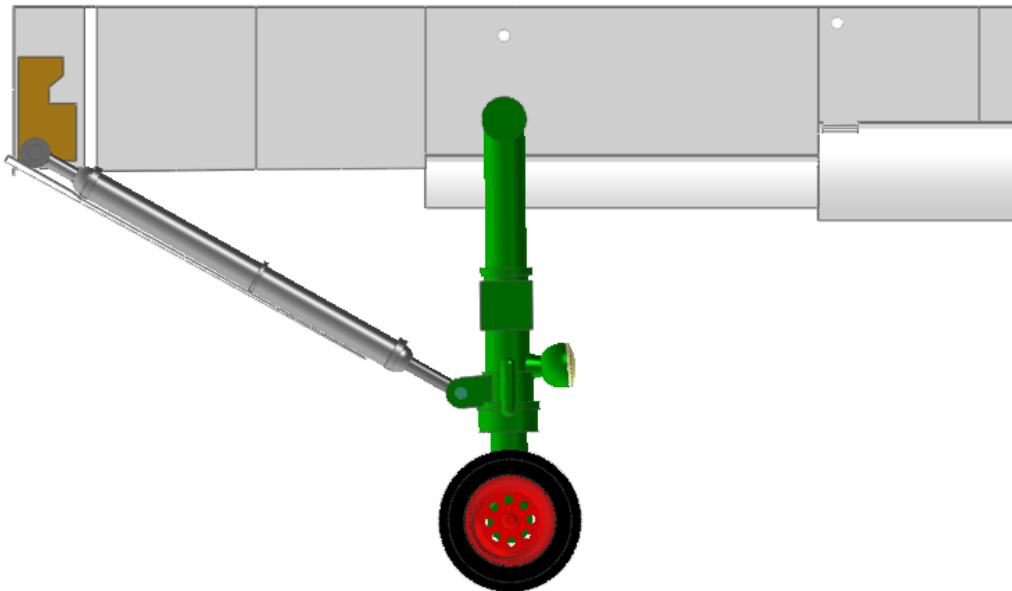


Landing Gear System Tutorial (AutoDesign)



Copyright © 2020 FunctionBay, Inc. All rights reserved.

User and training documentation from FunctionBay, Inc. is subjected to the copyright laws of the Republic of Korea and other countries and is provided under a license agreement that restricts copying, disclosure, and use of such documentation. FunctionBay, Inc. hereby grants to the licensed user the right to make copies in printed form of this documentation if provided on software media, but only for internal/personal use and in accordance with the license agreement under which the applicable software is licensed. Any copy made shall include the FunctionBay, Inc. copyright notice and any other proprietary notice provided by FunctionBay, Inc. This documentation may not be disclosed, transferred, modified, or reduced to any form, including electronic media, or transmitted or made publicly available by any means without the prior written consent of FunctionBay, Inc. and no authorization is granted to make copies for such purpose.

Information described herein is furnished for general information only, is subjected to change without notice, and should not be construed as a warranty or commitment by FunctionBay, Inc. FunctionBay, Inc. assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies that may appear in this document.

The software described in this document is provided under written license agreement, contains valuable trade secrets and proprietary information, and is protected by the copyright laws of the Republic of Korea and other countries. UNAUTHORIZED USE OF SOFTWARE OR ITS DOCUMENTATION CAN RESULT IN CIVIL DAMAGES AND CRIMINAL PROSECUTION.

Registered Trademarks of FunctionBay, Inc. or Subsidiary

RecurDyn is a registered trademark of FunctionBay, Inc.

RecurDyn/Professional, RecurDyn/ProcessNet, RecurDyn/Acoustics, RecurDyn/AutoDesign, RecurDyn/Bearing, RecurDyn/Belt, RecurDyn/Chain, RecurDyn/CoLink, RecurDyn/Control, RecurDyn/Crank, RecurDyn/Durability, RecurDyn/EHD, RecurDyn/Engine, RecurDyn/eTemplate, RecurDyn/FFlex, RecurDyn/Gear, RecurDyn/DriveTrain, RecurDyn/HAT, RecurDyn/Linear, RecurDyn/Mesher, RecurDyn/MTT2D, RecurDyn/MTT3D, RecurDyn/Particleworks I/F, RecurDyn/Piston, RecurDyn/R2R2D, RecurDyn/RFlex, RecurDyn/RFlexGen, RecurDyn/SPI, RecurDyn/Spring, RecurDyn/TimingChain, RecurDyn/Tire, RecurDyn/Track_HM, RecurDyn/Track_LM, RecurDyn/TSG, RecurDyn/Valve are trademarks of FunctionBay, Inc.

Edition Note

This document describes the release information of **RecurDyn V9R4**.

목차

Tutorial Sample F 의 개요	4
필요 요건	4
예상 소요 시간	4
착륙 기어 시스템의 설계	5
모델 불러오기 및 제어 시스템의 애니메이션 재생	7
설계 변수의 정의.....	10
해석 응답의 정의.....	12
최적 설계의 실행.....	15
해석 결과들의 비교	19

Tutorial Sample F 의 개요

모 델	설 명
<p>Sample_F</p>	<p>Landing Gear System Design Problem: 이 설계 문제는 제어 장치에서 최적의 Gain 값을 결정하는 것입니다. 비록 설계 문제는 간단해 보이지만, 이 모델은 RecurDyn/Professional, CoLink 및 AutoDesign 을 통합하여 적용한 좋은 예입니다.</p> <p>Key Point: AutoDesign 과 CoLink 에서 Interface Guide 를 연구합니다.</p>

필요 요건

- 이 튜토리얼은 이전에 RecurDyn/CoLink 를 사용해 본 경험이 있는 유저들을 대상으로 합니다.
- 유저는 3D Crank-Slider, Engine with Propeller, Pinball (2D Contact) 튜토리얼 또는 그와 동등한 수준의 것을 실습해 본 자이어야 하며, 기초적인 물리 지식이 요구됩니다.



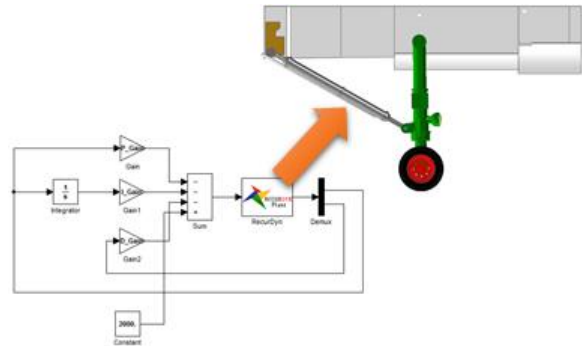
예상 소요 시간

약 5 분(컴퓨터의 속도에 따라 Solving Time 이 차이가 납니다.)



착륙 기어 시스템의 설계

RecurDyn 은 제어 시스템을 만들 수 있는 **CoLink** 모듈을 제공합니다. RecurDyn 에 있는 CoLink 를 이용하면, 제어 시스템을 위한 유사 모델을 만들지 않아도 됩니다. 다시 말하자면, **CoLink** 가 **RecurDyn** 모델을 직접적으로 제어할 수 있다는 것을 의미합니다. 만약 RecurDyn 모델이 완전히 실증되었다면, 이러한 접근이 가상의 제어 시스템이 될 수 있습니다.



하나의 착륙 기어 시스템을 작동시키는 힘을 제어하는 PID 제어 장치 시스템을 가정해봅시다. 제어 장치의 목적은 격실 안으로 바퀴를 이동시키는 것이며, 2 초 안에 바퀴를 안정화시키는 것입니다.

CoLink 가 **RecurDyn** 에서 정의된 매개 값들은 직접적으로 사용할 수 있기 때문에 모든 이득값(Gains)들은 매개 변수를 사용함으로써 정의될 수 있습니다. 또한, 제어 시스템의 목적 함수는 수식들에 의해 설명됩니다. 따라서, **AutoDesign** 은 제어 시스템의 목적 함수를 만족시키는 최적의 Gain 값을 쉽게 찾을 수 있도록 만들어 줍니다.

관련된 Open 파일들		
Sample	1	<Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_F\Examples\Sample_F.rdyn
	2	<Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_F\Examples\Sample_F.clk
Solution	1	<Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_F\Solutions\Sample_F.rdyn
	2	<Install Dir> \Help\Tutorial\AutoDesign\AutoDesign_F\Solutions\Sample_F.clk

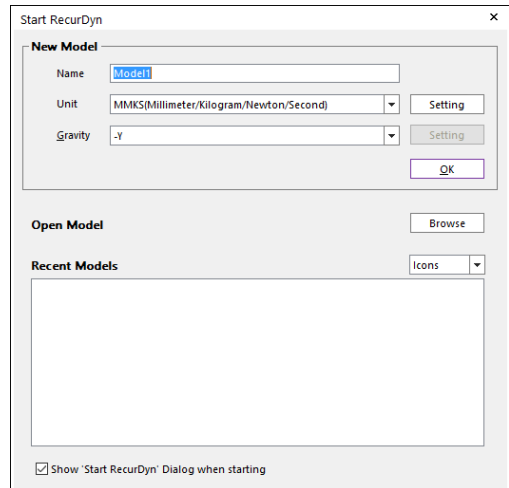
Note: 파일 경로는 사용자가 임의로 지정한 폴더로 변경될 수 있습니다.

Chapter
1

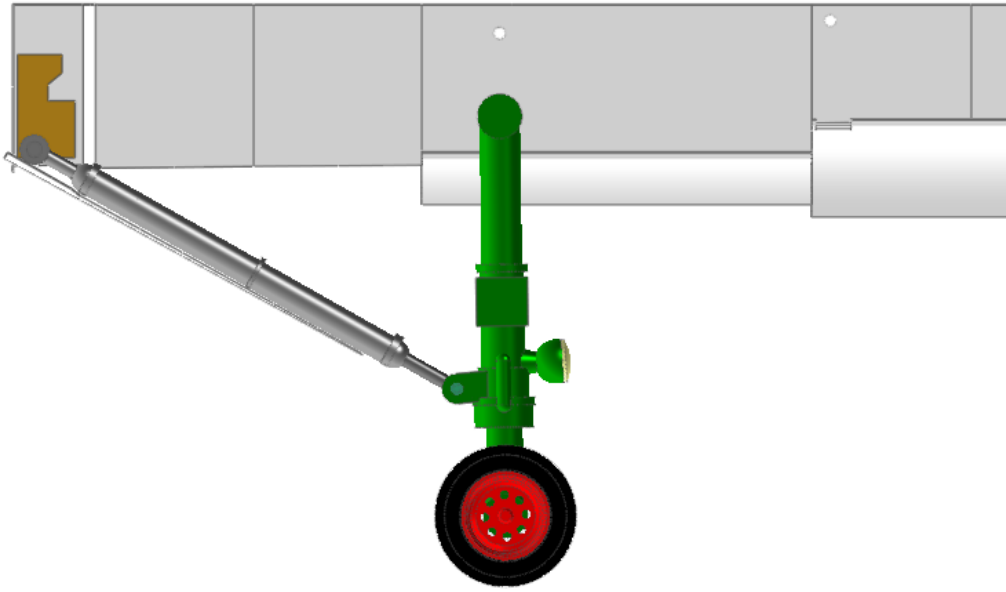
모델 불러오기 및 제어 시스템의 애니메이션 재생



1. 바탕화면에서 **RecurDyn** 아이콘을 더블 클릭합니다.
2. RecurDyn 이 시작되면서 **Start RecurDyn** 다이얼로그 박스가 나타납니다.
3. Start RecurDyn 다이얼로그 박스를 닫고 이미 만들어져 있는 모델을 사용합니다.
4. 툴바에서 **Open** 메뉴를 클릭하고 **Sample_F.rdyn** 을 선택합니다.
5. 화면에 착륙 기어 시스템이 나타납니다.

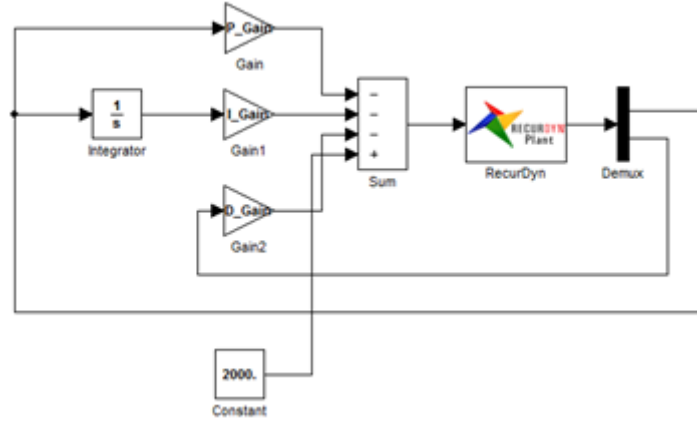


LANDING GEAR SYSTEM TUTORIAL (AUTODESIGN)





6. **CoLink** 메뉴에서 **Run Colink** 아이콘을 클릭합니다. 그러면, **CoLink** 가 나타납니다. **Open** 메뉴를 클릭한 후 **Sample_F.rdyn** 이 있던 경로에서 **Sample_F.clk** 를 선택합니다.



7. **CoLink** 에서 **Simulation** 메뉴의 **Start** 버튼을 클릭합니다.



8. **RecurDyn** 에서 **재생** 버튼을 클릭합니다.

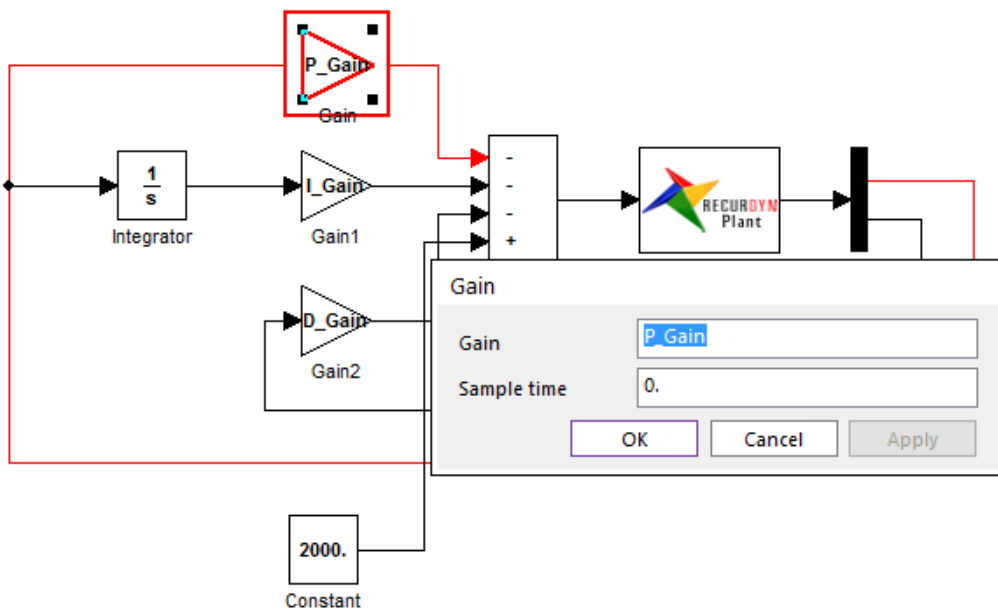
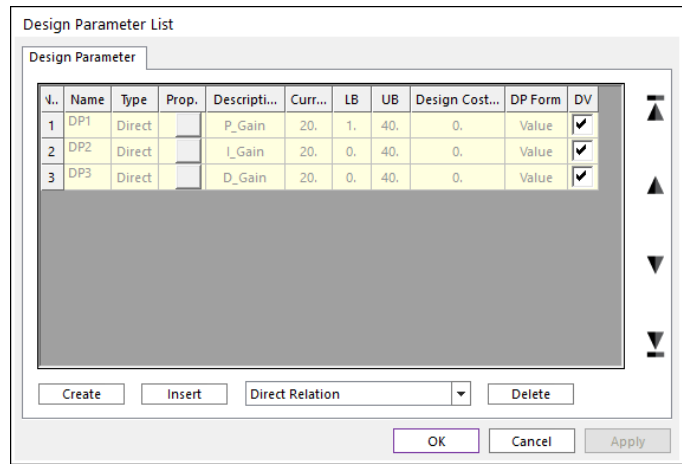
착륙 기어 시스템이 격실 안으로 이동합니다. 그렇지 않은 경우는, **CoLink** 모델이 **RecurDyn** 모델과 연결되지 않은 것이므로 **CoLink** 모델을 다시 로딩합니다. 혹은 **Colink Tap** 에 위치한 **Connect CoLink** 버튼을 누릅니다.

Chapter
2

설계 변수의 정의

설계 변수들은 PID 제어 장치의 이득 값들입니다. 그러므로, 3 개의 매개변수들을 생성하고 초기 값들을 정의합니다.

CoLink 윈도우로 전환합니다. 그러면, 3 개의 매개 변수들이 Database Windows 에 보여집니다. 그리고, 다음 그림에서 보여지는 것처럼 P, I, D 이득 값에 대한 매개 변수들을 연결합니다.

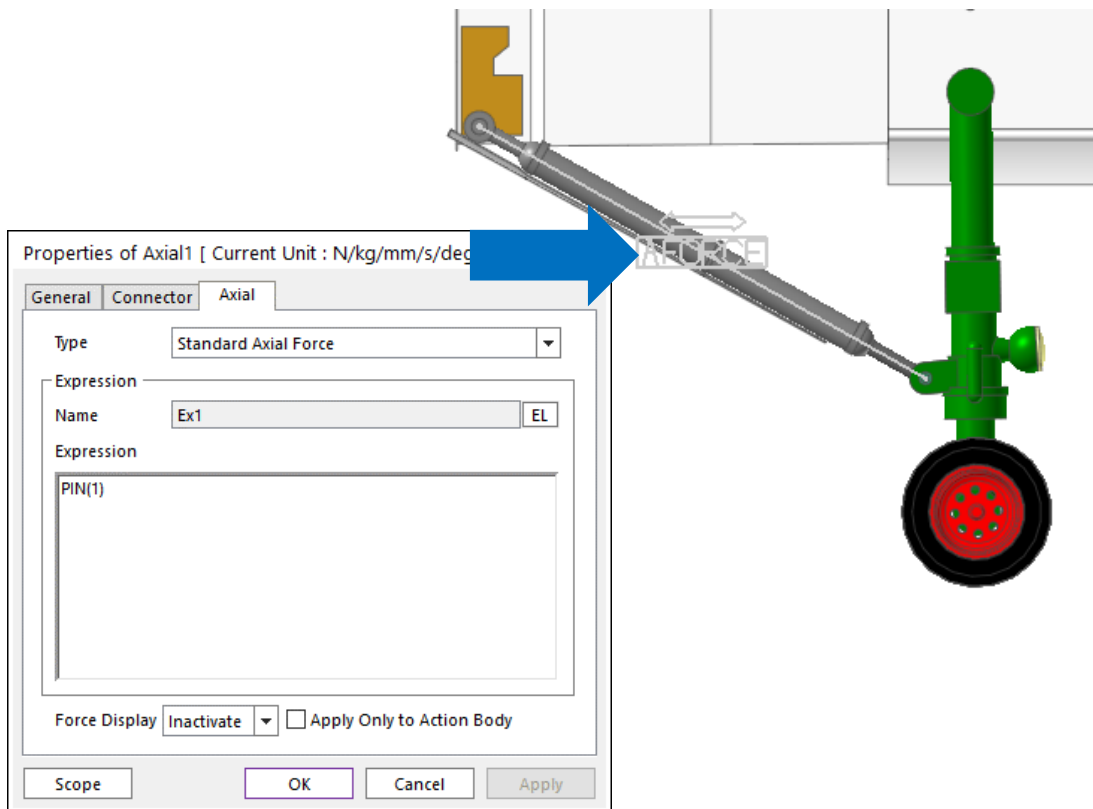


Design Parameter 아이콘을 클릭한 후 3 개의 매개 변수들을 설계 매개 변수들에게 연결합니다. 상하 범위들은 P-Gain 을 제외하고 임의적으로 선택됩니다. 일반적으로, P-Gain 은 기본적으로 사용되어야만 하므로, P-Gain 의 하한치는 **1** 로 설정합니다.

Chapter
3

해석 응답의 정의

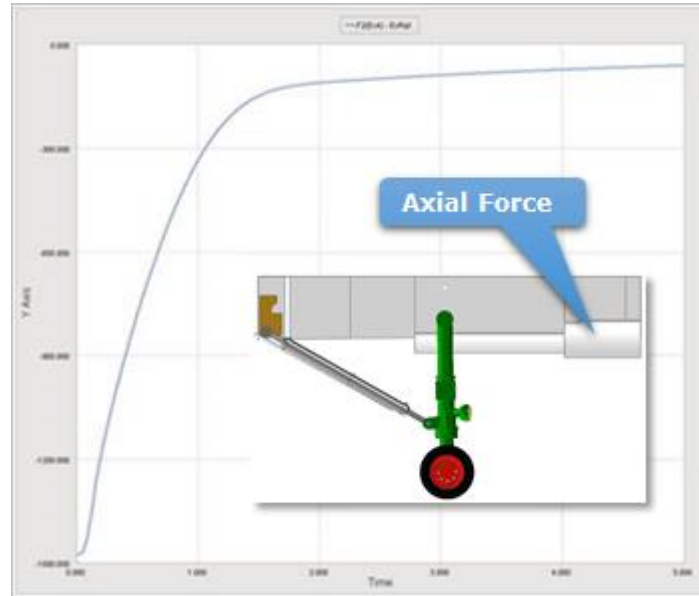
Plant 는 제어되기 위한 시스템 모델을 나타냅니다. 그래서, Plant Input 은 제어 장치의 출력이고 Plant Output 은 제어 장치의 입력 응답들이 됩니다. 이 모델에서, Plant Input 은 전륜 기어 버팀대의 축력이고, Plant Output 은 수직 방향에 따른 바퀴 중심과 목표 위치 사이에서의 상대적 위치와 상대적 속도입니다.



Plant Input 을 축력에 연결하기 위해, 제일 먼저, Plant Input 을 Expression 으로 표현합니다. Expression 은 축력을 정의하는데 사용됩니다.

또한, Expression 은 Plant Output 를 정의하기 위해 필요합니다. **CoLink** 에 대한 더 자세한 정보는 CoLink 매뉴얼을 참고하십시오.

제어 장치의 목적은 2 초일 때 바퀴 중심과 목표 위치 사이의 편차를 최소화하는 것입니다. 최초의 이득 값(Gains) 들은 다음과 같은 결과를 줍니다. 편차는 5 초일 때 0 이 아닙니다.



이제, 최적 설계 문제를 고려해봅시다:

제어 장치의 목적을 만족시키기 위해 2 초에서 편차를 최소화시킵니다.

안전성을 위해, 편차의 최대 과도 응답이 격실의 상위 벽을 치지 않아야만 합니다.

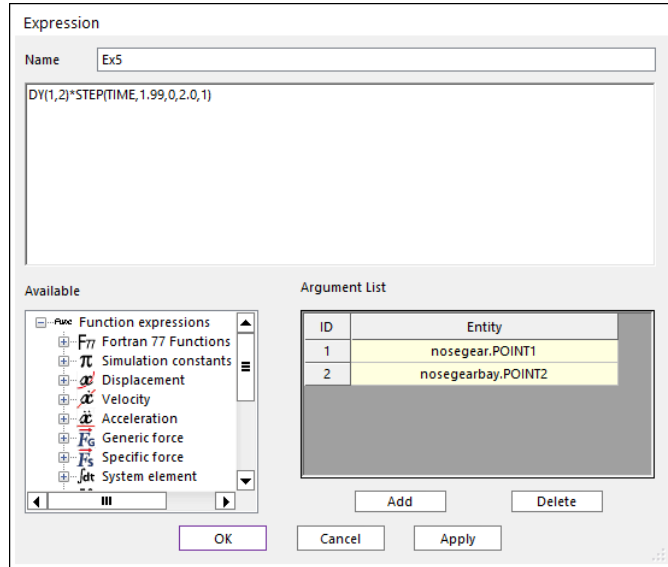
실제 적용을 위해서 Plant Input 은 한계 값보다 적어야 합니다.

편차가 최소화되었음에도 불구하고, 값이 0 이 된다고 보장되지는 않습니다. 그래서, 편차가 0 이 되도록 하기 위해서 추가적인 구속이 있어야 합니다.

편차의 마지막 값은 0 이어야 합니다.

설계 공식을 나타낼 수식을 고려하여 해석 응답들을 정의해봅시다.

1. Expression 을 이용하여 편차를 정의합니다. **STEP** 함수는 오직 2 초에서 값들로 필터링 하기 위해 사용됩니다.
2. **Expression List** 다이얼로그 박스의 수식들 중에서 **Ex1** 은 **Plant Input** 입니다. **Ex4** 는 바퀴 중심과 목표 위치 사이에서의 편차입니다. **Ex5** 는 **Ex4** 의 필터링된 응답입니다.
3. 해석 응답을 다음과 같이 생성합니다.



AR 들과 **Expression** 들 사이에서의 자세한 정보는 다음의 표와 같습니다.

AR	Expression	Treatment
AR1	Ex4	Max Value
AR2	Ex1	Max Value
AR3	Ex5	RMS Value
AR4	Ex4	End Value

Chapter
4

최적 설계의 실행

최적화 문제는 다음과 같이 정의됩니다:

- 편차의 과도 반응의 최대 최고값 \leq 한계값
- Plant Input \leq 한계값
- 편차의 과도 반응의 마지막 값 = 0

을 조건으로 하여, 편차의 RMS 를 최소화시킵니다.



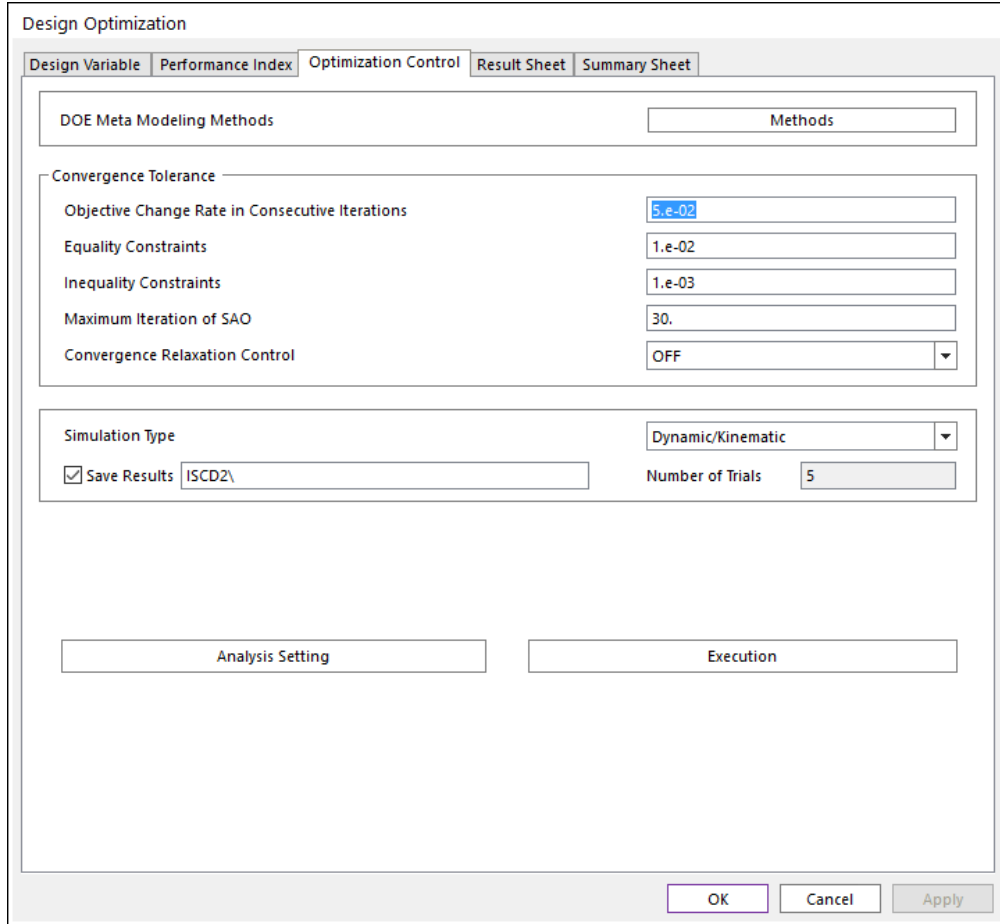
1. **Design Optimization** 아이콘을 클릭합니다. 그리고 나서, 아래 그림과 같이 설계 변수 목록을 확인합니다.

Design Optimization								
Design Variable		Performance Index	Optimization Control	Result Sheet	Summary Sheet			
DV	DP	Description	Current	LB	UB	Type		Value
1	DP1	P_Gain	20.	1.	40.	Variable	▼	0.
2	DP2	I_Gain	20.	0.	40.	Variable	▼	0.
3	DP3	D_Gain	20.	0.	40.	Variable	▼	0.

2. **Performance Index** 탭을 클릭합니다. 그리고 나서, 다음의 목록들을 확인합니다. 그 대화 상자가 비어 있으면, 다음과 같은 **PI** 들을 생성합니다.

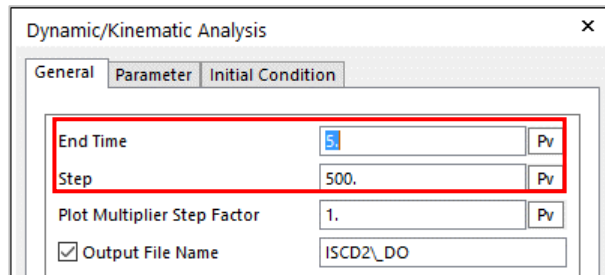
Design Optimization							
Design Variable		Performance Index	Optimization Control	Result Sheet	Summary Sheet		
PI	Use	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	AR3	Over Shooed Resp...	Objective	MIN	1.	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	AR1	Y_Deviation Betwee...	Constraint	LE	50.	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	AR4	End_Response	Constraint	EQ	0.	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	AR2	Plant Input 1	Constraint	LE	40000.	

3. **Optimization Control** 탭을 클릭합니다. 모든 수렴한계치들은 기본값들로 사용됩니다. **Execution** 버튼을 클릭하기 전에 **Analysis Setting** 에서 **Step** 을 확인하는 것이 중요합니다. 특별히, CoLink 가 사용되었을 때, 동역학 해석의 샘플링 시간 간격을 CoLink 의 시간 간격과

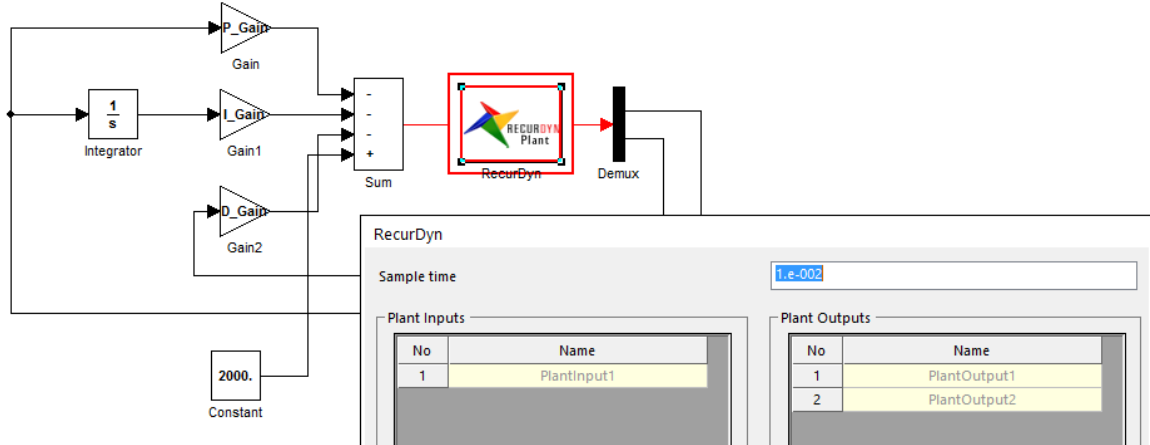


동일하게 설정해야 합니다.

4. **Analysis Setting** 버튼을 클릭합니다. 그리고 나서, 다음의 정보를 확인합니다. **End Time** 은 **5** 로 **Step** 은 **500** 으로 설정합니다. Expression 값들은 거의 0.01 초의 시간 간격으로 구해집니다.



5. **CoLink** 창으로 전환합니다. 그리고 나서, **RecurDyn Plant** 를 더블 클릭합니다. 그러면, 샘플 시간을 나타내는 대화 상자가 나타납니다. 두 샘플 시간은 같아야 합니다. 더 자세한 정보는 **CoLink** 매뉴얼을 참고하시기 바랍니다.



6. **Execution** 버튼을 클릭합니다. Execution 다이얼로그 박스의 내용을 확인합니다. 모든 선택 사항들이 정확하면, **OK** 버튼을 클릭합니다.

Execution

Summary for Execution

Design Variables

No	DV	Description	Current	LB	UB	Type	Value
1	DP1	P_Gain	20.	1.	40.	Variable	0.
2	DP2	I_Gain	20.	0.	40.	Variable	0.
3	DP3	D_Gain	20.	0.	40.	Variable	0.

Performance Indexes

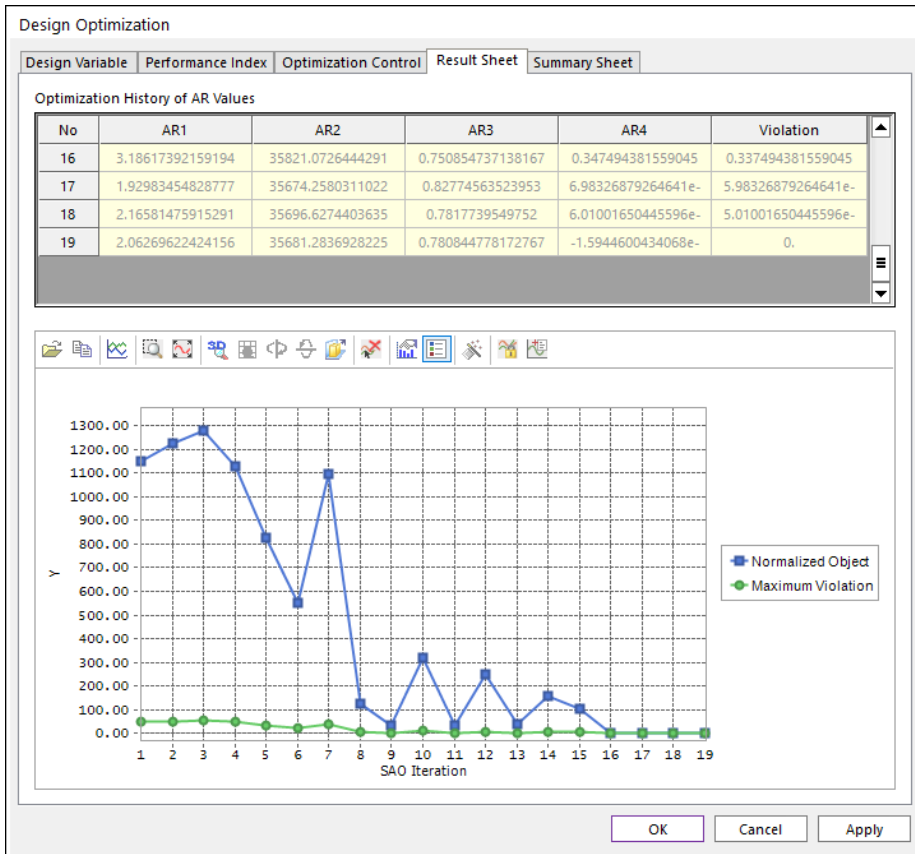
No	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value
1	AR3	Over Shooted Response in ...	Objective	MIN	1.
2	AR1	Y_Deviation Between Nose ...	Constraint	LE	50.
3	AR4	End_Response	Constraint	EQ	0.
4	AR2	Plant Input 1	Constraint	LE	40000.

Meta - Model

Initial DOE Method	Incomplete Small Composite Design -2
Meta-Model Method	Radial Basis Functions Model(Multi-Quadratic)
Polynomial Type	Auto
Trial No	5

OK Cancel

7. 최적화가 완료되면, **Result Sheet** 탭을 클릭합니다. 최적화는 19 반복되어 실행됩니다. AR 들의 마지막 값들은 (2.062, 35681.28, 0.7808, -1.59e-003) 입니다. 최적화에 소요된 총 해석의 수는 초기 샘플링 해석을 포함하여 24 번입니다.



Design Optimization

Design Variable Performance Index Optimization Control Result Sheet Summary Sheet

Design Variables

No	Name	Description	Optimum	Current	LB	UB
1	DP1	P_Gain	9.52981384593	20.	1.	40.
2	DP2	I_Gain	25.1493245960	20.	0.	40.
3	DP3	D_Gain	27.8728838870	20.	0.	40.

Analysis Responses

No	Name	Description	Optimum
1	AR1	Y_Deviation Between Nose Gear	2.06269622424156
2	AR2	Plant Input1	35681.2836928225
3	AR3	Over Shotted Resp	0.780844778172767

Performance Indexes

No	AR	Description	Definition	Goal	Weight/Limit Value
1	AR3	Over Shotted Resp	Objective	MIN	1.
2	AR1	Y_Deviation Between Nose ...	Constraint	LE	50.
3	AR4	End_Resp	Constraint	EQ	0.
4	AR2	Plant Input1	Constraint	LE	40000.

SAO

Initial DOE Method: Incomplete Small Composite Design -2

Meta - Model: Radial Basis Functions Model(Multi-Quadratic) Polynomial Type: Auto

Initial Sample Runs: 5 SAO: 19(0) Total Evaluations: 24

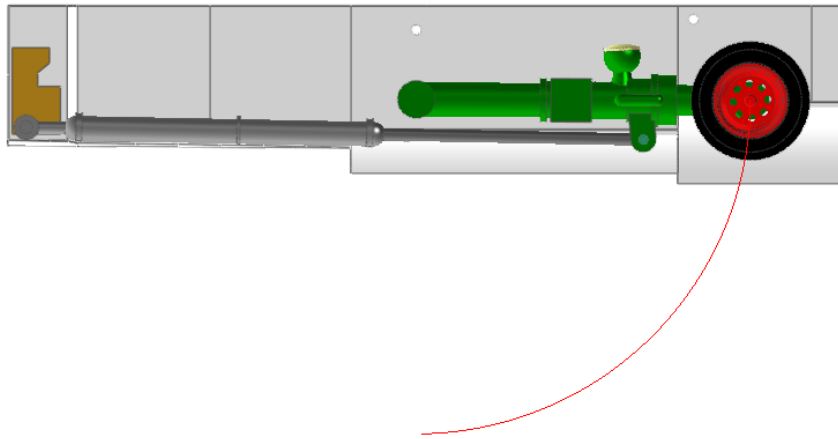
Optimal Design: E:\SVN\GT\Trunk\AddFile\Tutorial\10.AutoDesign\06.LandingGearSystem\LandingGearSystem_Ch4_25\SC

Create New Optimum Model Apply to Current Model Open Summary file

OK Cancel Apply

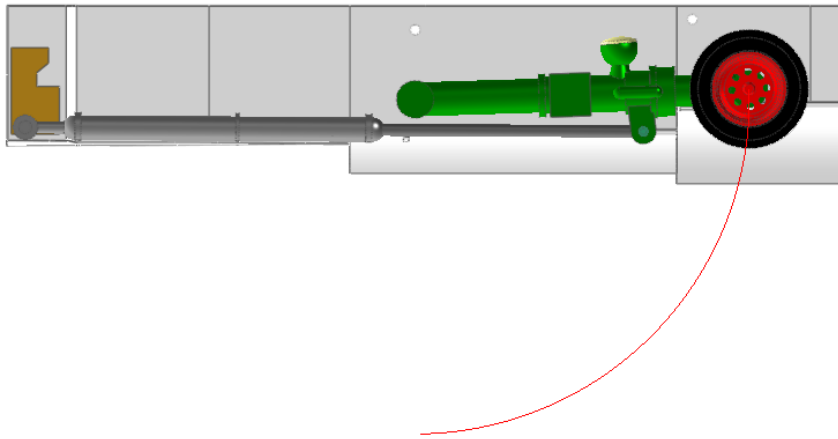
해석 결과들의 비교

초기 설계의 애니메이션과 마지막 설계의 애니메이션을 비교해봅시다. 초기 설계는 (**20, 20, 20**)인 이득값을 사용합니다. 마지막 설계는 (**9.529, 25.149, 27.872**)로 설정한 최적 이득

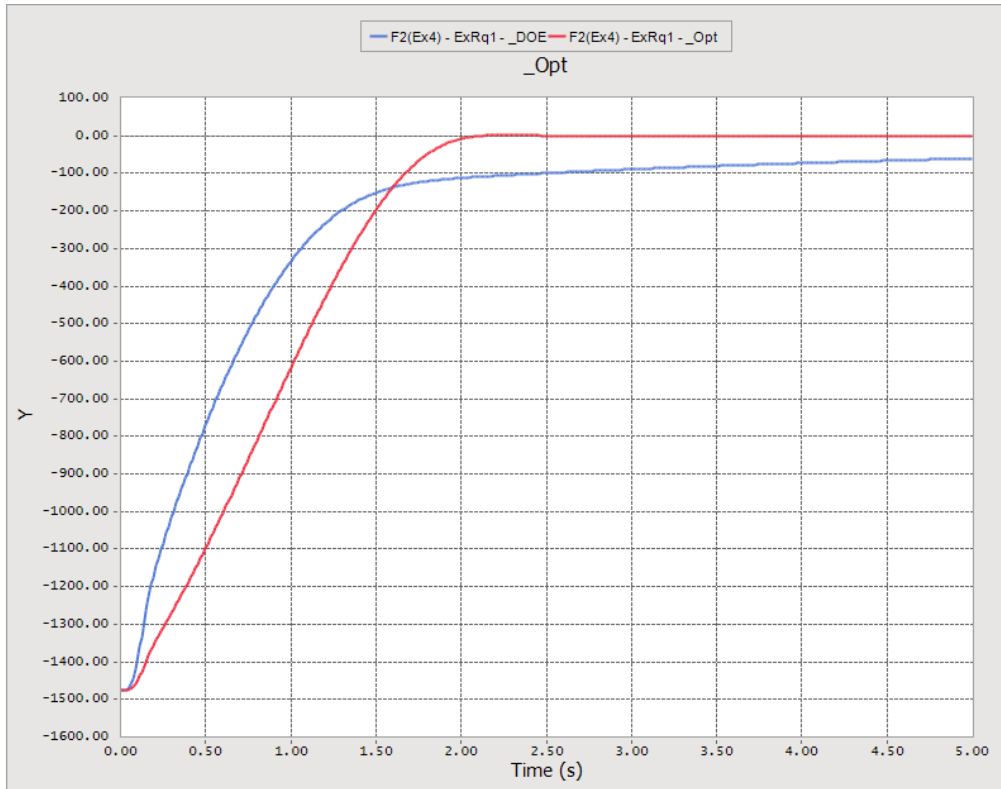


값입니다. 아래의 그림은 초기 설계를 위한 애니메이션 결과를 보여주고 있습니다.

그리고 다음 그림은 마지막 설계를 위한 애니메이션 결과를 보여주고 있습니다. 이 설계는 초기의 설계보다 바퀴 중심의 위치가 더 위로 올라가 있습니다.



마지막으로, 다음의 그래프들은 초기 설계와 마지막 설계를 위한 편차 반응들의 비교를 보여주고 있습니다. 빨간선은 마지막 설계이고 파란선은 초기 설계입니다. 2 초 이후에 마지막 설계는 편차가 0 이 되도록 만듭니다.



Thanks for participating in this tutorial!