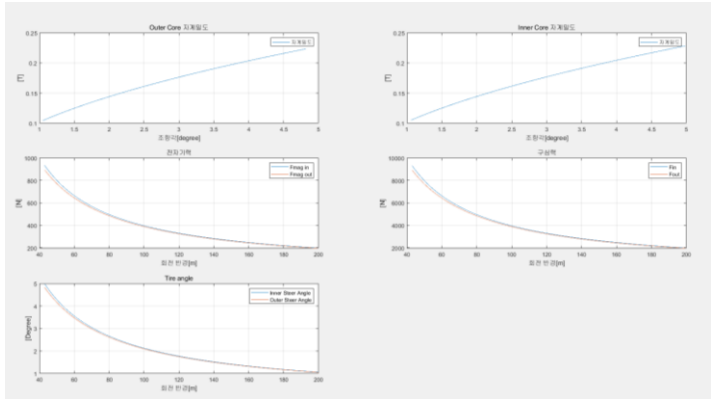
$$\delta_{\text{고속}} = \tan^{-1}\left(\frac{L}{R \pm 0.5t}\right) + \frac{Kv^2}{g(R \pm 0.5t)}$$



10m/s 조향각별
요구되는
자속 밀도 계산
(-15° ~15°)



20m/s 조향각별
요구되는
자속 밀도 계산
(-8° ~8°)

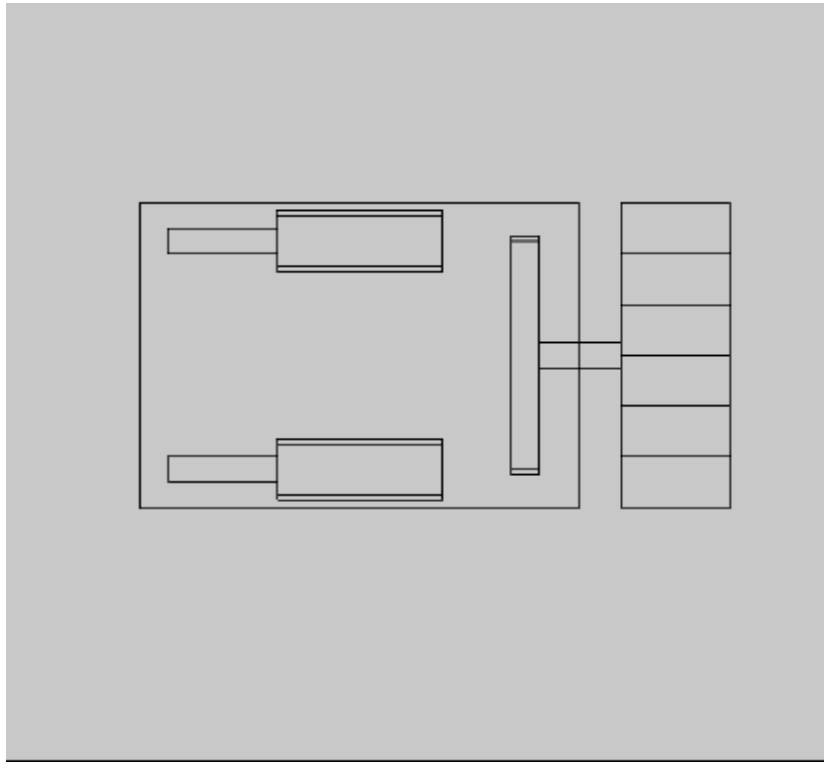


30m/s 조향각별
요구되는
자속 밀도 계산
(-5° ~5°)

03

COMSOL을 이용한 해석

03. COMSOL을 이용한 해석- modeling



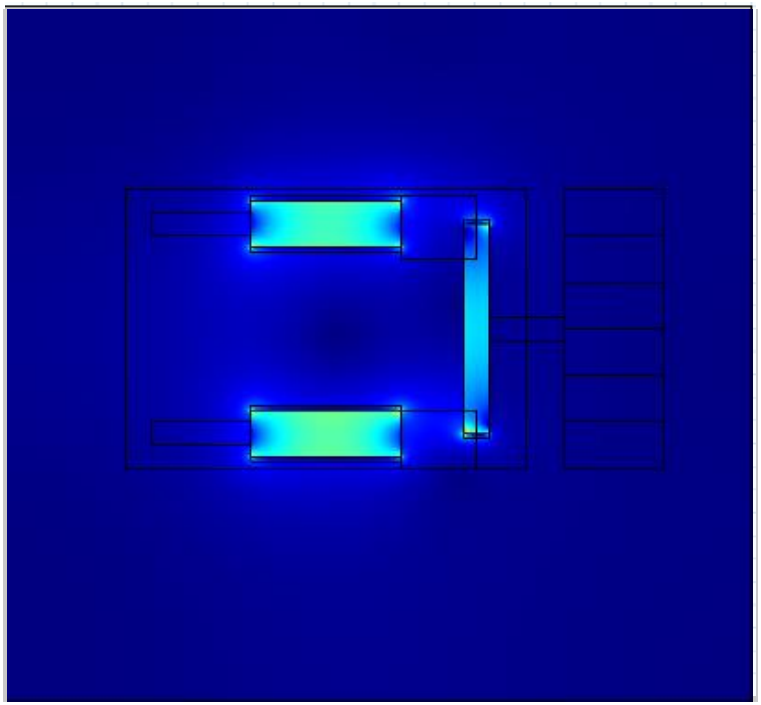
2D Magnetic Fields

약속 된 Parameter 값으로 모델링

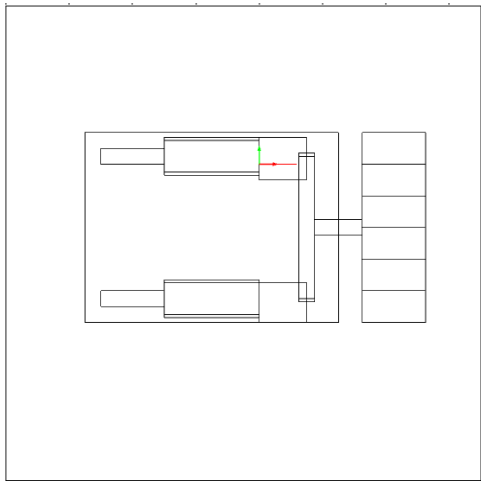
-30° ~30° 돌려가며

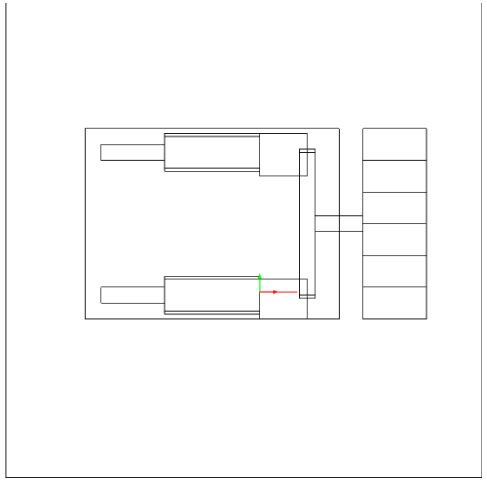
단위 전류(1A)를 인가하여 자속밀도크기 확인

03. COMSOL을 이용한 해석



조향 : 0°
인가전류 : 1A



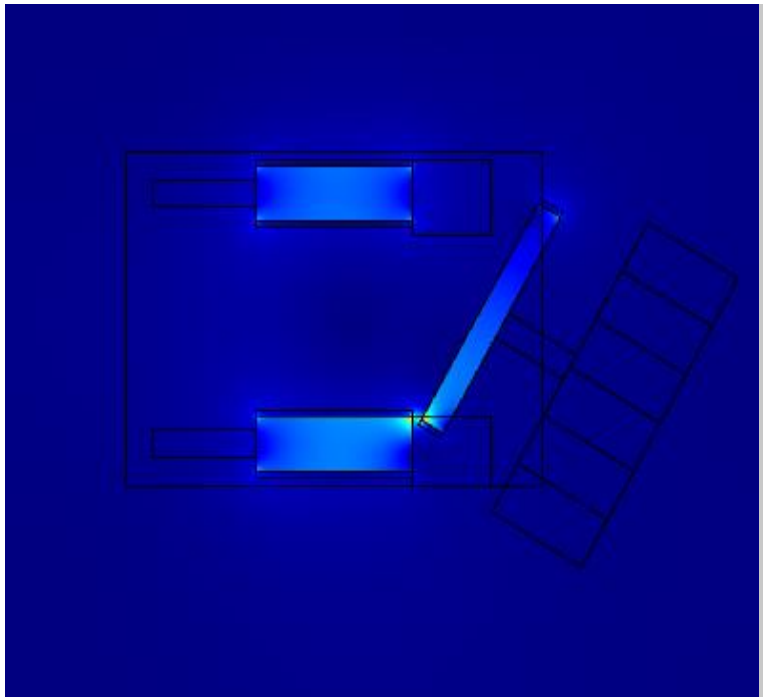


코어별 Cut Line 2D를
조금씩 수정하며 자속 밀도 측정

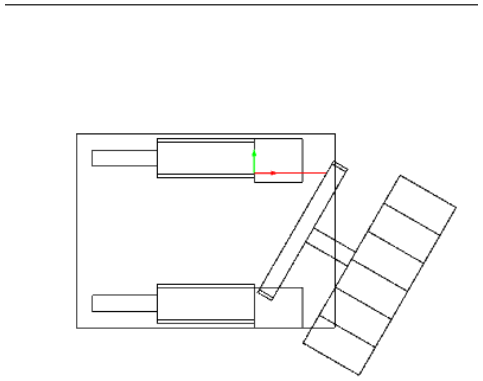
Magnetic flux density norm (T)
0.0091648

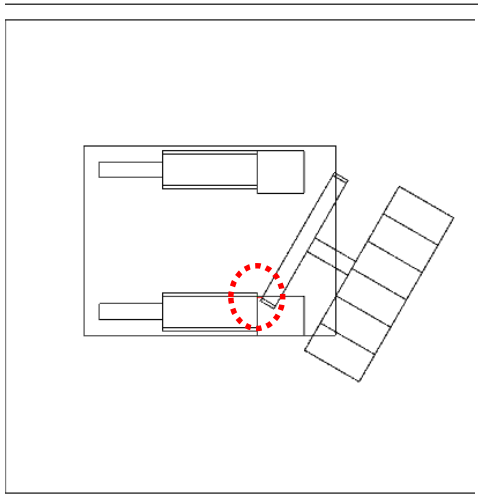
Magnetic flux density norm (T)
0.0091648

03. COMSOL을 이용한 해석



조향 : 30°
인가전류 : 1A





코어별 Cut Line 2D를
조금씩 수정하며 자속 밀도 측정

Magnetic flux density norm (T)
0.0077055

Magnetic flux density norm (T)
0.087966

03. COMSOL을 이용한 해석

↓ 최대로 멀어졌을 때

-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21
0.0075	0.00751	0.00752	0.00753	0.00755	0.00755	0.00755	0.00755	0.00756	0.00759

-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11
0.00761	0.00766	0.00764	0.00767	0.00775	0.00779	0.00787	0.00788	0.00794	0.00798

-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
0.008	0.0081	0.0082	0.0083	0.0083	0.0084	0.0085	0.0086	0.0088	0.0089

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.0168	0.0172	0.0175	0.018	0.0184	0.0189	0.0194	0.0199	0.0205	0.0211

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.0218	0.0225	0.0233	0.024	0.025	0.0262	0.0274	0.0287	0.0299	0.0315

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.0333	0.0352	0.0375	0.0404	0.0437	0.0486	0.0535	0.0597	0.0675	0.0879

최대로 가까워졌을 때 ↑

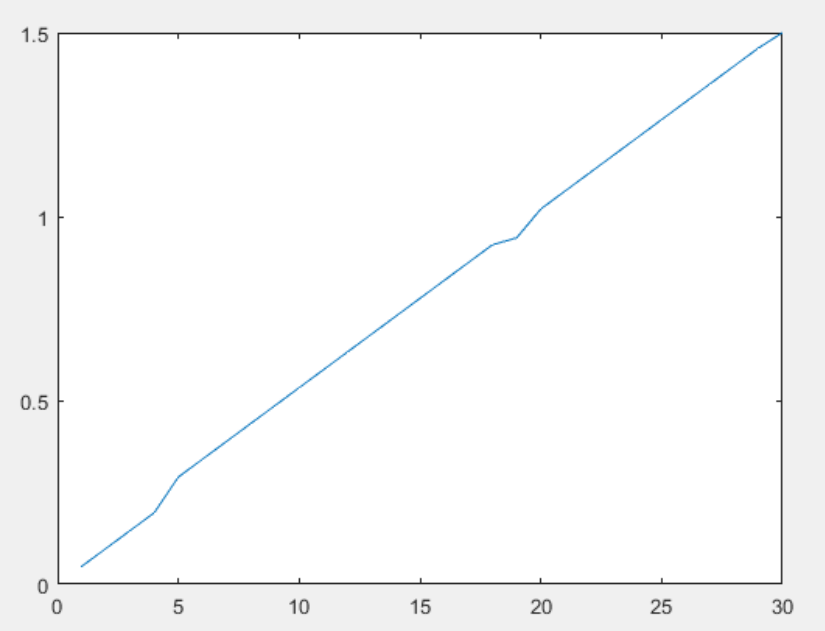
-30°~0°~30° 별 단위전류(1A)가 흐를 때 유도되는 자속밀도

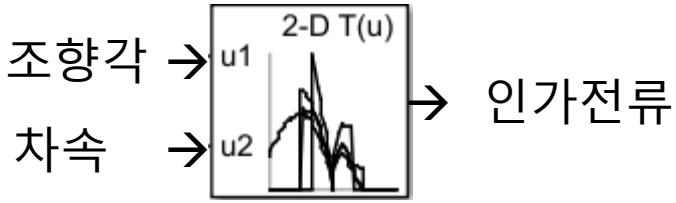
03. COMSOL을 이용한 해석

0.0486
0.0486
0.0972
0.1458
0.1944
0.243
0.2916
0.3402
0.3888
0.4374
0.486
0.5346
0.5832
0.6318
0.6804
0.729
0.7776
0.8262
0.8748
0.9234
0.972
1.0206
1.0692
1.1178
1.1664
1.215
1.2636
1.3122
1.3608
1.4094
1.458

← 자속 밀도는 전류 크기에 대해 선형 비례.

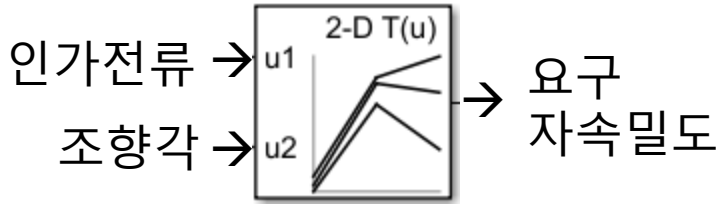
예) 26°일때





03. COMSOL을 이용한 해석

0°~30° 코어 마다 인가 해야할 전류 크기 결정.



저속 5m/s, 0~30도	최대 조향각	최소 회전반경	요구 힘	요구 AMFD	가까워지는 철심 인가 전류 크기	멀어지는 철심 인가 전류 크기	총 전류
	[degree]	[m]	[N]	[T]	[A]	[A]	[A]
	1			0.0579	2.252918	2.252918	4.505838
	2			0.0819	3.15	3.15	6.3
	3			0.1017	3.896553	3.896553	7.793105
	4			0.1149	4.33585	4.33585	8.6717
	5	33.51	33.46	0.1317	5.21115	4.26367	9.47482
	6			0.1422	5.81992	3.879945	9.699865
	7			0.1536	6.435065	3.465035	9.900095
	8			0.165	7.04698	3.020135	10.06712
	9			0.1737	7.48707	2.49569	9.98276
	10	17.1	67.42	0.1908	8.25974	2.064935	10.32468
	11			0.19806	8.53404	1.506008	10.04005
	12			0.20532	8.78103	0.97567	9.7567
	13			0.21258	8.964045	0.471792	9.43584
	14			0.21984	9.16	0	9.16
	15	11.57	102.47	0.2271	9.084	0	9.084
	16			0.23454	8.95191	0	8.95191
	17			0.24198	8.831385	0	8.831385
	18			0.24942	8.69059	0	8.69059
	19			0.25686	8.590635	0	8.590635
	20	8.77	139.07	0.2643	8.390475	0	8.390475
	21			0.27126	8.145945	0	8.145945
	22			0.27822	7.903975	0	7.903975
	23			0.28518	7.6048	0	7.6048
	24			0.29214	7.23119	0	7.23119
	25	7.05	178.15	0.2991	6.844395	0	6.844395
	26			0.30594	6.29506	0	6.29506
	27			0.31278	5.846355	0	5.846355
	28			0.31962	5.35377	0	5.35377
	29			0.32646	4.836445	0	4.836445
	30	5.87	220.87	0.3333	3.79181	0	3.79181

고속 10m/s, 0~15도	최대 조향각	최소 회전반경	요구 힘	요구 AMFD	가까워지는 철심 인가 전류 크기	멀어지는 철심 인가 전류 크기	총 전류
고속 10m/s	0	0	0		[A]	[A]	[A]
0-15deg	1			0.038	2.957198	2.957198	5.914397
	2			0.0498	3.830769	3.830769	7.661538
	3			0.0616	4.720307	4.720307	9.440613
	4			0.0734	5.539623	5.539623	11.07925
	5	34.51	129.88	0.0852	6.742445	5.516546	12.25899
	6			0.09234	7.558524	5.039016	12.59754
	7			0.09948	8.335418	4.488302	12.82372
	8			0.10662	9.107259	3.903111	13.01037
	9			0.11376	9.806895	3.268965	13.07586
	10	17.59	261.77	0.1209	10.46754	2.616884	13.08442
	11			0.12654	10.90475	1.924368	12.82912
	12			0.13218	11.30603	1.256225	12.56225
	13			0.13782	11.62316	0.611745	12.2349
	14			0.14346	11.955	0	11.955
	15	11.9	397.91	0.1491	11.928	0	11.928

고속	최대 조향각	최소 회전반경	요구 힘	요구 AMFD	가까워지는 철심 인가 전류 크기	멀어지는 철심 인가 전류 크기	총 전류
고속 20m/s	0	0	0		[A]	[A]	[A]
0-8deg	1			0.0728	2.832685	2.832685	5.66537
	2	92.64	190.22	0.1031	3.965385	3.965385	7.93077
	3			0.1245	4.770115	4.770115	9.54023
	4	46.7	381.13	0.1459	5.50566	5.50566	11.01132
	5			0.1624	6.425903	5.257557	11.68346
	6	31.37	573.07	0.1789	7.321968	4.881312	12.20328
	7			0.1929	8.081535	4.351596	12.43313
	8	23.69	766.71	0.2069	8.836485	3.787065	12.62355

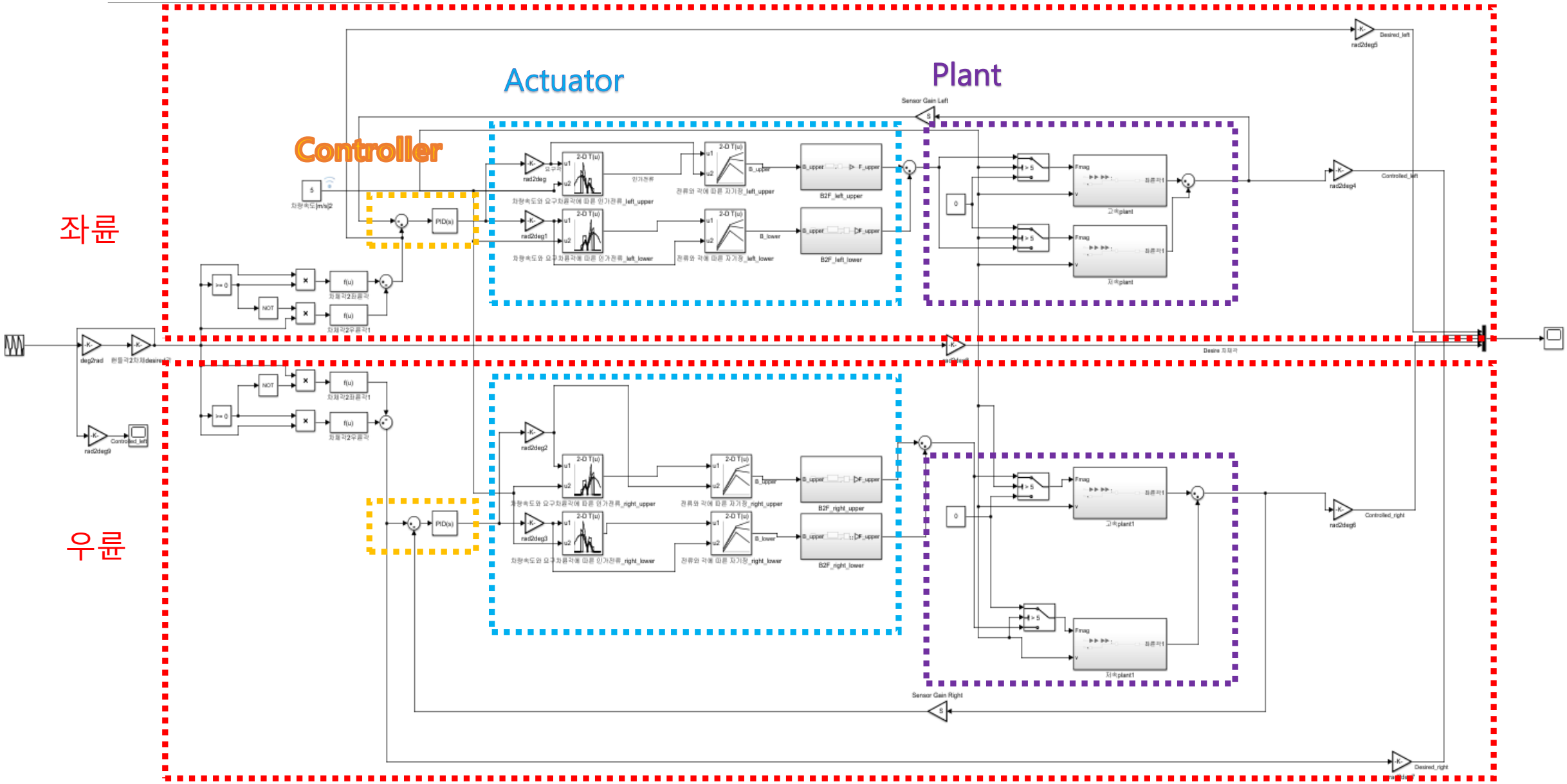
고속	조향각	최소 회전반경	요구 힘	요구 AMFD	가까워지는 철심 인가 전류 크기	멀어지는 철심 인가 전류 크기	총 전류
고속 30m/s			[N]	[T]	[A]	[A]	[A]
0-5deg	1	209.84	187.88	0.1024	3.984436	3.984436	7.96887
	2	105.27	376.17	0.1449	5.573075	5.573075	11.14616
	3	70.41	564.91	0.1776	6.8046	6.8046	13.6092
	4	52.97	754.22	0.2052	7.743395	7.743395	15.48679
	5	42.51	943.95	0.2296	9.084895	7.433096	16.51799

소모되는 전류를 줄이기 위하여
5°~13° 일정한 비중을 두었으며
14°이상부터는 가까워지는 코어에만 전류를 인가

04

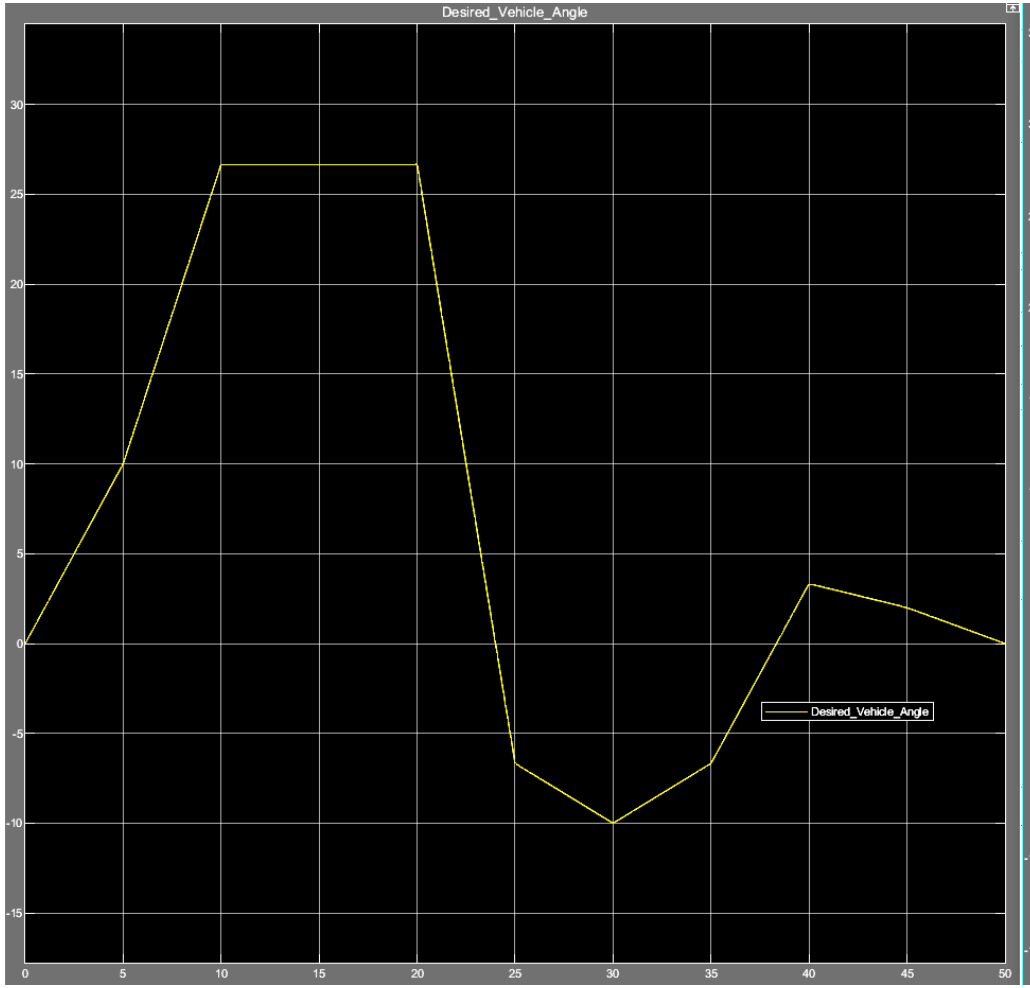
SIMULINK 모델링

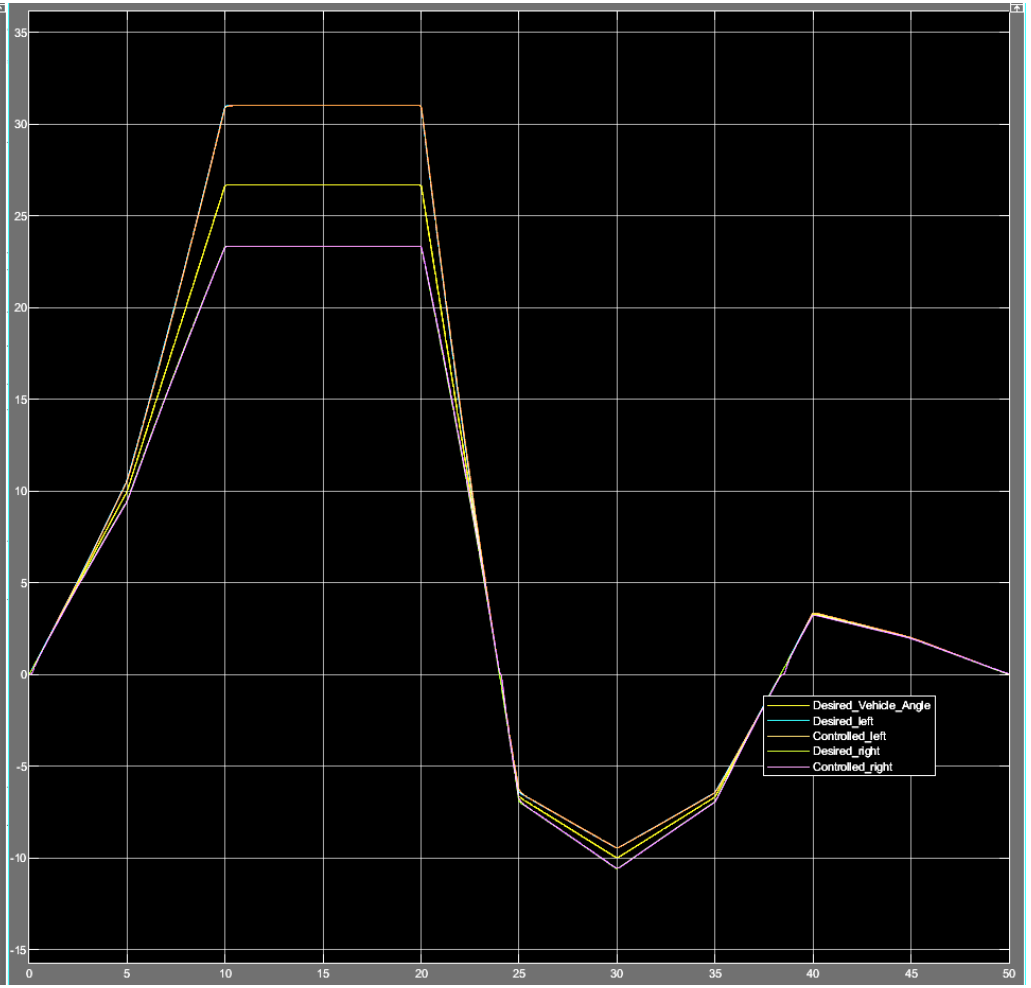
04. SIMULINK 모델링



04. SIMULINK 결과

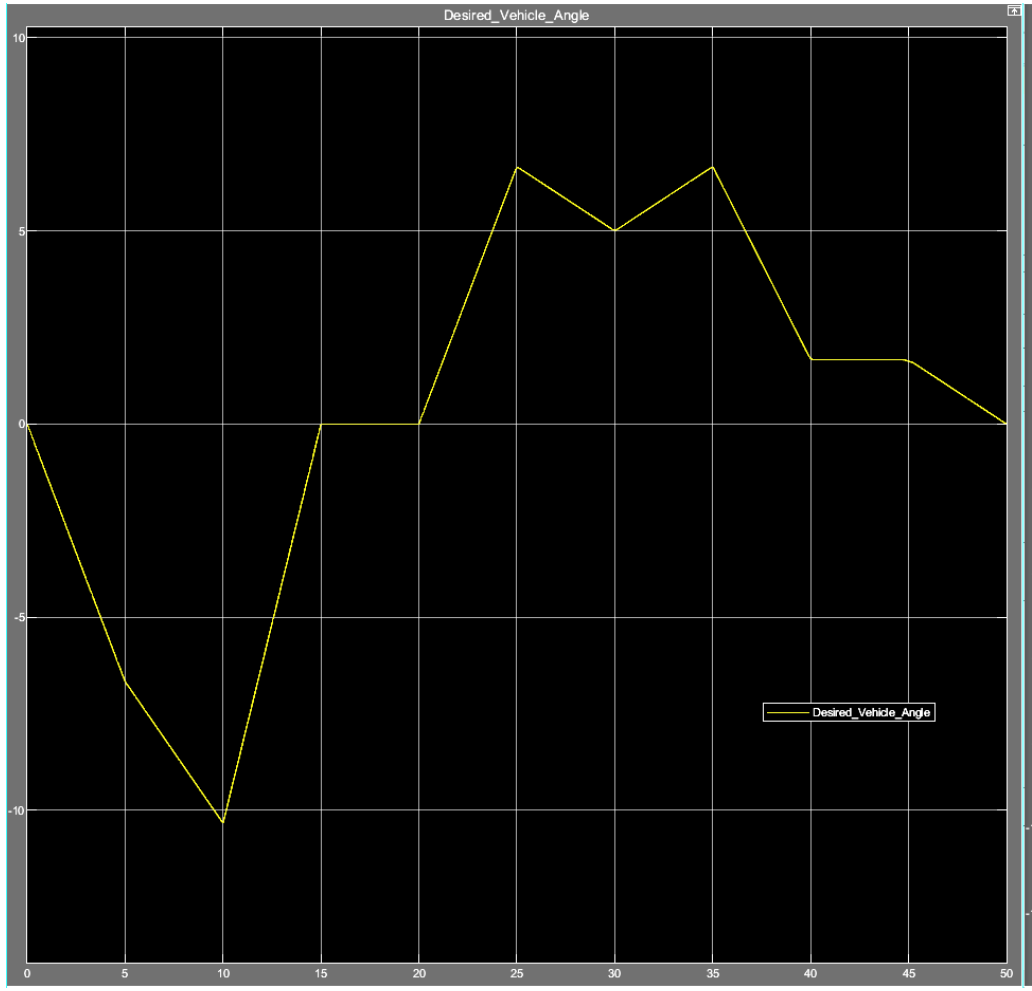
5m/s

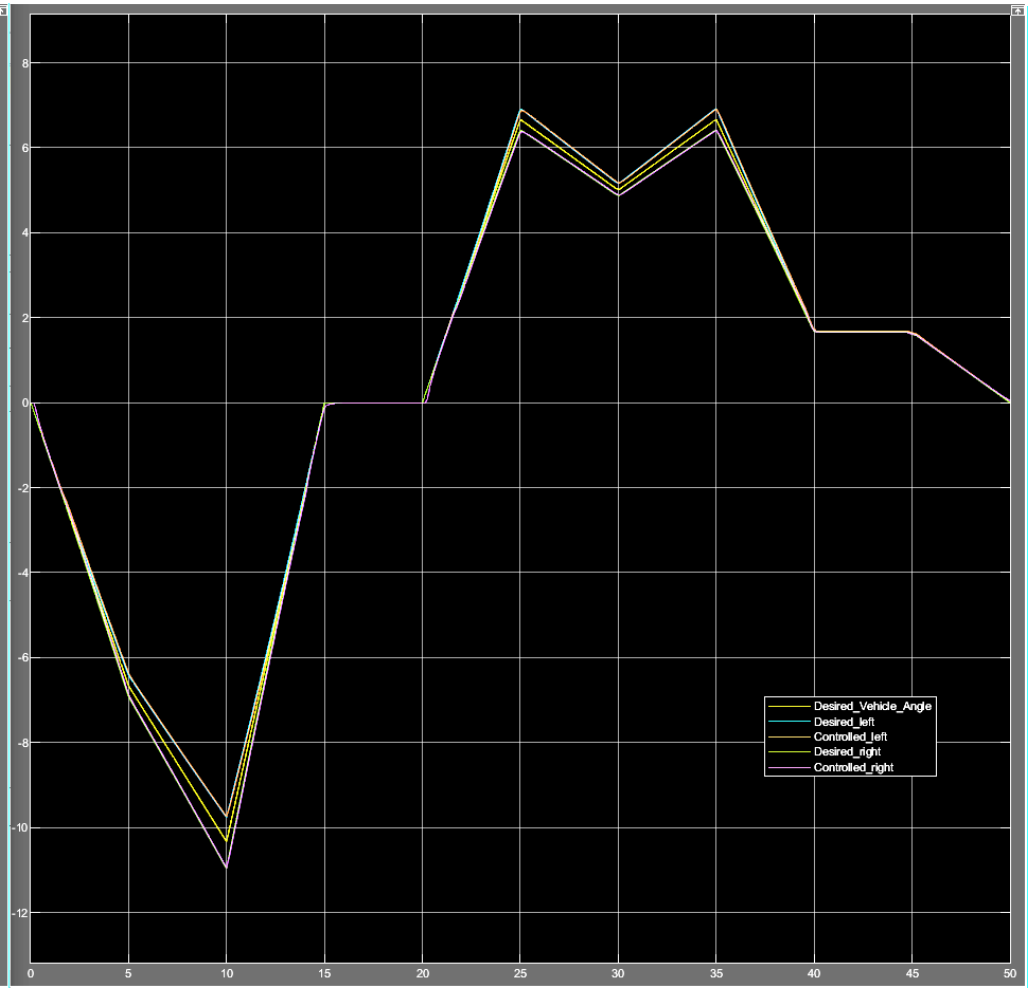




04. SIMULINK 결과

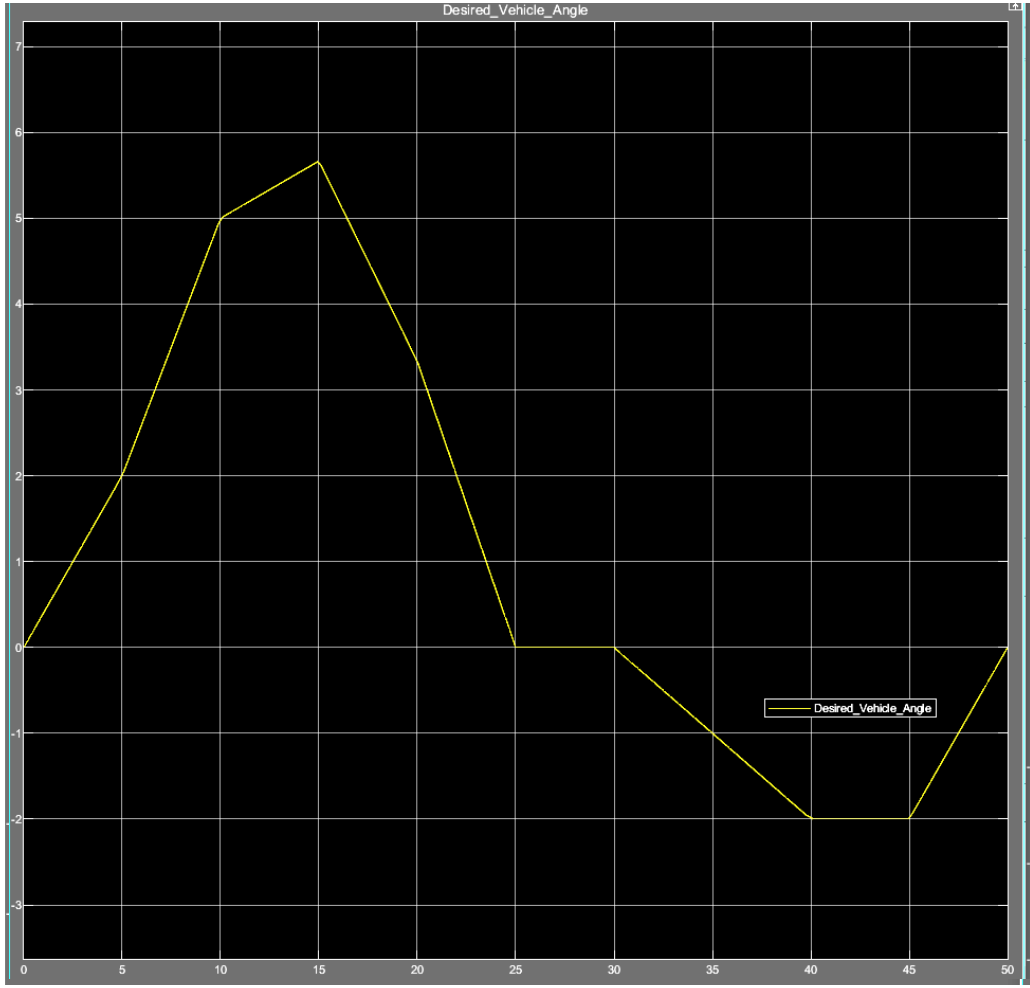
10m/s

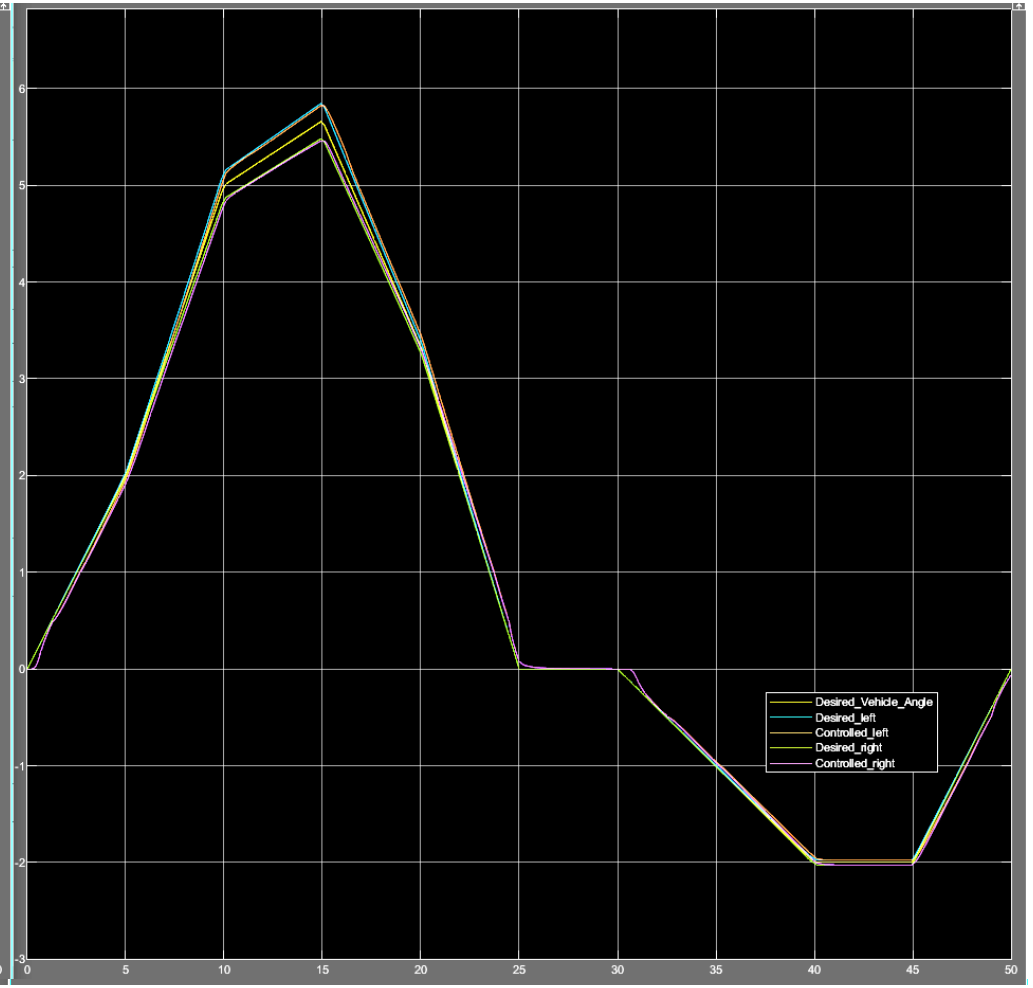




04. SIMULINK 결과

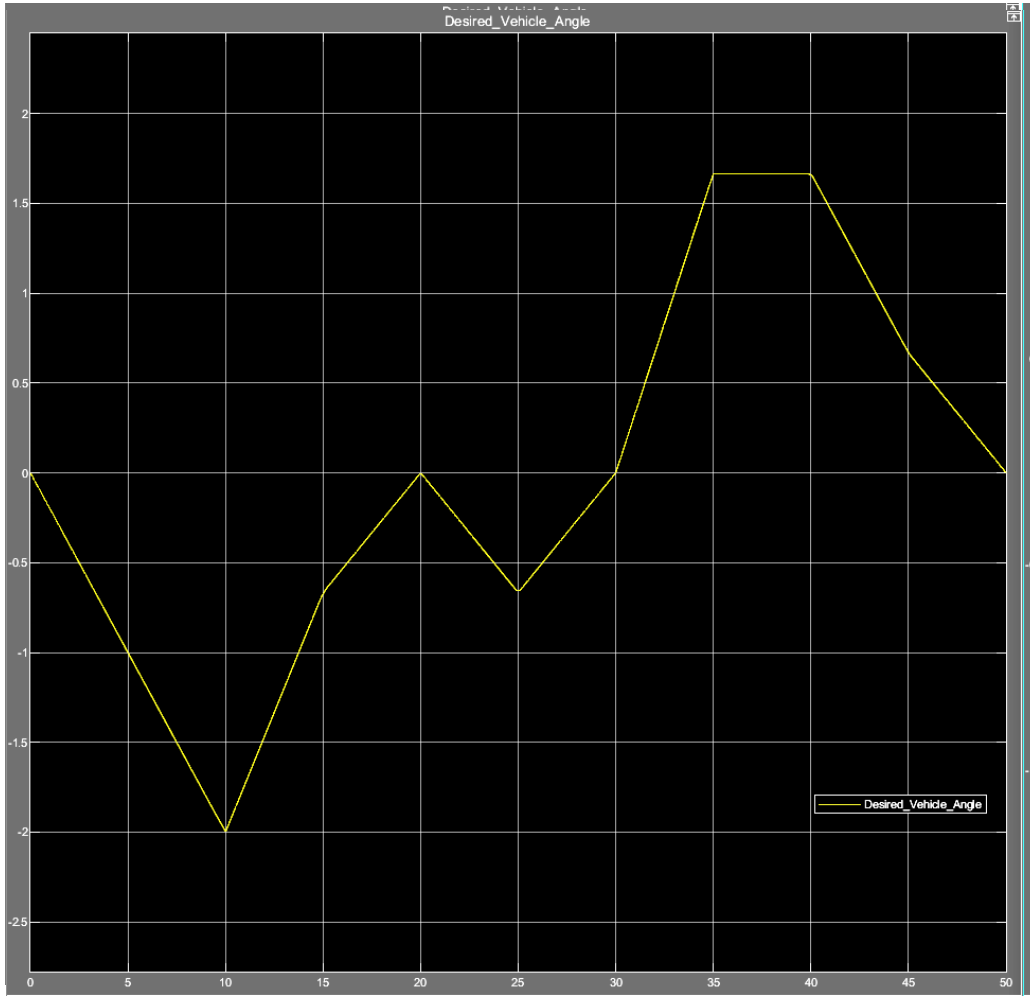
20m/s

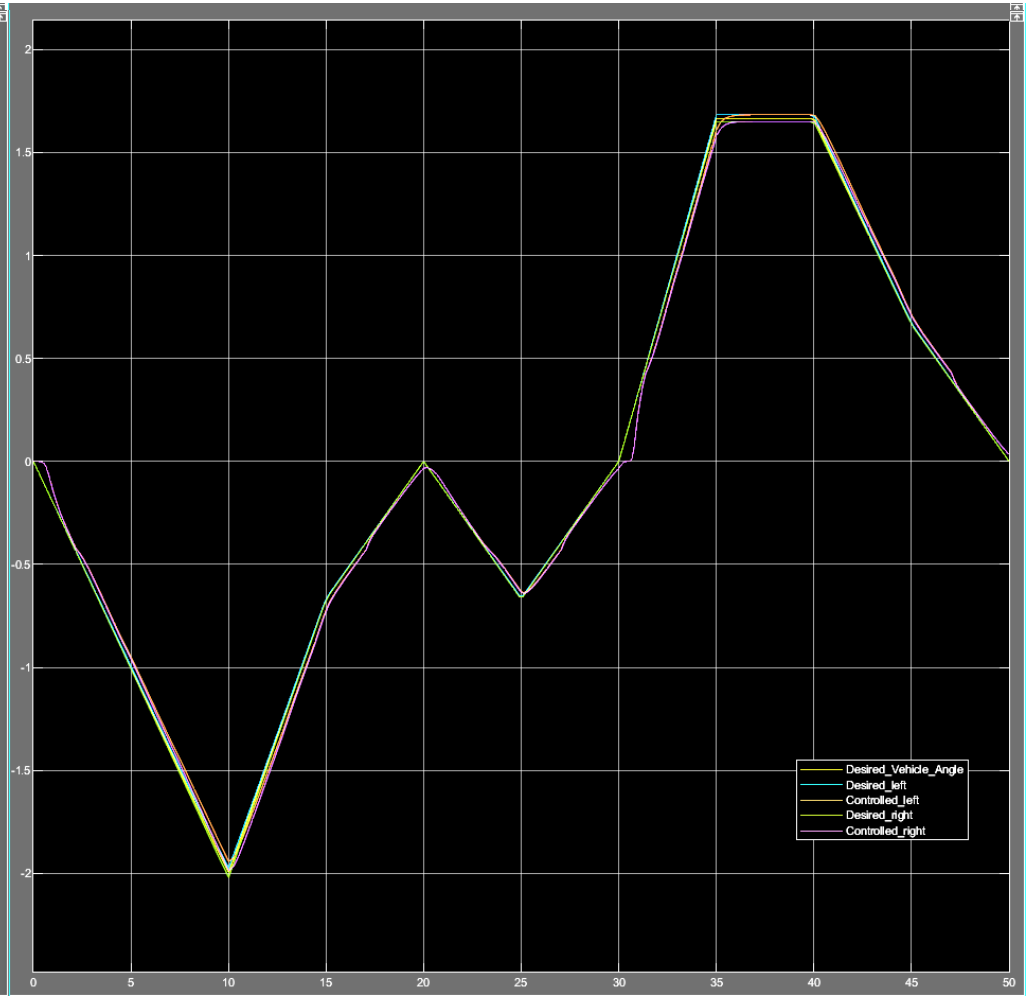




04. SIMULINK 결과

30m/s





고찰

1. 실제 제품 제작 시 자기 차폐에 어려움이 있다.
2. 차속이 30m/s일 때 회전각이 0도를 지나는 점에서 제어가 제대로 이루어지지 않았다.
3. 타이어와 지면의 접촉 면적, 지면의 상태, 타이어의 재질 등 다양한 변수를 고려하지 못하였다.
4. Comsol 해석 시 2D Cut-line 설정에 따라 자속밀도에 차이가 많았으며 타당한 값 결정에 어려움이 있었다.
5. 실제 구현된 시스템이 없어 실험결과가 타당한지에 대한 판단이 불가능하였다.

참고

Rollaclub.com/board/topic/72032-ke70-steering-problem-ackerman

차량 동역학 교재 참조

Youtube_공학채널

Thank you