

GT-SUITE在整车 能量管理中的应用



内容

- 整车能量管理面临的问题
- GT-SUITE整体解决方案
- 高精度的子系统建模
- 在能量管理中的高度灵活性
- 应用案例
-

内容

- 整车能量管理面临的问题
- GT-SUITE整体解决方案
- 高精度的子系统建模
- 在能量管理中的高度灵活性
- 应用案例

整车能量管理面临的问题

- 满足日益严格的燃油和排放法规的要求：
 - 在整车/动力总成的开发过程中，需要全新的“系统级思路”
 - 每个元件独立优化的日子一去不复返了
 - 当前每个部件的优化都必须在瞬态的系统级中去优化
 - 整车的能量管理具有至关重要的作用
- 理解并管理能量流是一个必须考虑的问题：
 - 整车中所有相关子系统以及它们之间的相互作用必须明确
 - 必须专注部件控制和运行监管控制是必须要的
- 这需要更高水平的数据管理，和不同组织的供应商或OEM产家之间的更加高层次的合作

模拟需求

- 整车级的能量管理系统模型就成为了必须：
 - 指导用户去减少整体的能量消耗
 - 最大化的有效利用能量
- 这就意味着必须关注模型中适当的变量
 - 速度和力矩变量
 - 热状态 (温度)变量
 - 历程变量 (电池)
- 意味着建立的模型必须具有准确的可调整性
 - 在概念级阶段, 模型必须运行迅速并能体现趋势特性
 - 在优化阶段,模型必须与 3D CAD数据相关 (真实的、物理几何特征)

内容

- 整车能量管理面临的问题
- GT-SUITE整体解决方案
- 高精度的子系统建模
- 在能量管理中的高度灵活性
- 应用案例
-

GT-SUITE = 灵活的多物理场耦合平台

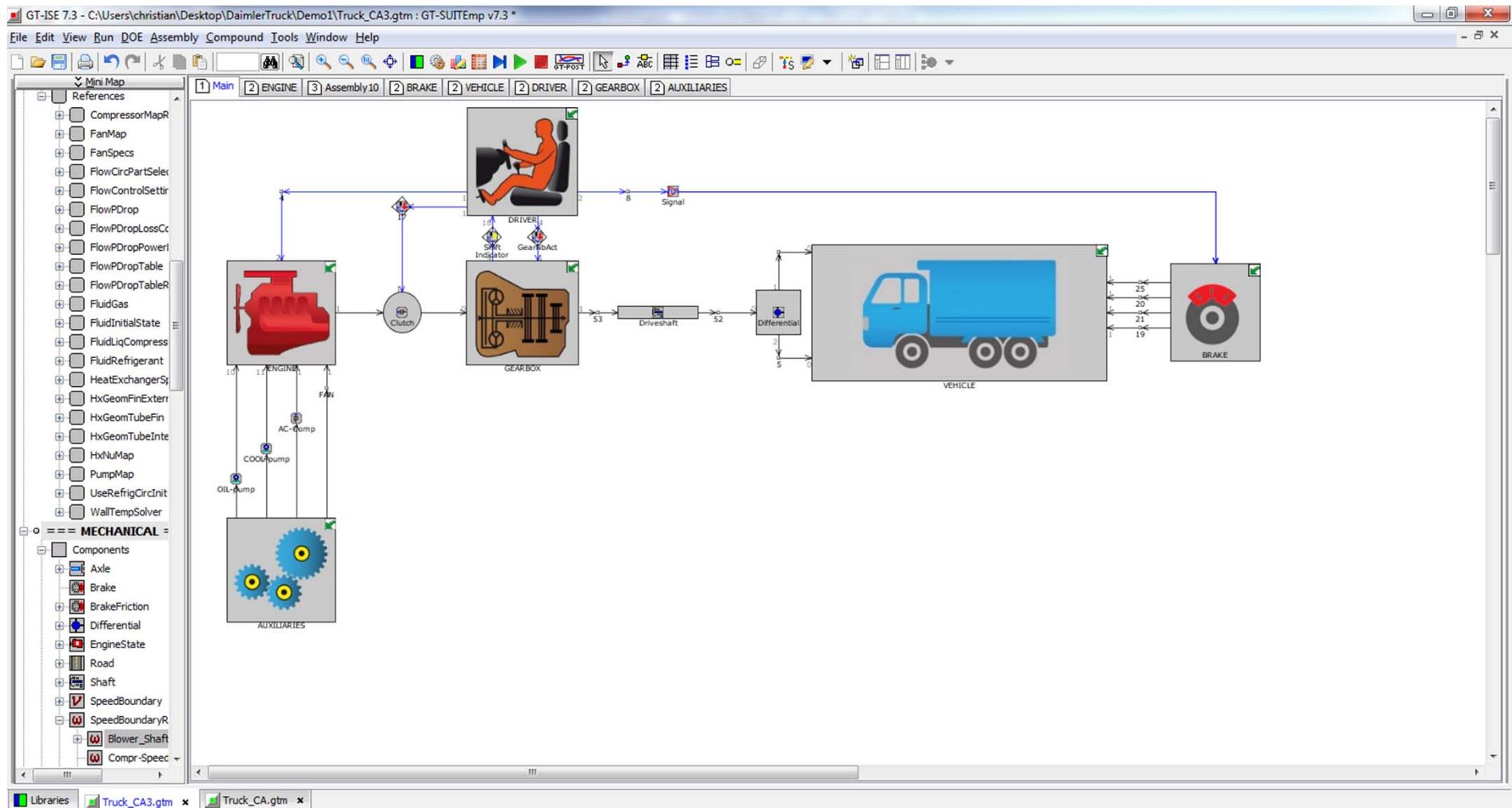
- GT-SUITE是唯一的能够把整车 “all-in-one”系统级仿真平台
 - 能模拟所有足够详细的所有的子系统
 - 稳态或瞬态求解 (甚至可以考虑带有控制的废热回收过程中的2相 Rankine循环以及相应的真实的0 RPM状态)
 - 即使是非常大的模型，也有合理的CPU运行速度
- 对于新的技术，允许虚拟样机和虚拟的校核过程
- 全平台性的架构特性：
 - 一个工具= 最简化的求解方式
 - 积木化设计(从最低层的基本原件到定制化的子系统)
 - 直观的数据/模型管理能力

GT-SUITE =灵活的多物理场耦合平台

- 在GT-SUITE中所有参数都可以实现参数化的操作
 - 通过比例因子
 - 通过图表/查找
 - 通过零件或部件
 - 通过系统 (子级系统)
- 通过独特的子系统扫掠功能，甚至可以应用于不同的拓扑结构的模型中!!

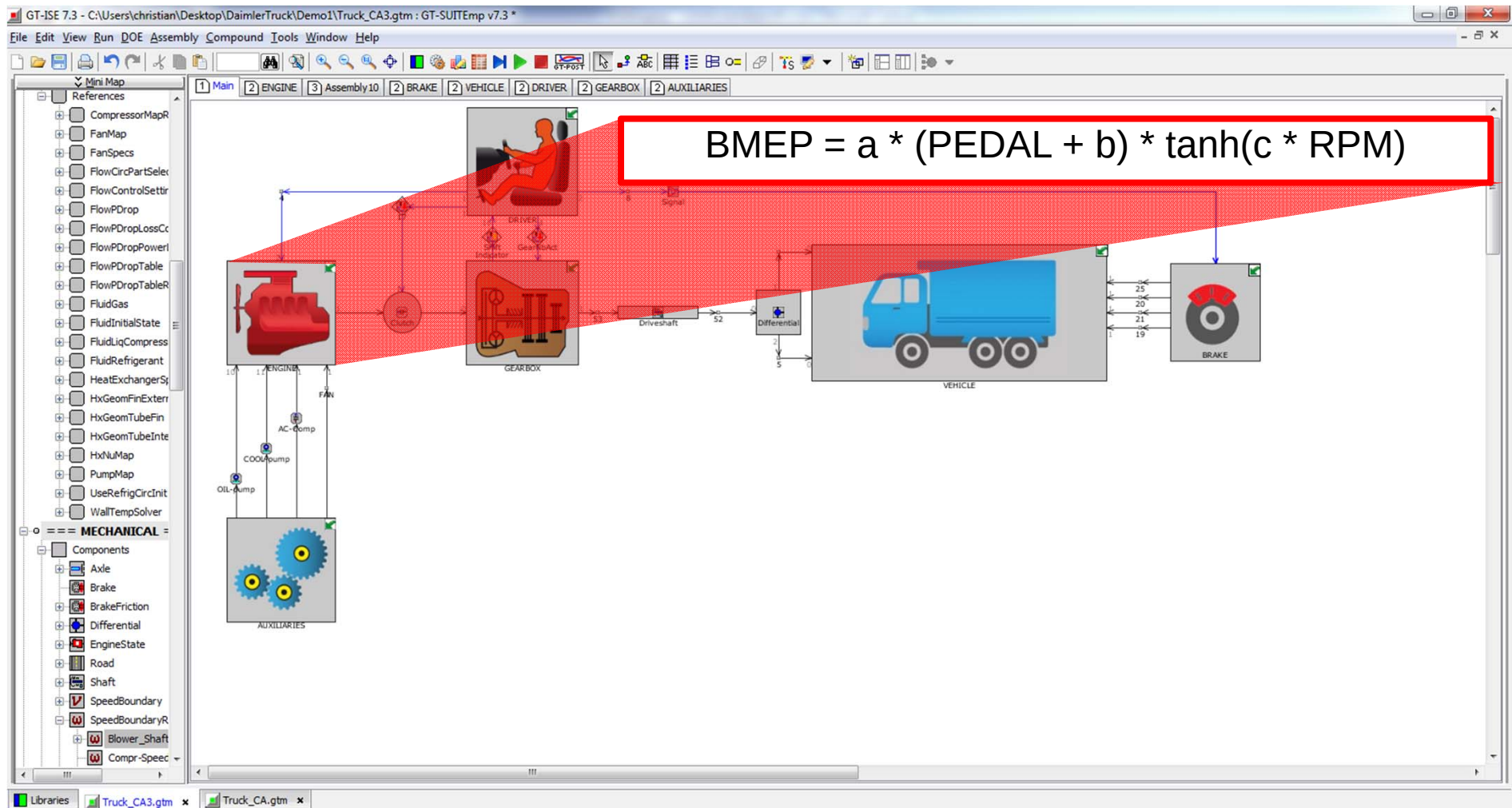
演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 例如不同层次的系统级模拟



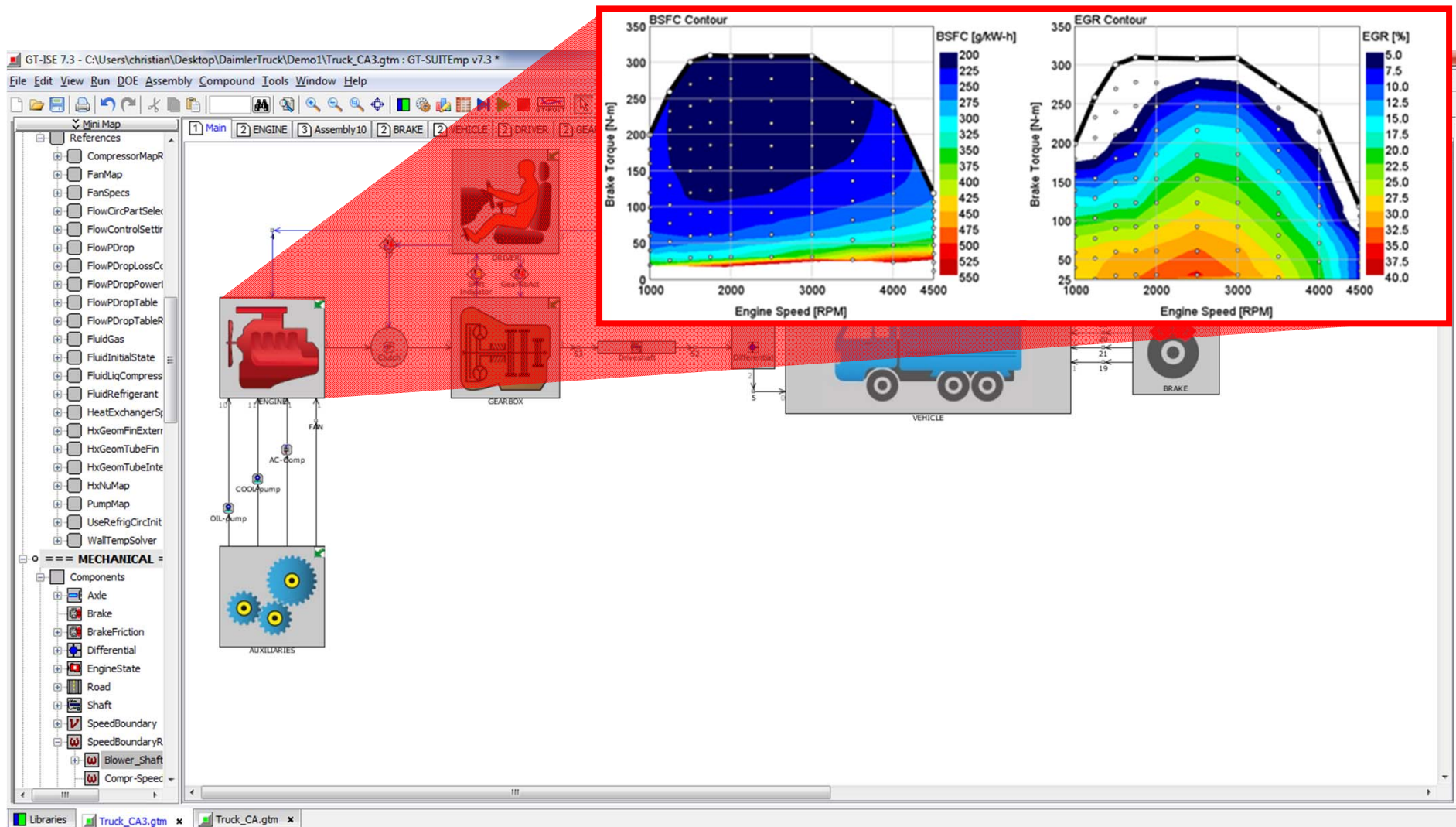
结论:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 发动机:管单位方程



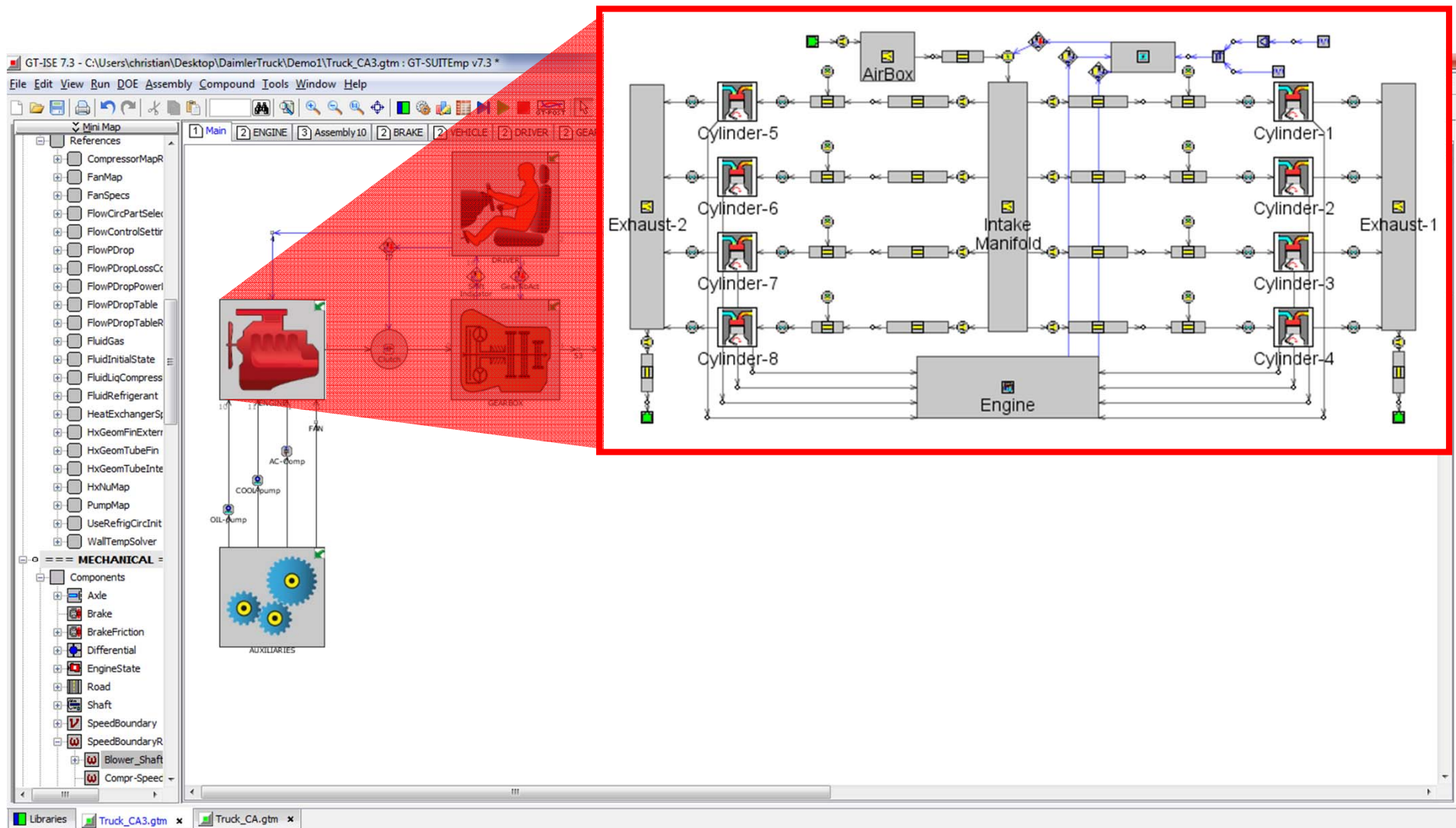
演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 发动机: 查找图表



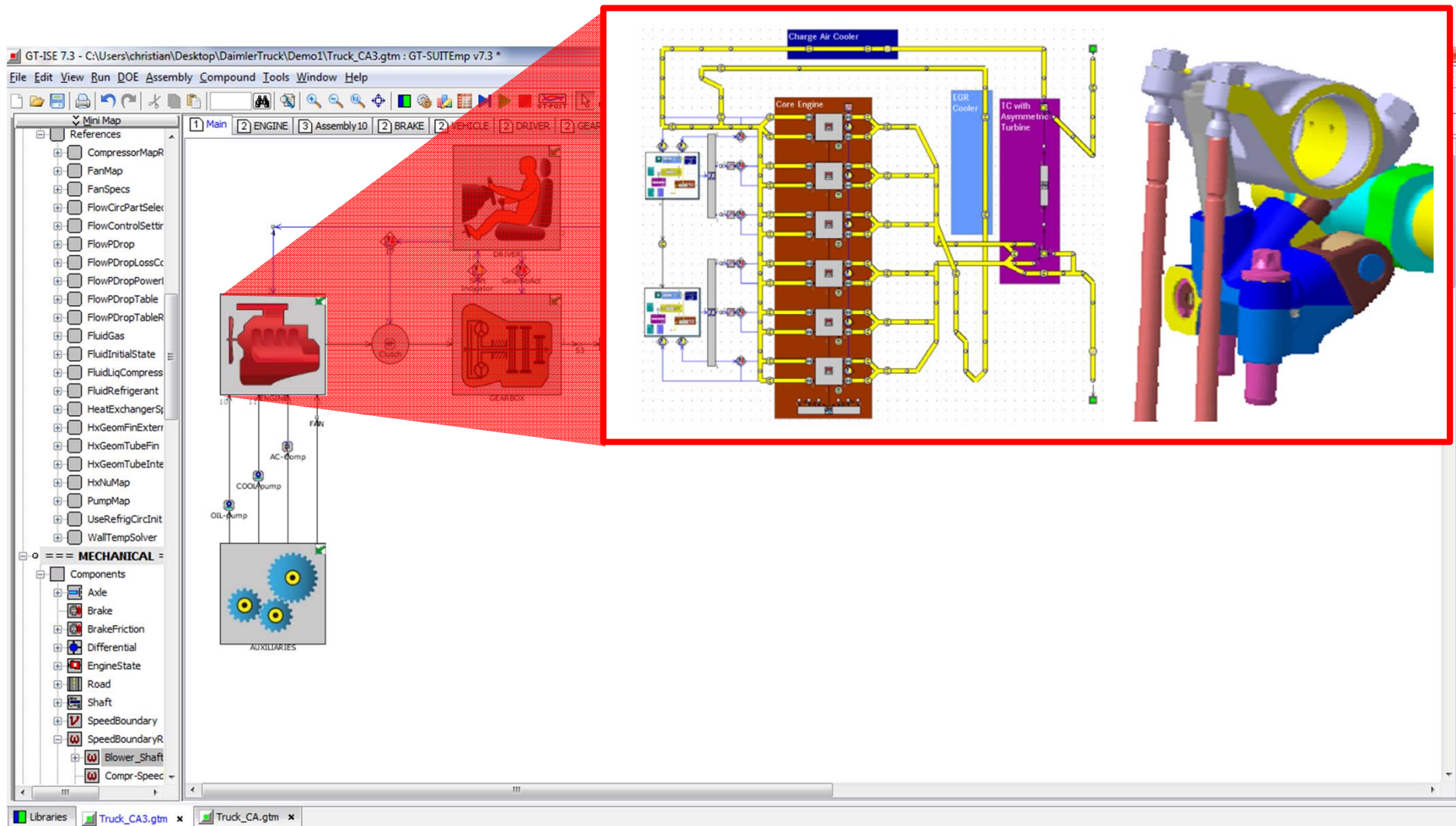
演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 发动机: FRM模型



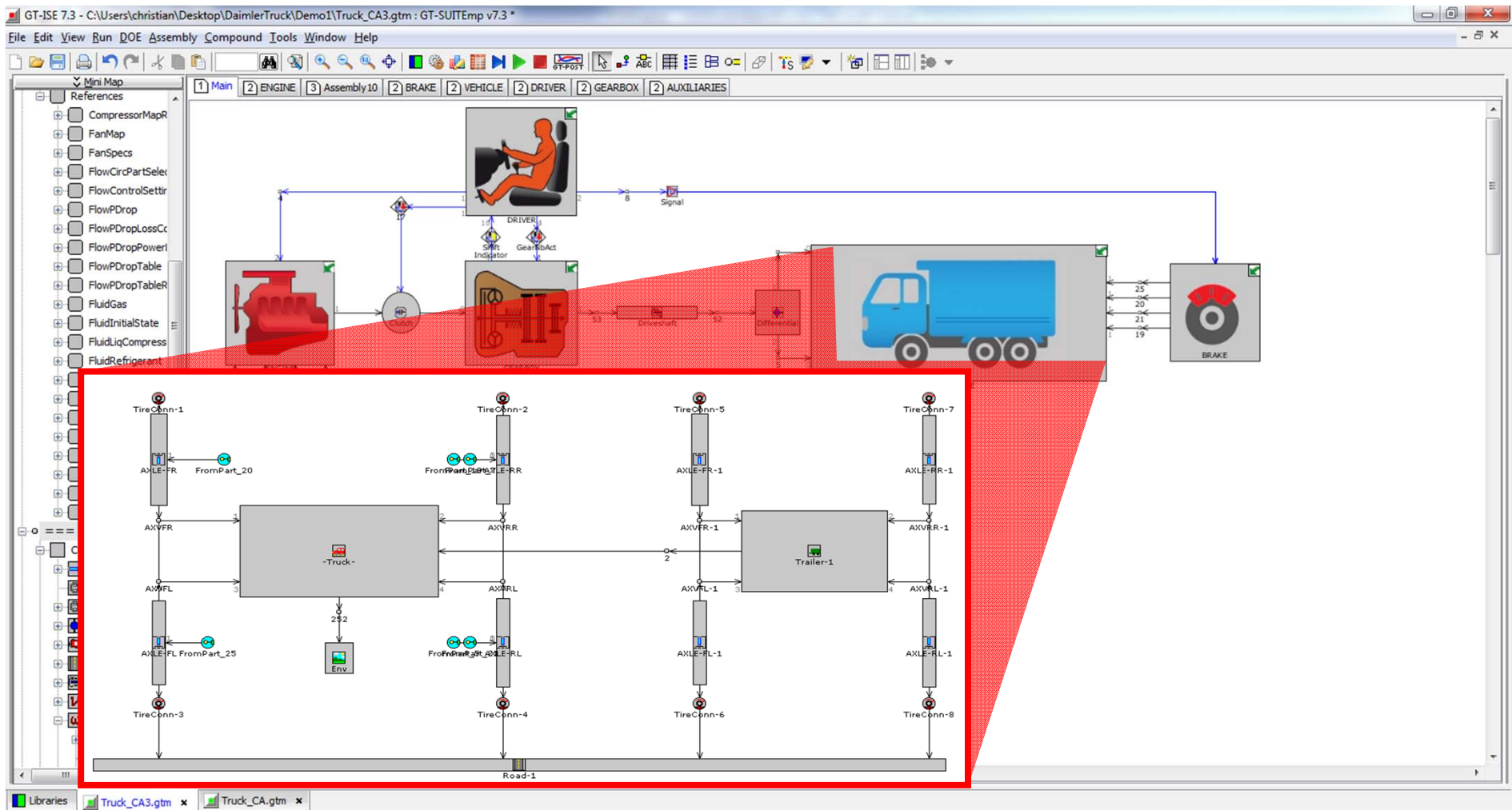
演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 发动机: 详细的GT-POWER模型



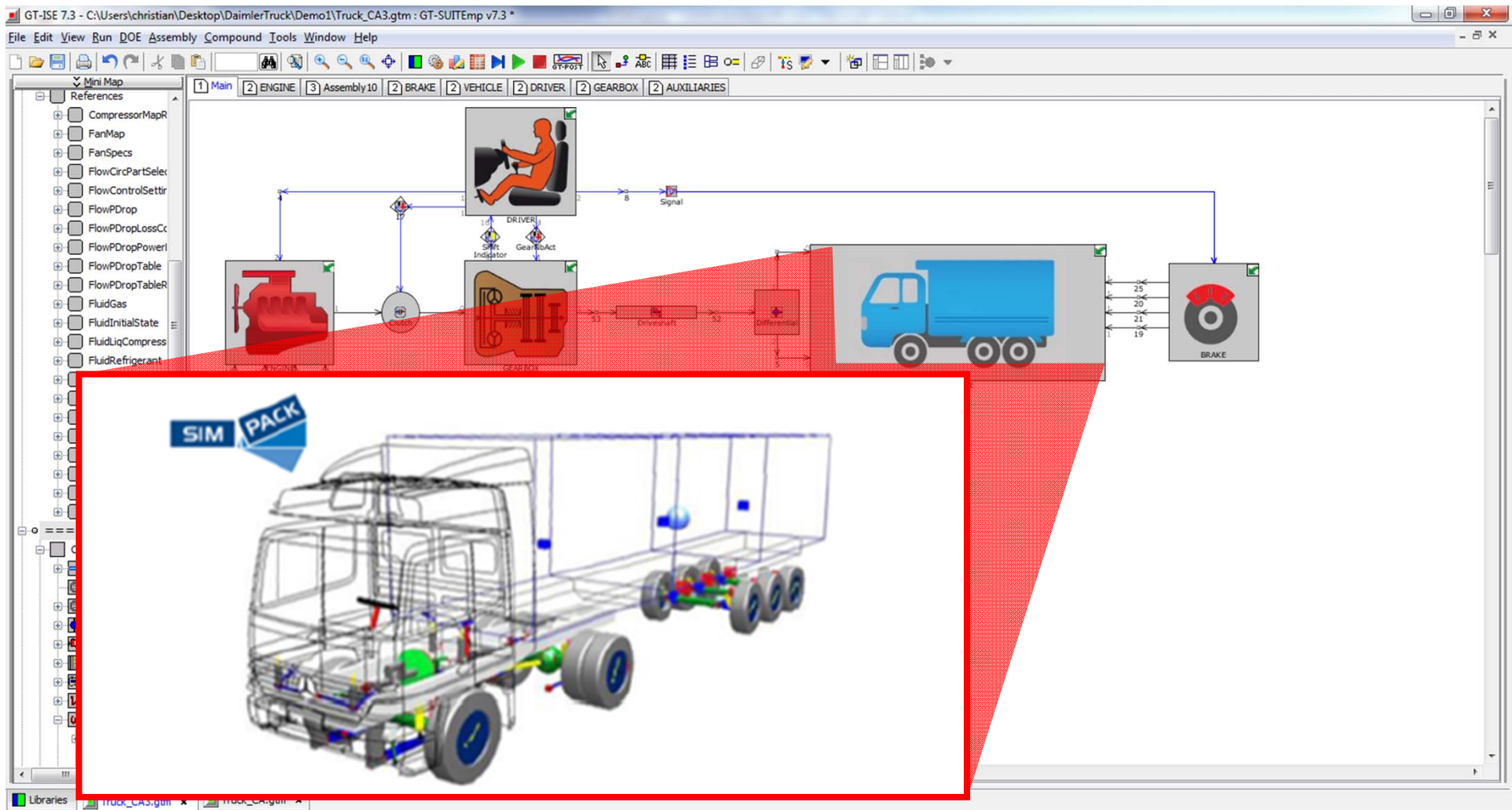
演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 车辆: GT – 整体级的车辆模型



演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 整车: 3D整车模型 (Simpack, CarMaker,...)



演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 变速箱: 查值方式

GT-ISE 7.3 - C:\Users\christian\Desktop\DaimlerTruck\Demo1\Truck_CA3.gtm : GT-SUITEmp v7.3 *

File Edit View Run DOE Assembly Compound Tools Window Help

1 Main 2 ENGINE 3 Assembly10 2 BRAKE 2 VEHICLE 2 DRIVER 2 GEARBOX 2 AUXILIARIES

Edit Object: Mercedes_G_281-12

Template: VehTransmission
Object: Mercedes_G_281-12
Comment: Mercedes G 281-12 Powershift, Direct Drive (Actros); (2800Nm)

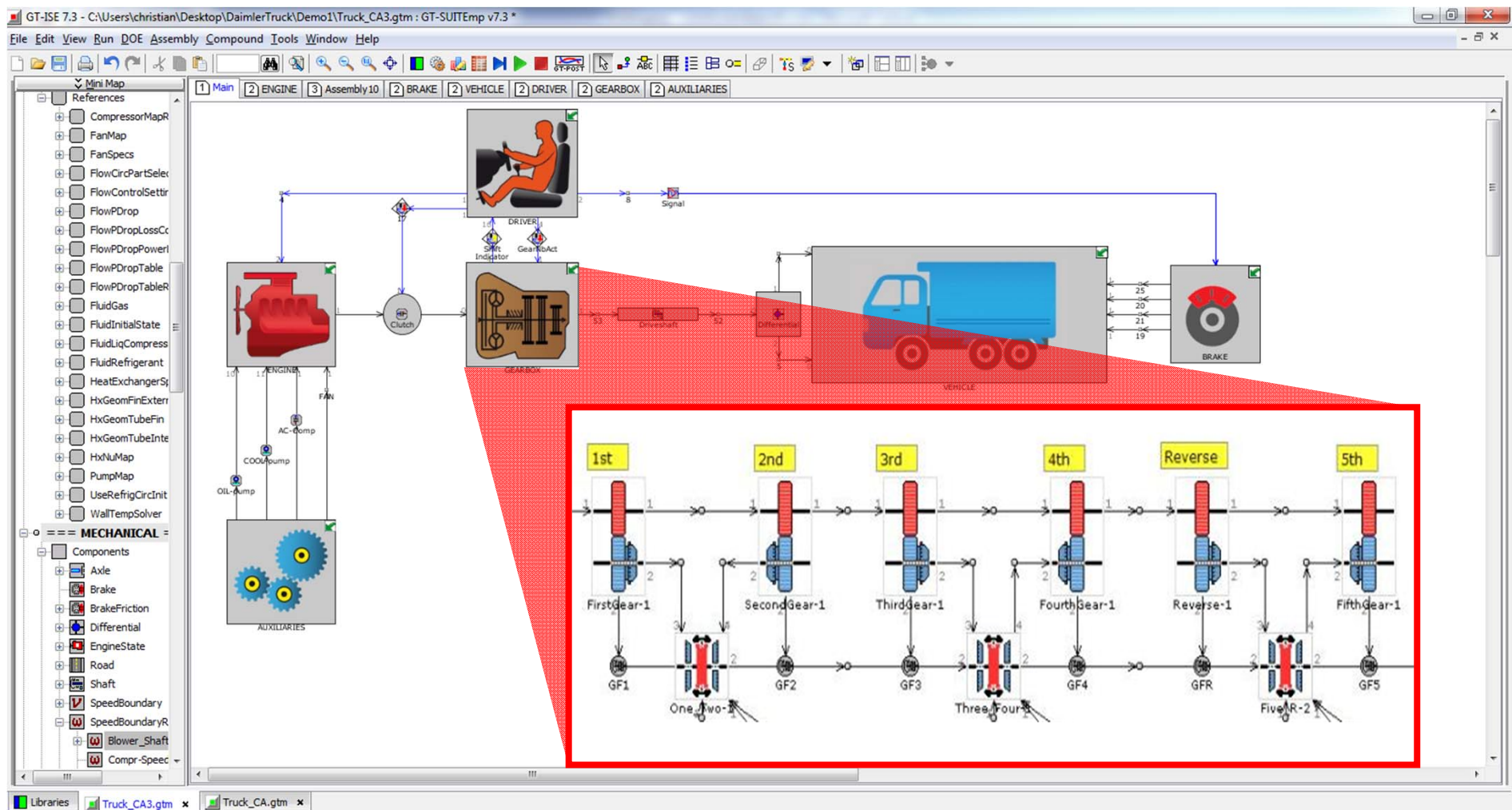
Attribute	Unit	Gear #1	Gear #2	Gear #3	Gear #4	Gear #5	Gear #6	Gear #7	Gear #8	Gear #9
Gear Ratio		14.93	11.64	9.02	7.04	5.64	4.4	3.39	2.65	
Gear Mechanical Efficiency		1	1	1	1	1	1	1	1	
Friction Torque	N-m	ign	ign	ign	ign	ign	ign	ign	ign	
Input Moment of Inertia	kg-m^2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Output Moment of Inertia	kg-m^2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Gear Ratio Transition Time	sec	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Gear Ratio Transition Up		def	def	def	def	def	def	def	def	
Gear Ratio Transition Down		def	def	def	def	def	def	def	def	
Clutch Shifting Torque Fraction		def	def	def	def	def	def	def	def	
Dissipated Fraction of Upshifting Energy		def	def	def	def	def	def	def	def	
Gear Input Torque Limit	N-m	ign	ign	ign	ign	ign	ign	ign	ign	

Forward Gear Neutral Gear Reverse Gear

OK Cancel Apply

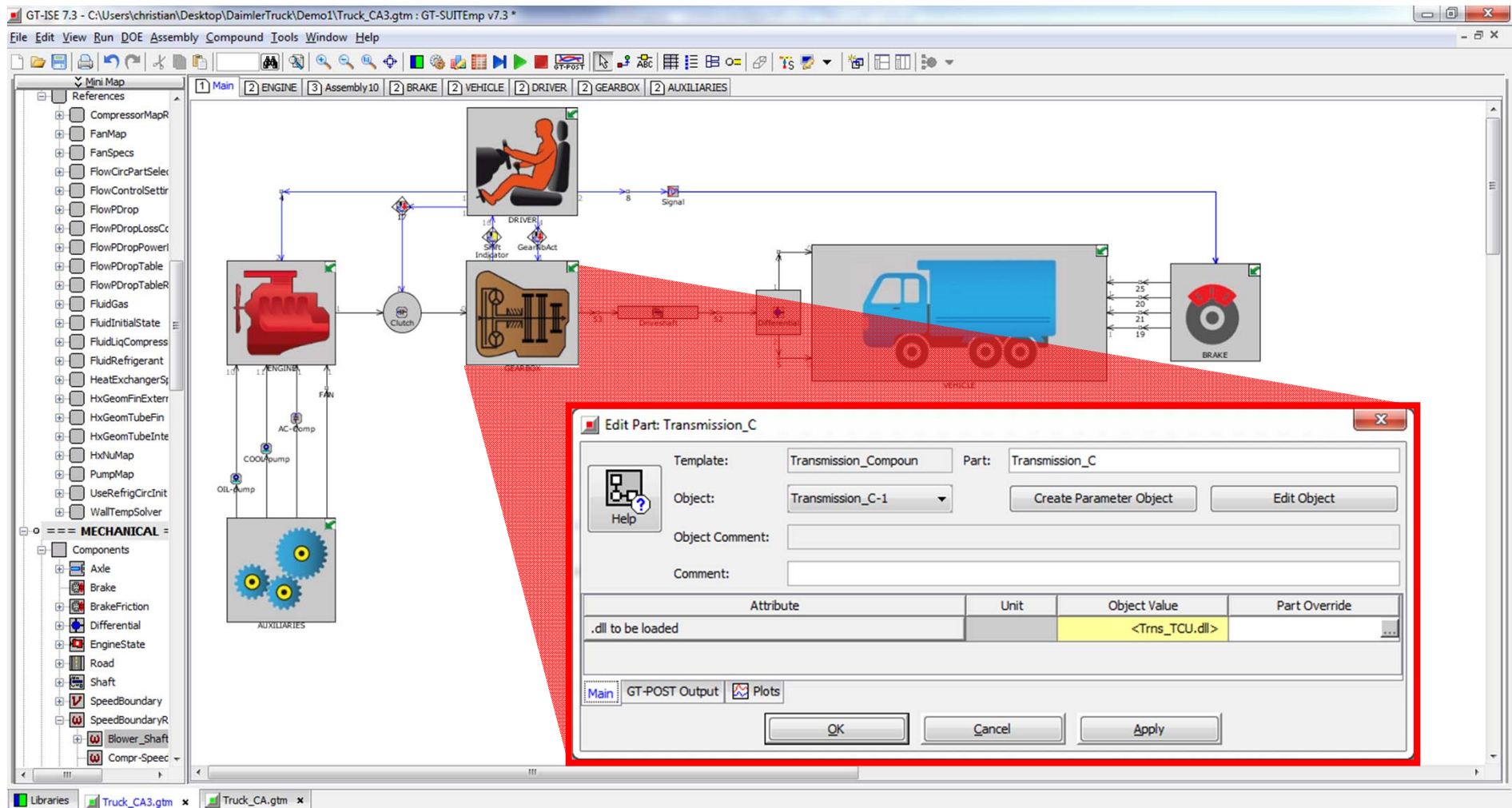
演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 变速箱:物理级模型



演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

- 变速箱: 外部的DLL文件



演示:模型的详细程度可根据客户的需求进行调整

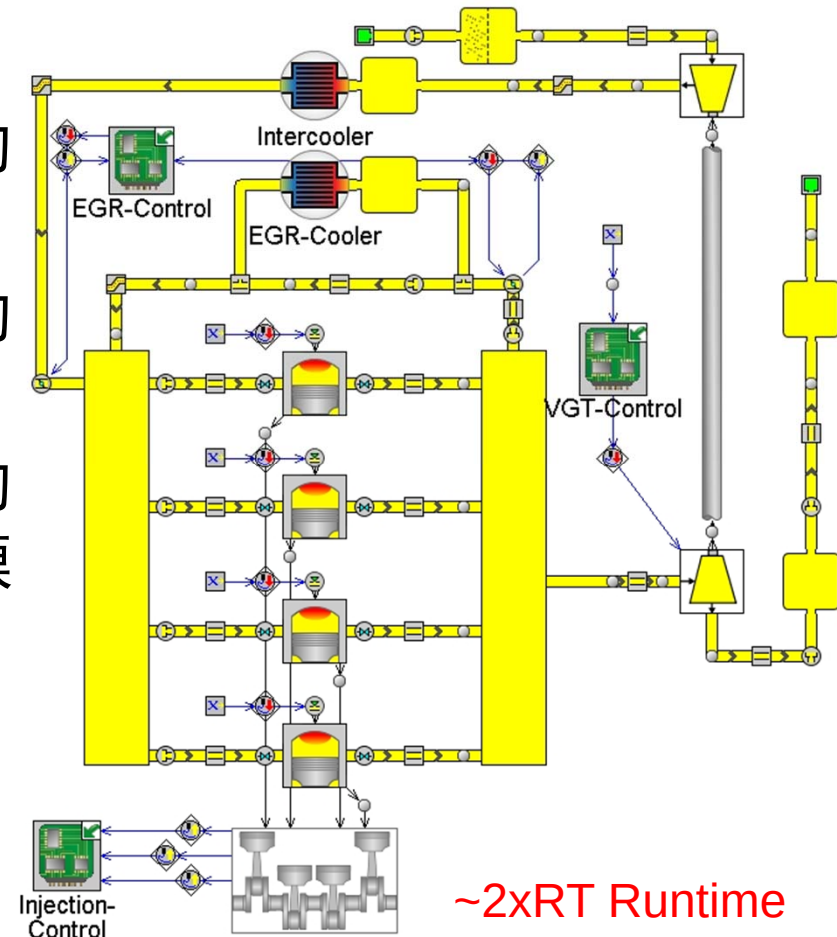
- 发动机:
 - 方程式: 数学公式
 - 图表模式
 - FRM / MV
 - 详细模型
- 整车:
 - Longitudinal
 - TruckMaker
 - Simpack
- 乘员舱
 - Lump Volume
 - COOL3D
 - 3D-CFD
- 变速箱:
 - NVH, 详细
 - 简化的查表方式
 - DLL or FMU
- 尾气后处理
 - Detailed
 - RT level
- 制动系统
 - Look-up
 - Hydraulic
- 机舱热管理
 - 1D
 - COOL3D

内容

- 整车能量管理面临的问题
- GT-SUITE整体解决方案
- 高精度的子系统建模
- 在能量管理中的高度灵活性
- 应用案例
-

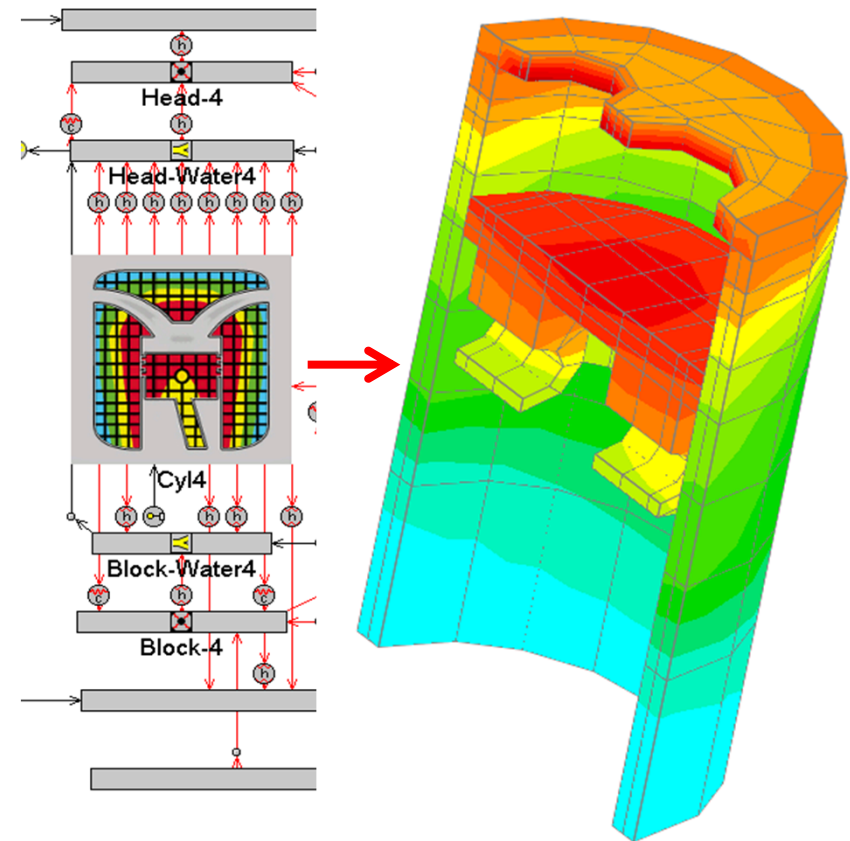
GT-SUITE中的FRM发动机模型

- GT-SUITE提供独特的发动机模型 I: FRM
- 是为长时间的瞬态模拟而设计的模型
- 流程开始于完全具备预测功能的GT-POWER发动机模型
- 流程终止于一个基于物理真实的修正过的、简化的、快速运行模型
- 能完美的解决VEM项目中，发动机的热与扭矩预测问题



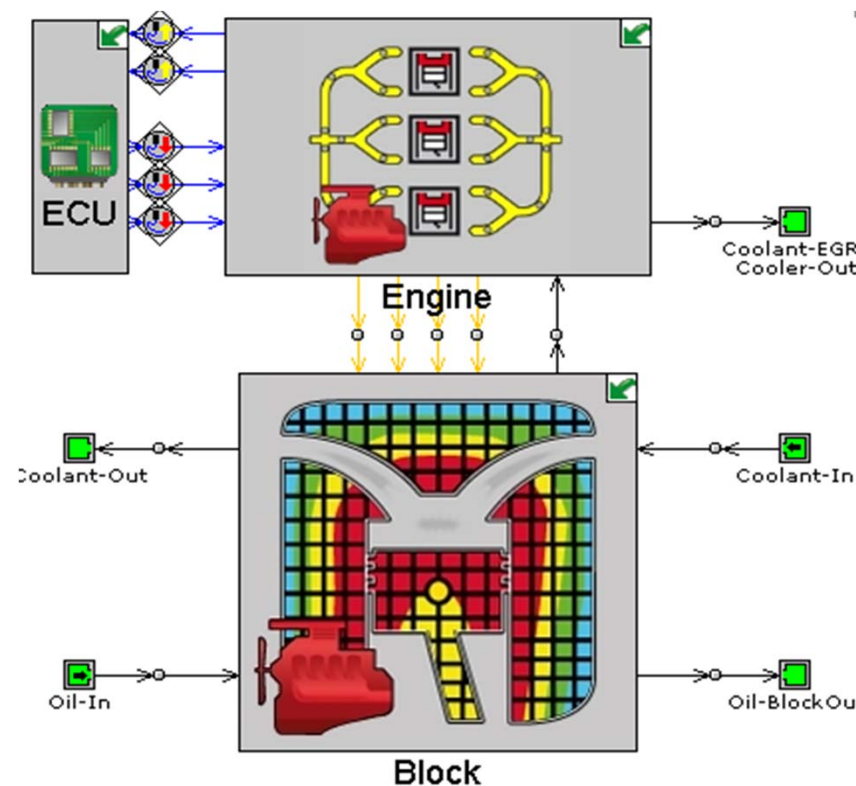
FE 功能的气缸结构

- 关键技术= 参数化的 FE气缸结构
 - 应用于带有冷却液/机油边界条件下的发动机模型
 - 应用于燃烧气体侧边界条件入的冷却系统 (自动的MAP查找方式)
 - 也可以侧用于在发动机+冷却系统耦合模型中，用来模拟结构的相连处



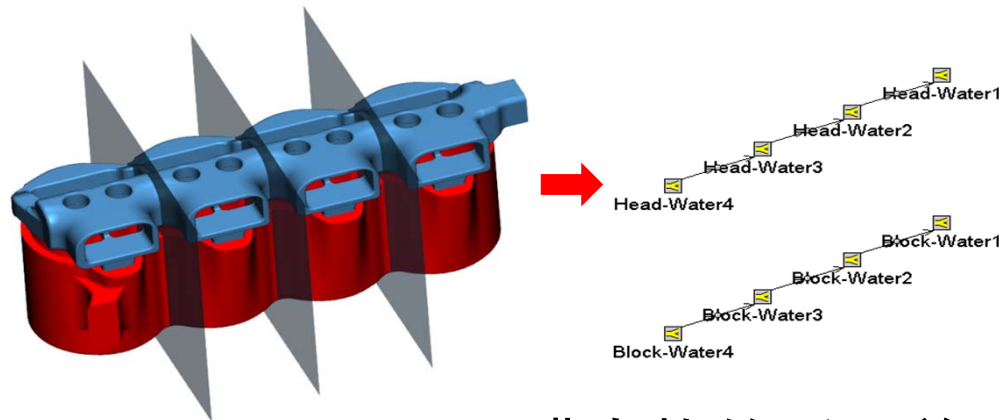
与带有预测功能发动机模型的联合

- 自动查找发动机燃烧室/气道所有的内表面FE结构
- 对于带有预测功能的快速运行的发动机模型，可以生成“插入式”发动机热分布模型 (FRM Engine)
- 可以考虑所有的相关联效应：
 - 冷启动特性
 - 发动机控制策略
 - 特定的环境条件

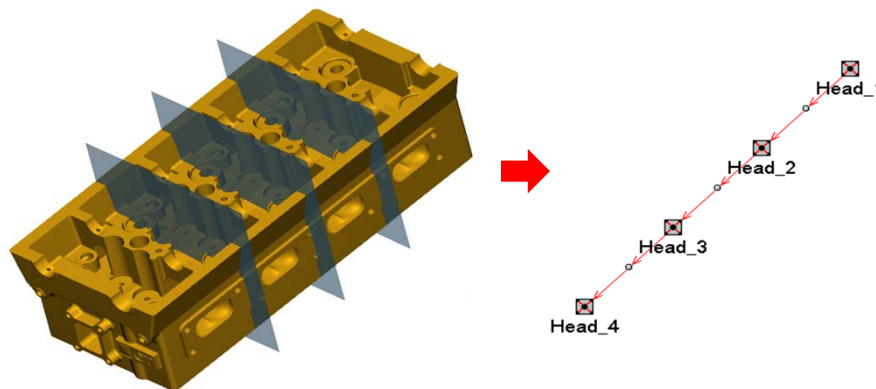


3D 前处理工具

- 整合了3D的前处理工具，与CAD和CAE数据直接相连接
- GEM3D转换3D CAD几何数模为容积来表示水套

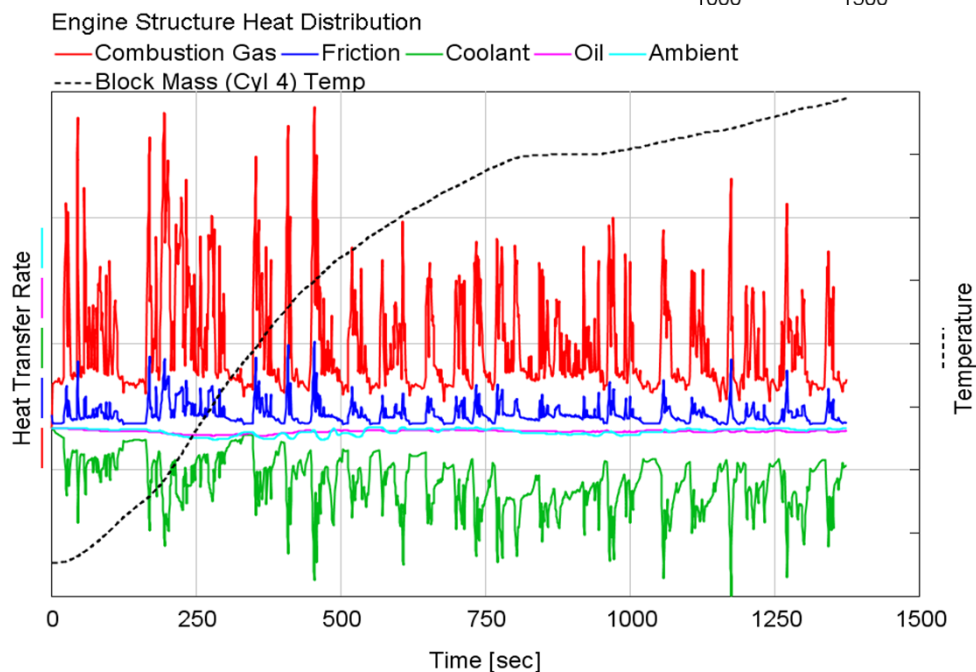
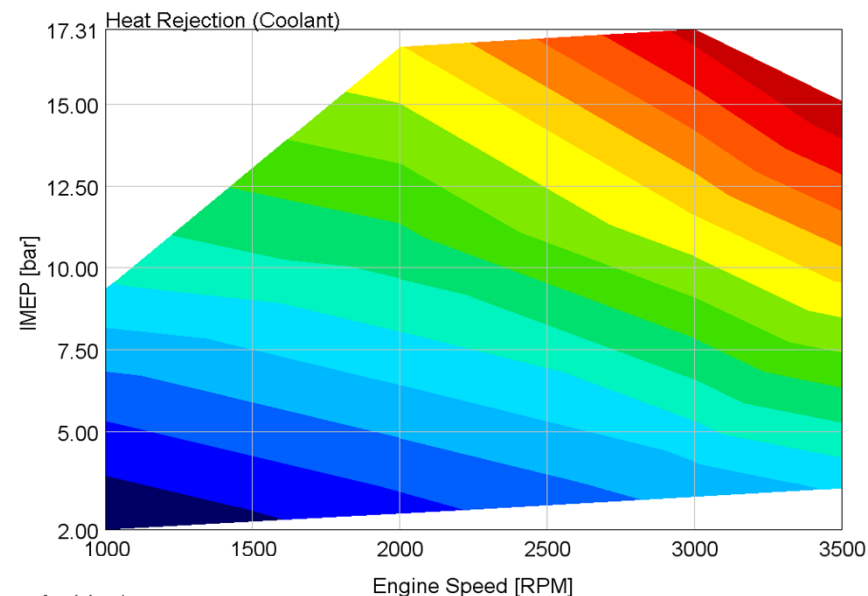


- GEM3D转化3D CAD几何数模为热的质量单元



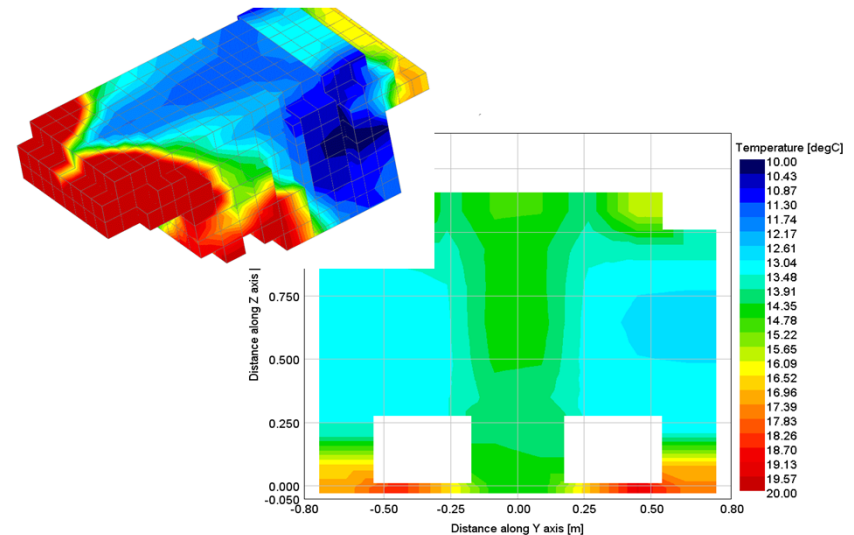
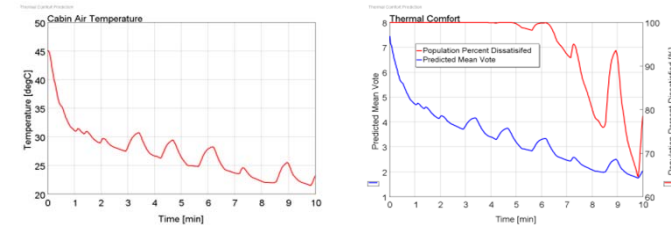
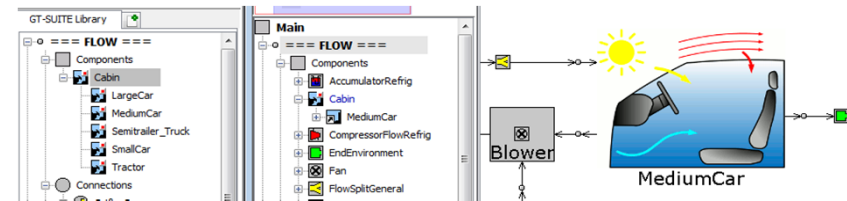
发动机散热量模型

- 在没有测量数据的情况下，预测稳态的散热量
- 在整车级瞬态分析(热车)



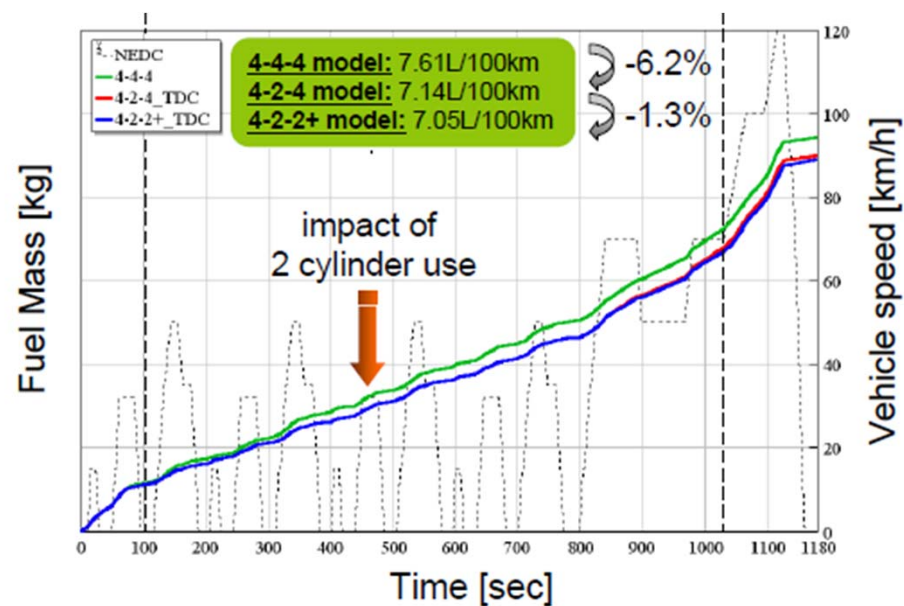
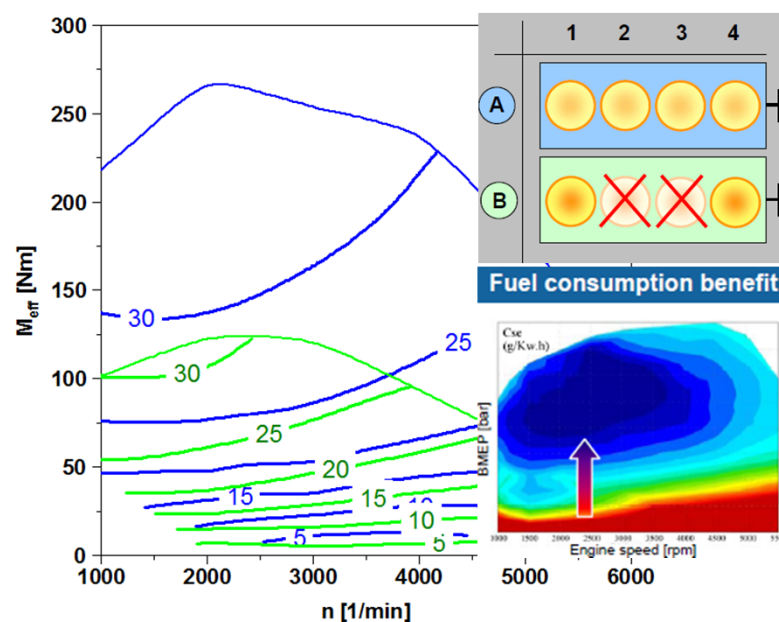
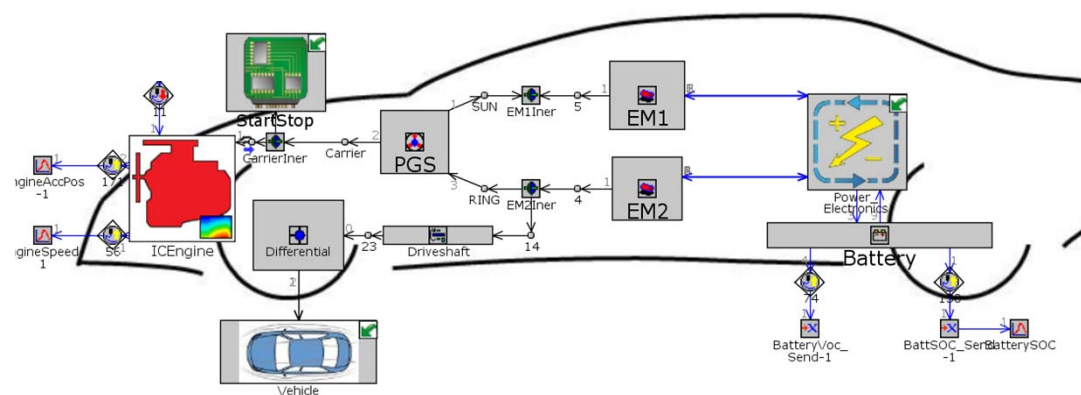
乘员舱/通风回路模拟

- 1D乘员舱系统级的分析
 - 根据普通的汽车类型，预先建立对应的数据库 (car, tractor, etc.)
 - 建立热舒适性模型
- 详细的、离散后的乘员舱模型，可得空间的分析结果 (COOL3D)
- 与CFD软件耦合分析 (i.e. STAR, OpenFOAM, etc.)



降消耗策略

- 预测整车油耗
 - 断缸
 - 断油
 - 巡航
 - 起-停
 - 混合动力
 - 换档策略优化



内容

- 整车能量管理面临的问题
- GT-SUITE整体解决方案
- 高精度的子系统建模
- 在能量管理中的高度灵活性
- 应用案例
-

整车能量管理的适用特征

- GT-SUITE具有多种独特特征可用效的用于整车的管理研究
- 独特的“回路”求解方法，在求解多回路复杂物理的子模型过程中有效提高CPU的运行时间
- 应用于模型和能量管理 的GUI特性
 - 对于任务管理的参数和超级参数应用
 - 子模型和总成的替换功能
 - 总成模型库，包括 GT公司提供的标定后的模型
 - FRM发动机模型库
 - 车辆数据库
 - 散热器数据库
 - 校核过的锂电池模型

建立子模型

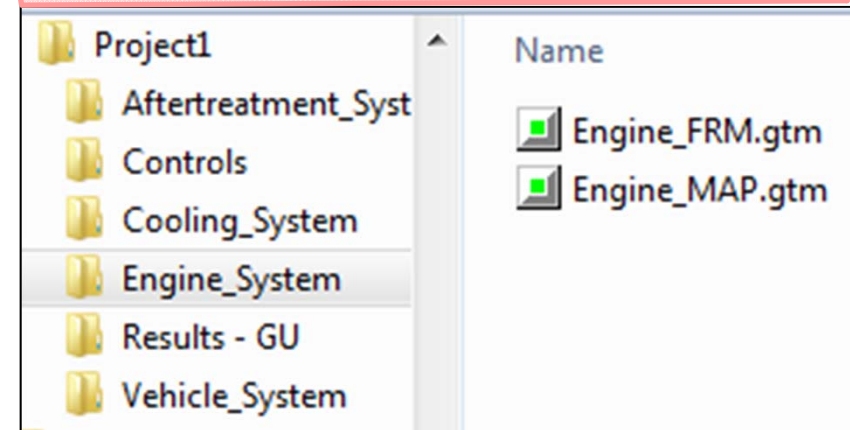
Options

Help Tile 2nd Setup Append Case Insert Case(s) Delete Case(s) Subassembly Parameters Add Parameter(s) Replace Parameter Find Parameter Turn On All Turn Off All (...)

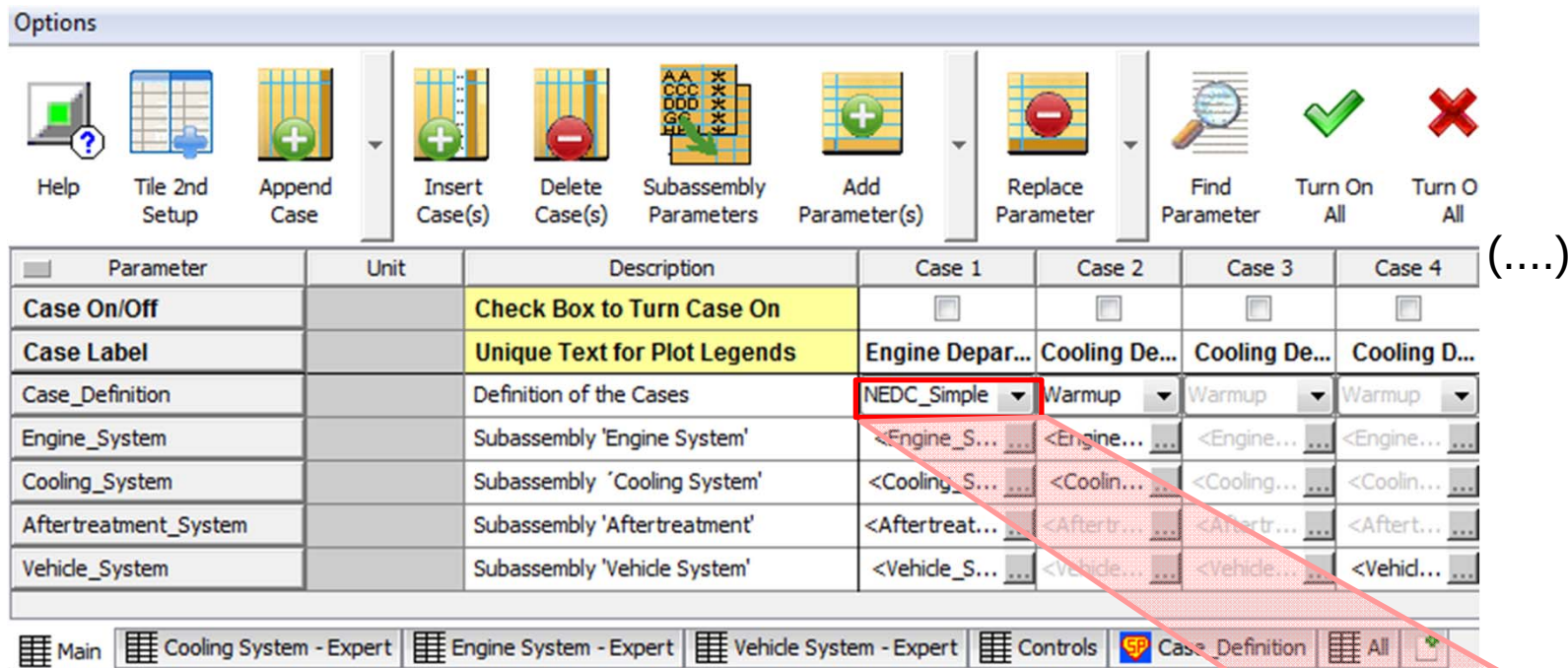
Parameter	Unit	Description	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Case On/Off		Check Box to Turn Case On	☐	☐	☐	☐
Case Label		Unique Text for Plot Legends	Engine Depar...	Cooling De...	Cooling De...	Cooling D...
Case_Definition		Definition of the Cases	NEDC_Simple	Warmup	Warmup	Warmup
Engine_System		Subassembly 'Engine System'	<Engine_S... ...	<Engine... ...	<Engine... ...	<Engine... ...
Cooling_System		Subassembly 'Cooling System'	<Cooling_S... ...	<Coolin... ...	<Cooling... ...	<Coolin... ...
Aftertreatment_System		Subassembly 'Aftertreatment'	<Aftertrat... ...	<Aftertr... ...	<Aftert... ...	<Aftert... ...
Vehicle_System		Subassembly 'Vehicle System'	<Vehide_S... ...	<Vehide... ...	<Vehide... ...	<Vehid... ...

Main Cooling System - Expert Engine System - Expert Vehicle System - Expert Controls Case_Definition All

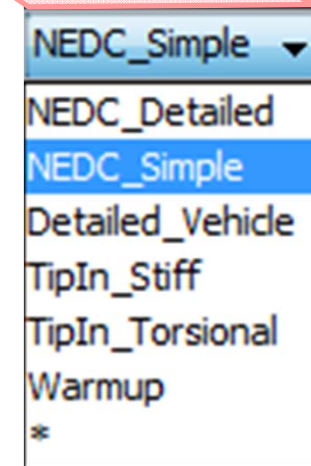
- 子模型之间进行选择
 - 通过Windows Explorer或DB
 - 导航易用



脚本的建立

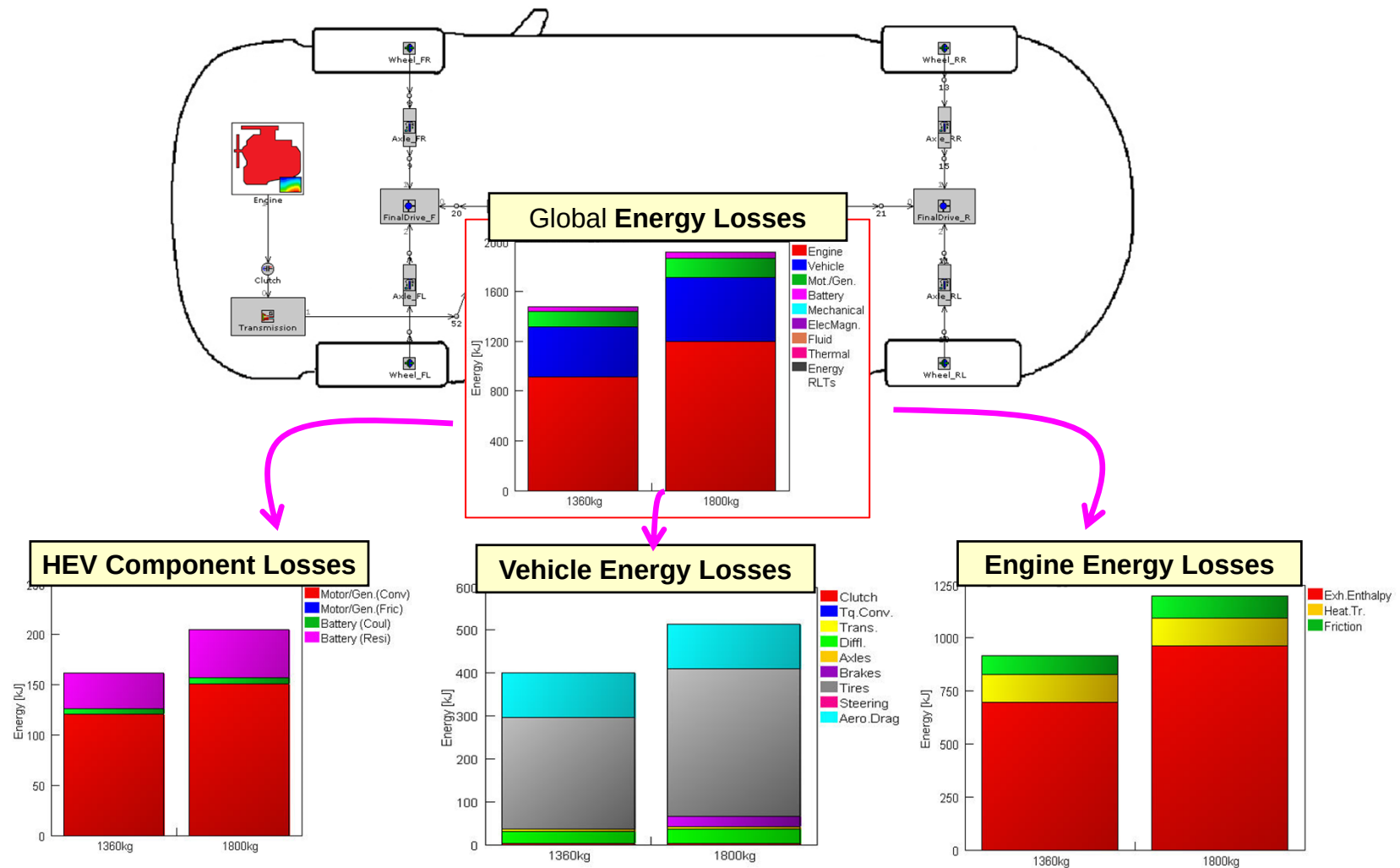


- 通过下拉式菜单进行定制化的脚本
 - 用户可定义自己的下拉式菜单
 - 简化模型建立



可视化的能量流

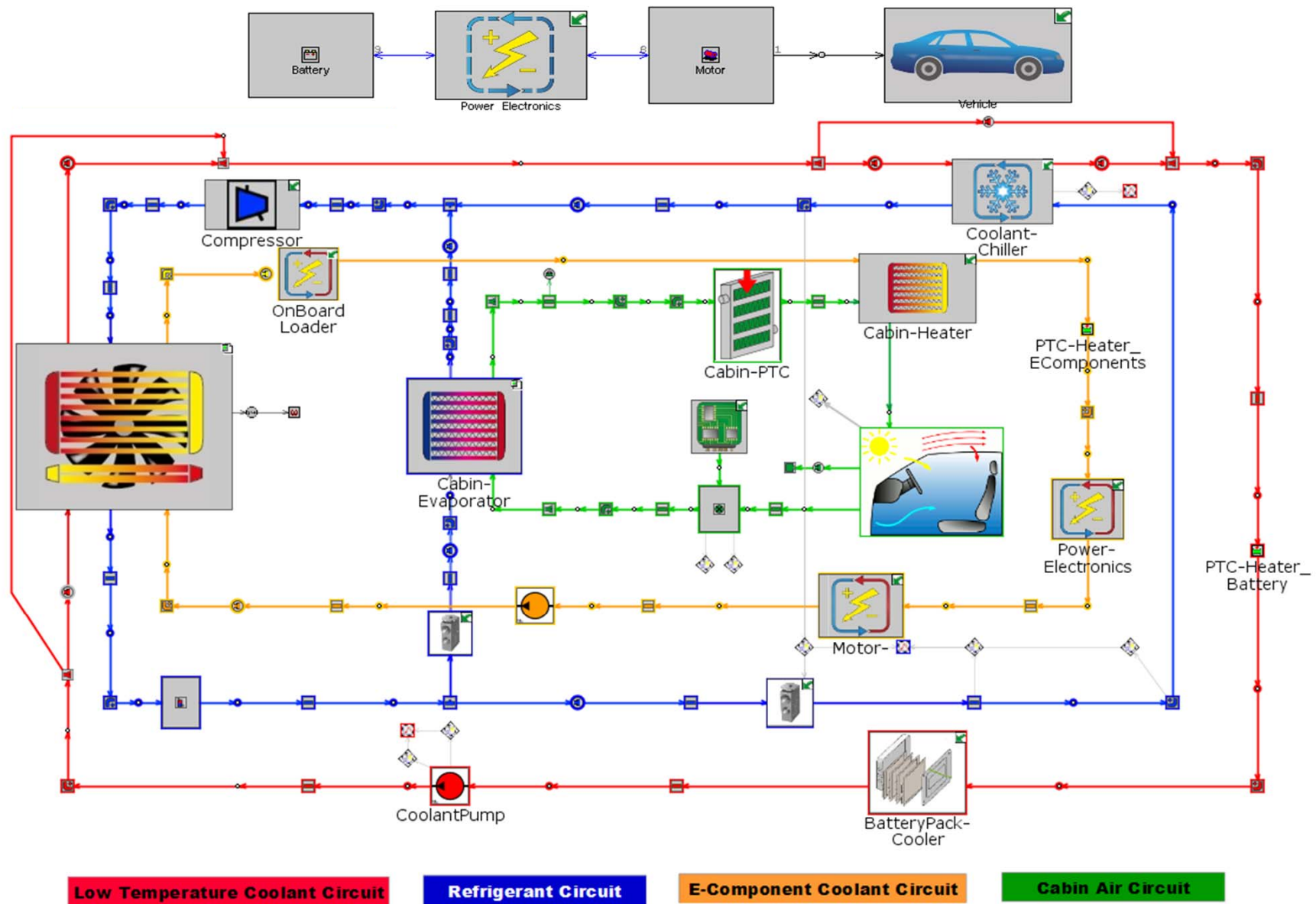
- 能量损失- 全局, 发动机, 整车, HEV部件...



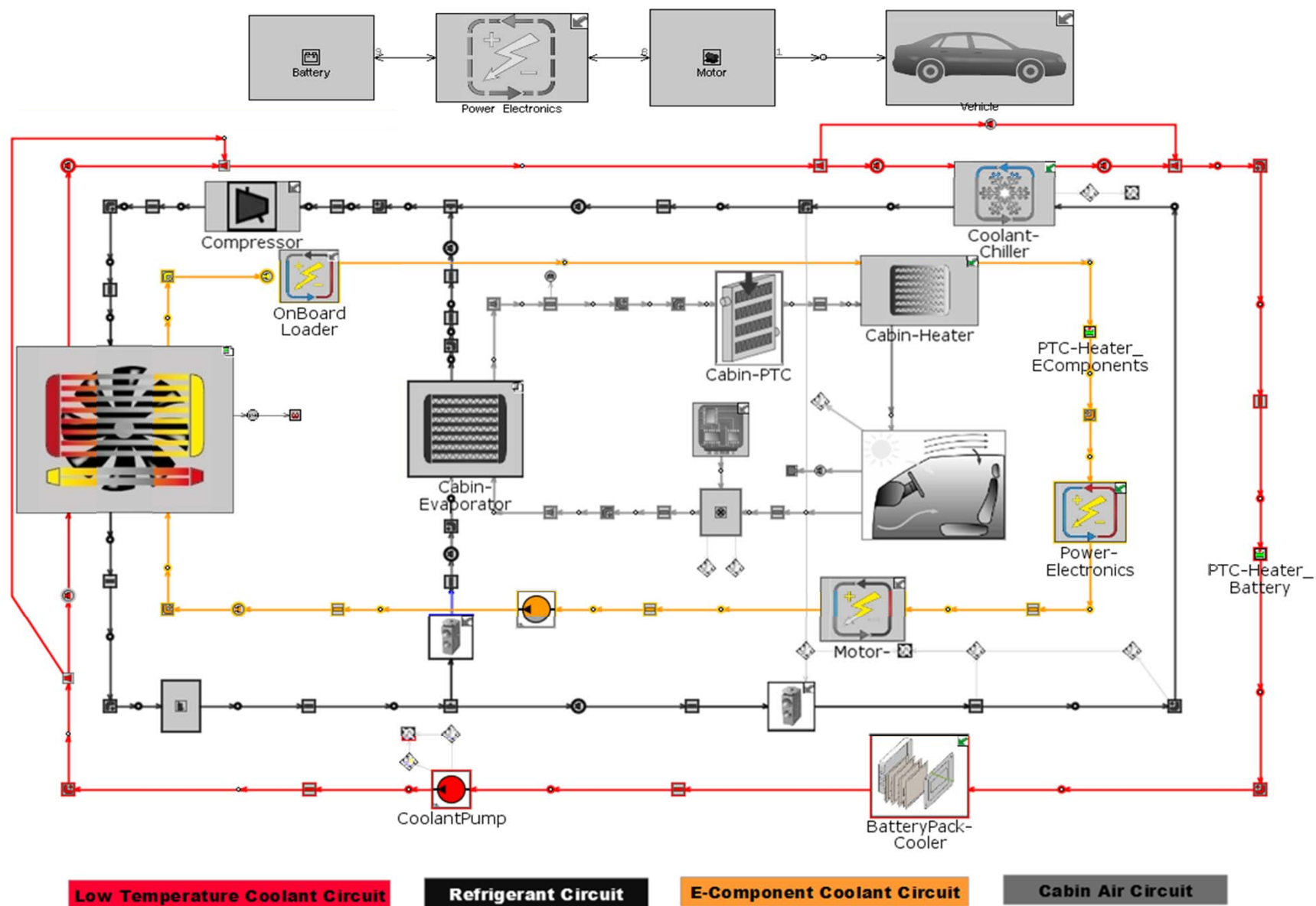
内容

- 整车能量管理面临的问题
- GT-SUITE整体解决方案
- 高精度的子系统建模
- 在能量管理中的高度灵活性
- 应用案例
-

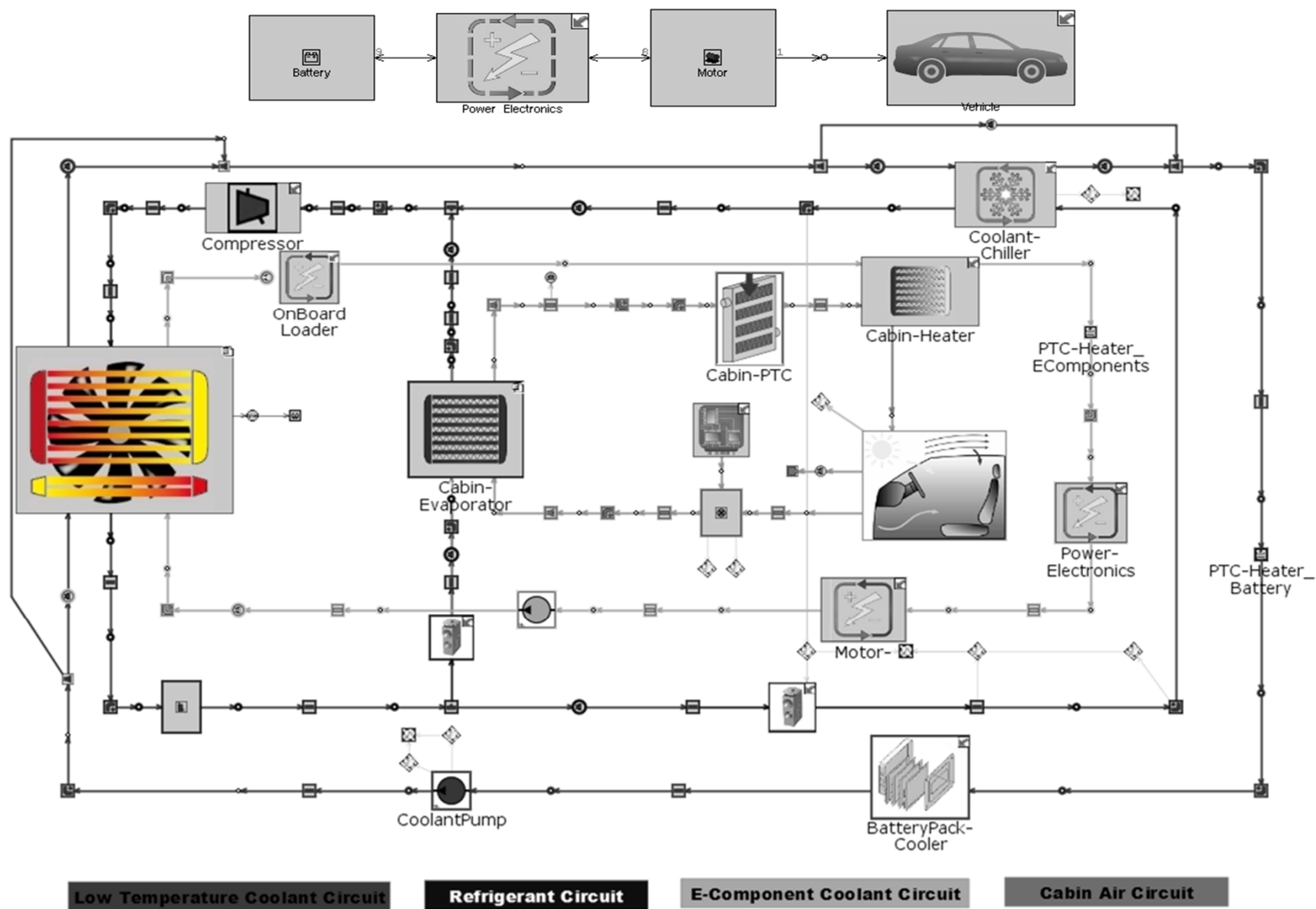
电动车算例



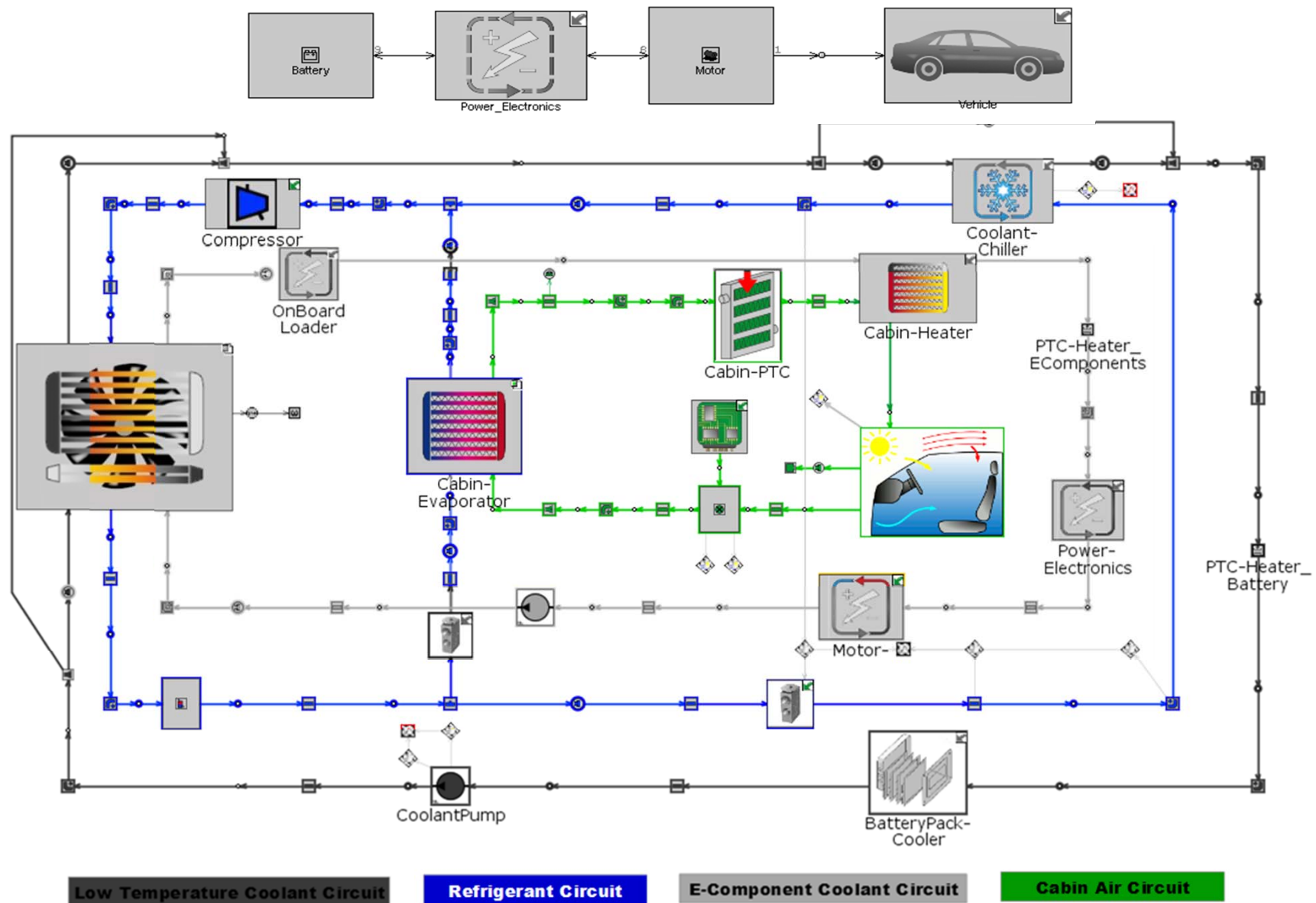
液体回路



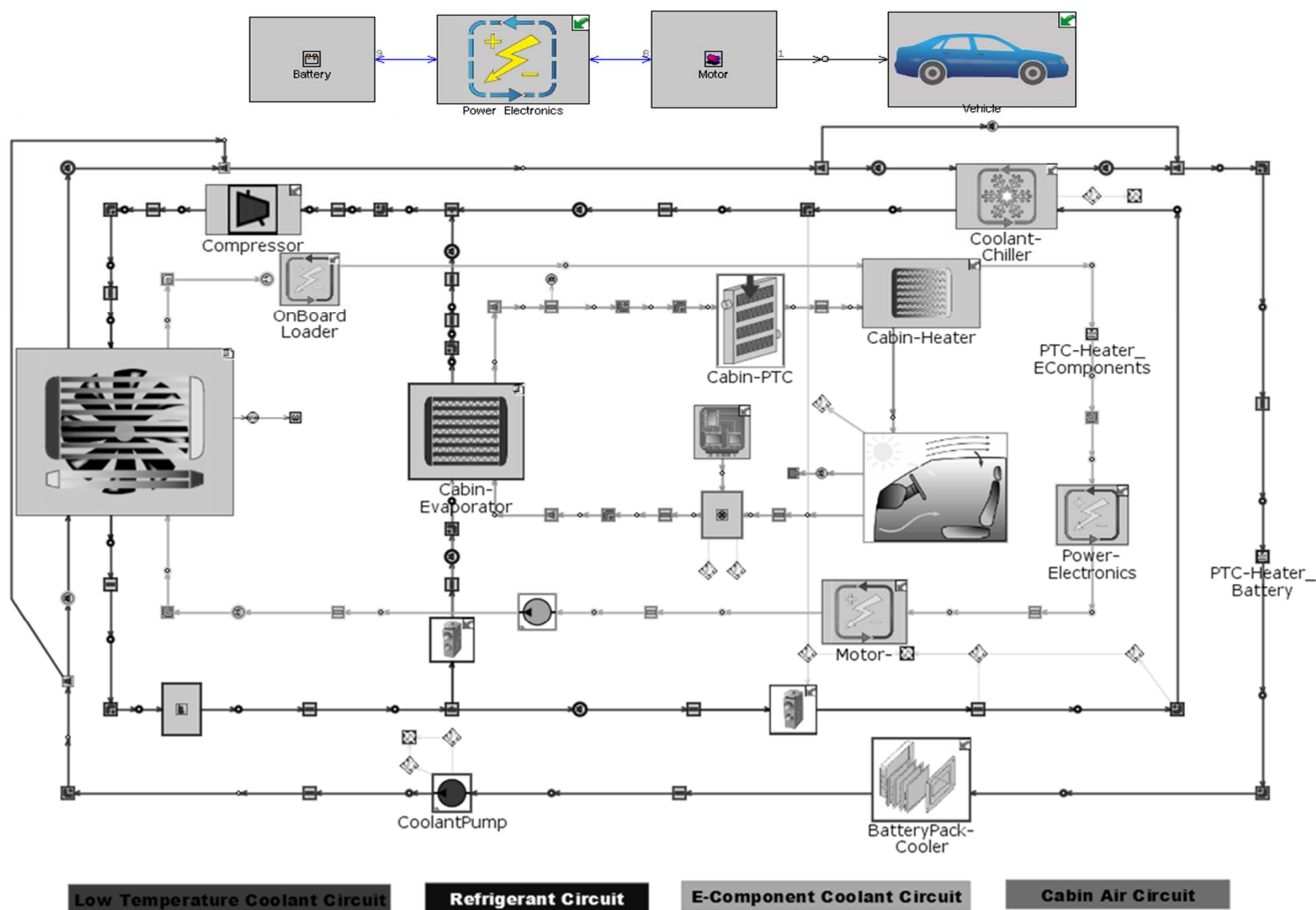
发动机机舱回路



空调系统集成回路



整车 & 电机动力总成

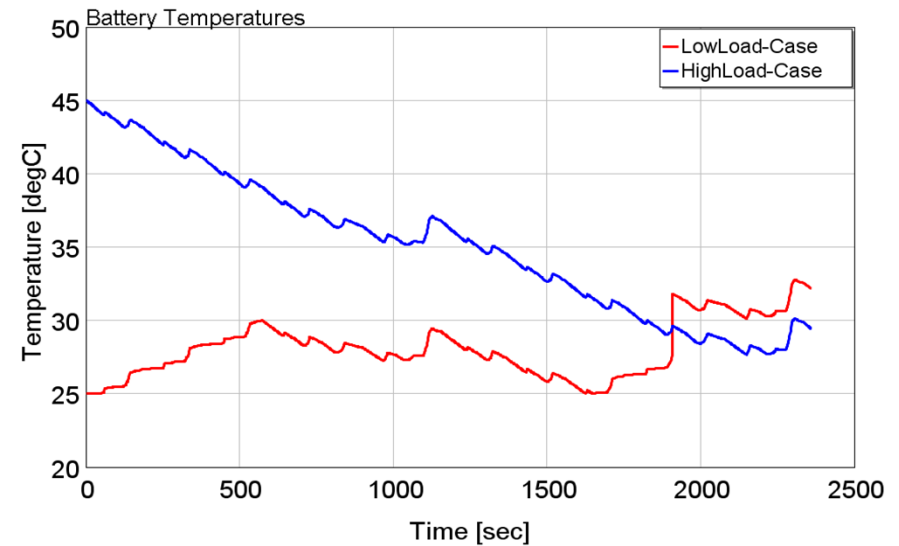
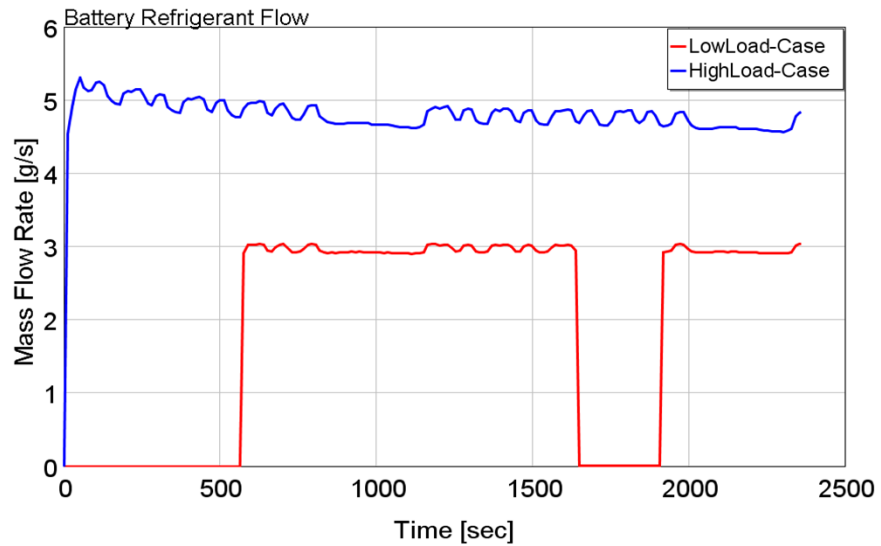


任务设定

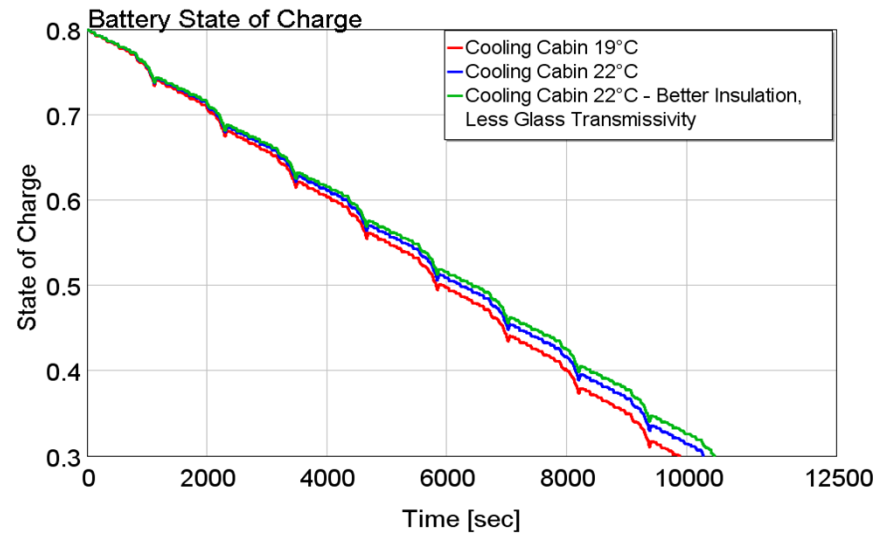
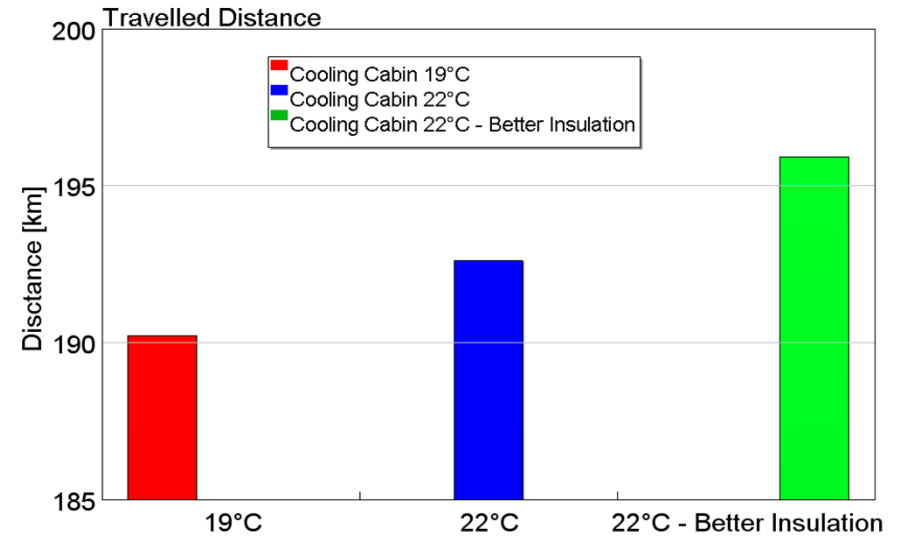
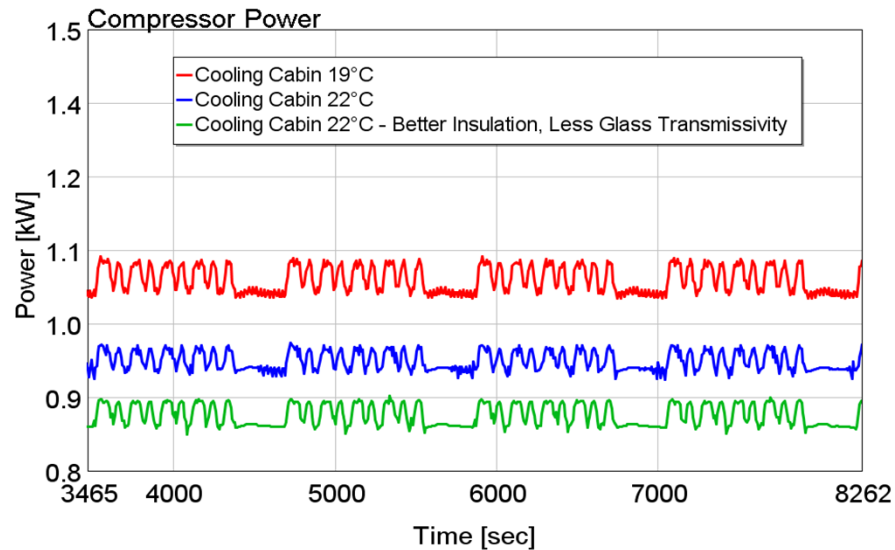
- 边界条件:
 - 重复的运行NEDC循环, 直到蓄电池SOC = 0.3
 - 预调车辆运行条件
 - High Load Case with 45°C soaked condition
 - Low Load Case with 25°C soaked condition
- 研究内容:
 - 目标: 电能范围vs. 乘员舒适性
 - TM -任务: 分析各种乘员舱的隔热的有效性?

结果

- 电池电量的测量

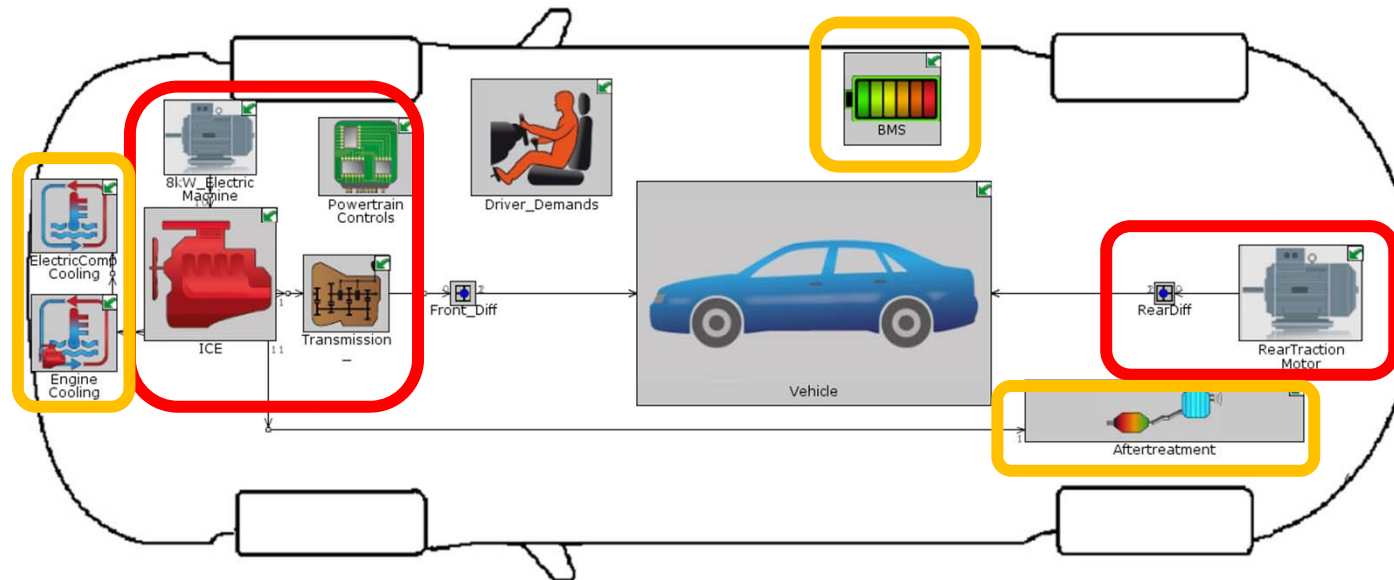


结果



Diesel TTR HEV: 模型示意图

Integrated Diesel Engine TTR Hybrid Vehicle Model



Front Axle:

- 2L Diesel engine (map)
- 6 Speed manual transmission
- 8kW Starter/Generator

Integrated Systems:

- Li-Ion Battery (19Ah)
- Engine and electrical component cooling
- Aftertreatment System

Rear Axle:

- 27 kW Electric Machine

柴油机前后轴耦合式HEV

- 为了陈列多个系统利用了GT-SUITE进行模拟,通过以下的几个特定的系统的建立,一个混合动力的模型建立起来了:

- 2L Diesel Engine (map-based)
- 6 speed automated manual Transmission
- 27kW Rear Electric Drive
- 8kW Starter/Generator attached to the engine

- Li-Ion Battery

- Aftertreatment System

- 3 cooling loops
 - Engine
 - Battery
 - Rear Electric Drive

- Thru-the-Road (前后轴耦合式TTR)柴油机混合动力整车模型, 是基于 Peugeot 3008 HYbrid4而建立的

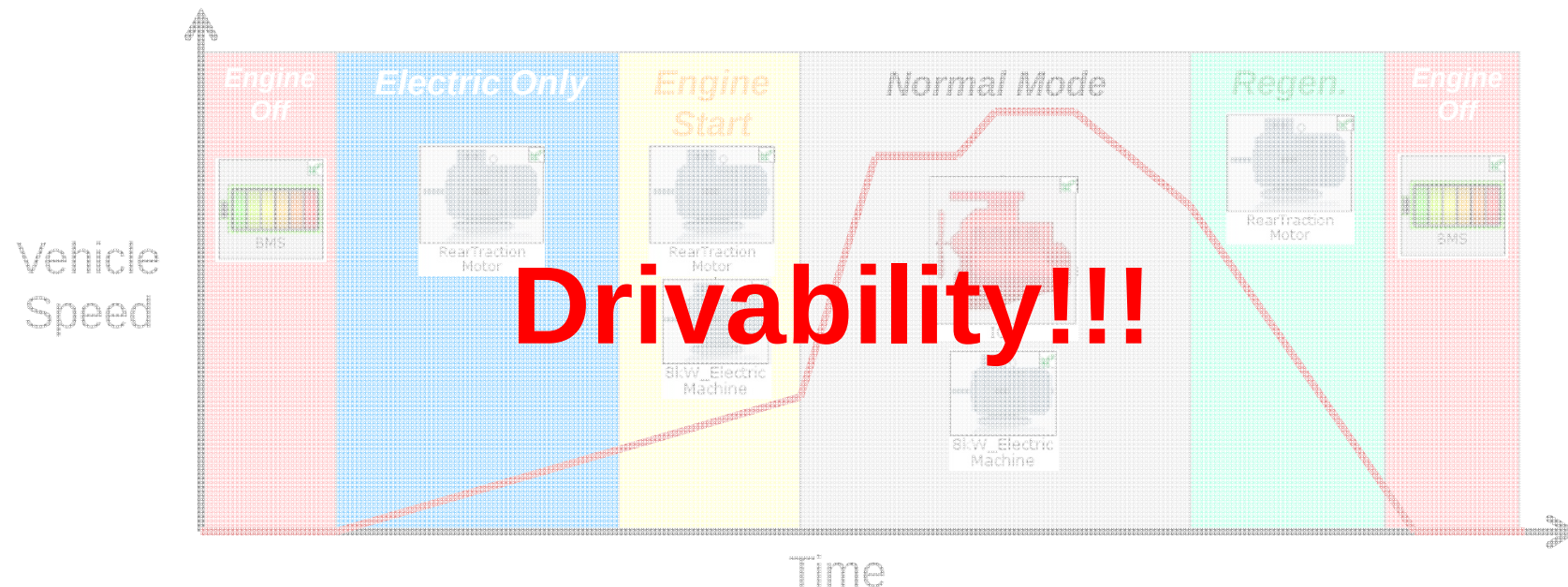


柴油机前后轴耦合式HEV: 多模式运行

多模式的运行工况，提高动力总成的“灵活性”，以保证在各种条件下燃油经济性优化和减少排放物生成：

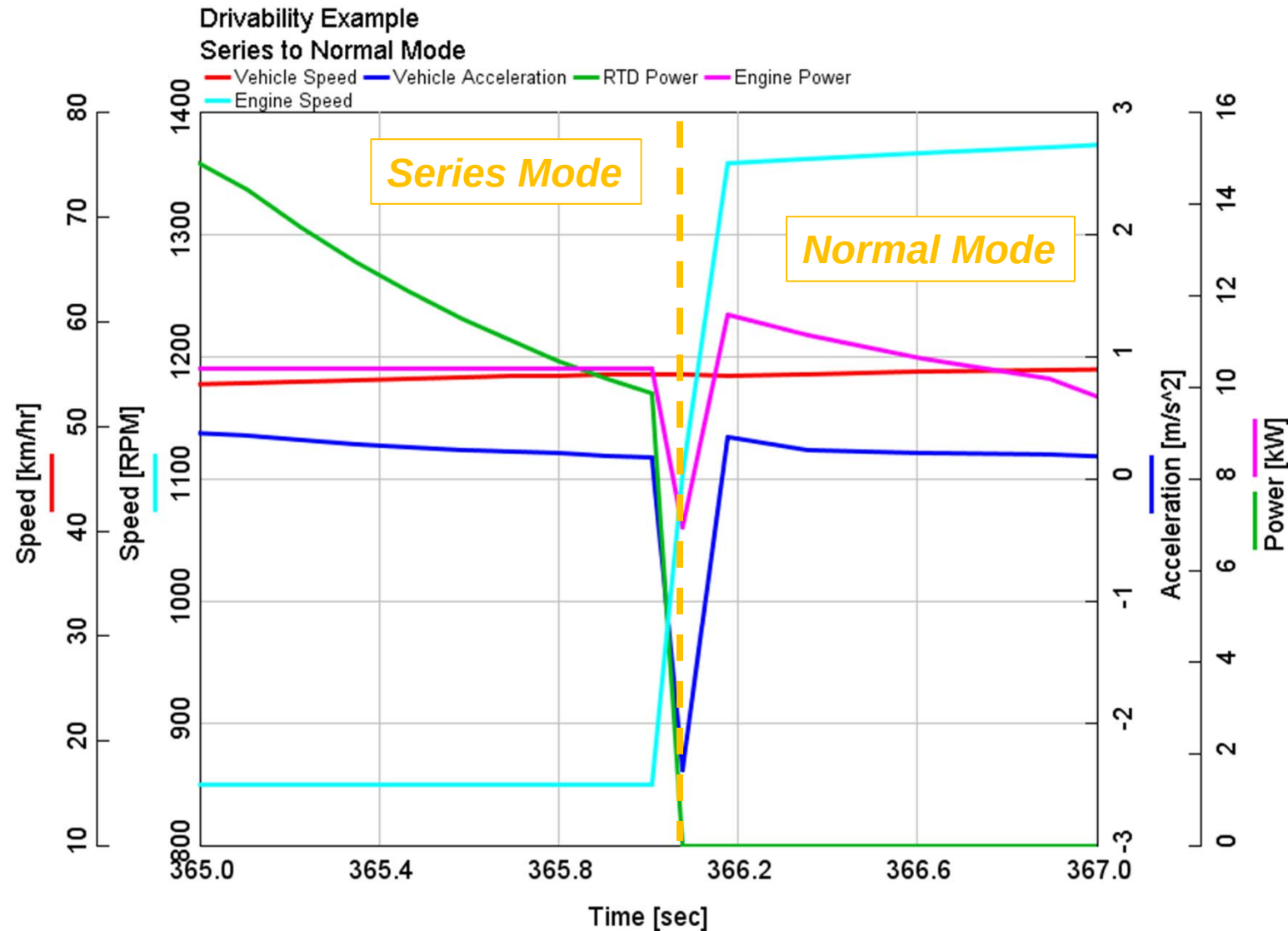
- Electric Only
- Series
 - Engine On
 - Engine Off
- Normal
 - Engine On
 - Engine Off
 - Electric Boost

$$f \left(\begin{matrix} SOC_{min,EV}, SOC_{min,SS}, P_{output,req}, V_{VEH,EV}, \\ V_{VEH,series}, V_{VEH}, RTD_{temp}, \\ ICE_{temp}, Batt_{TEMP}, T_{RTD,max}, \dots \end{matrix} \right)$$



柴油机TTR HEV: 操控性

通过执行器和控制，能平顺的从一种模型转换到另一种模型:



Diesel TTR HEV: 运行对比

在UDDS和HWY循环工况中，在相同的初始SOC状态下，通过额外的执行装置和运行模型提高系统的运行效率：

HYBRID

	UDDS	HWY
mpgge	35.7	24.6
mpgge	29.6	

CONVENTIONAL DIESEL

	UDDS	HWY
mpg	23.9	32.6
mpg	27.2	

....降排放:

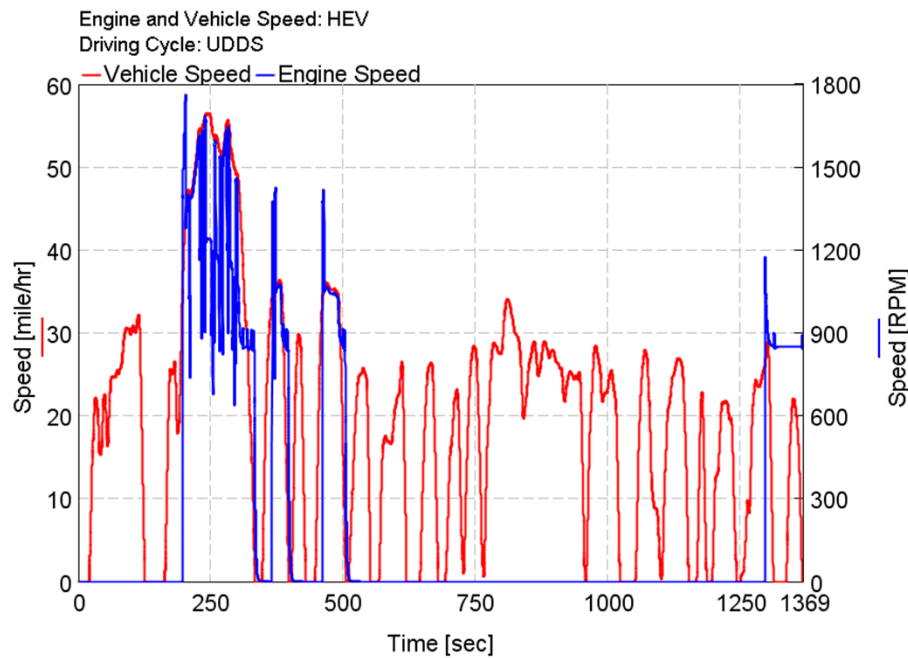
	UDDS	HWY
CO2 (g/mi)	0.024	0.037
NOx (g/mi)	0.066	0.051
HC (g/mi)	0.0045	0.0043
PM (g/mi)	0.00031	0.00051

	UDDS	HWY
CO2 (g/mi)	0.072	0.037
NOx (g/mi)	0.093	0.053
HC (g/mi)	0.05	0.0037
PM (g/mi)	0.0011	0.00049

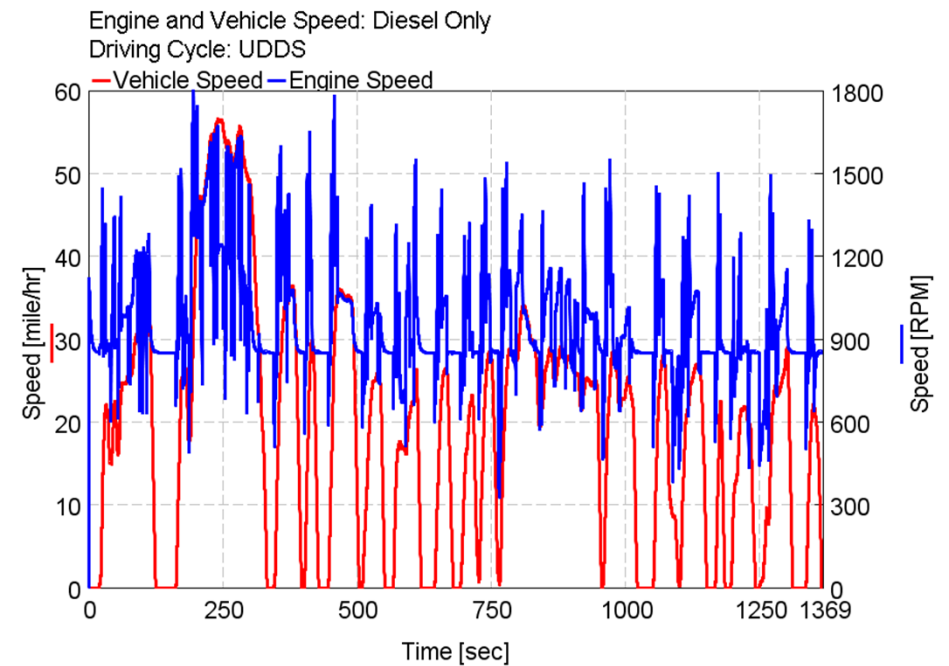
Diesel TTR HEV: 对比

发动机起/停和电动模型导致更高的燃油效率和更低的排放特性:

HYBRID

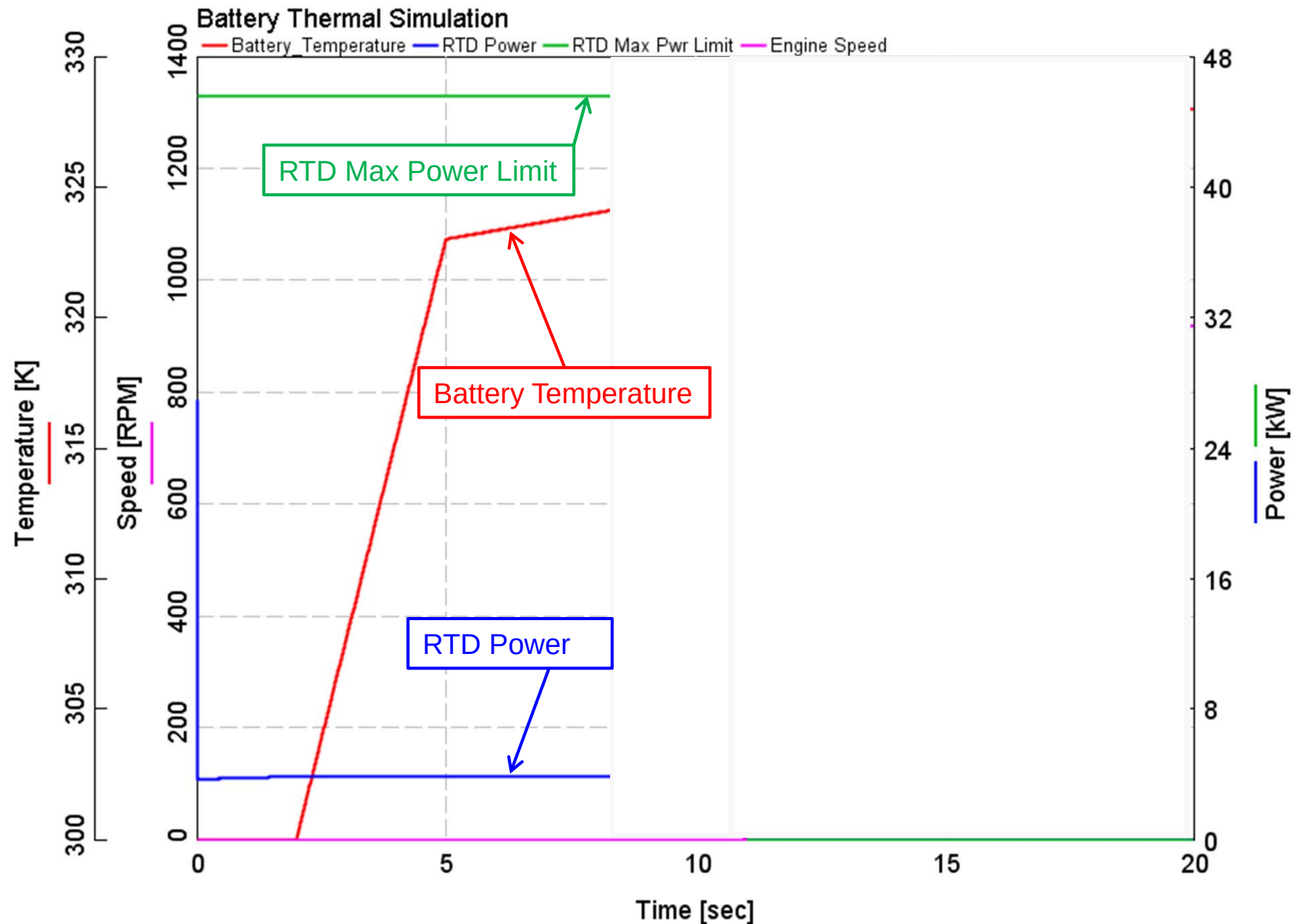


CONVENTIONAL DIESEL

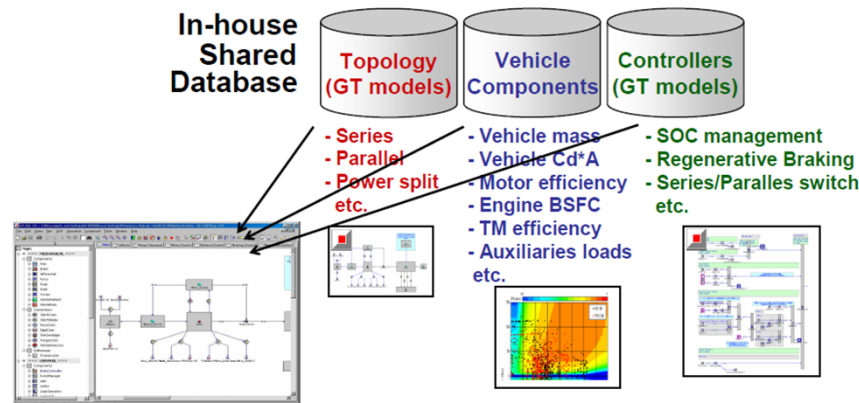
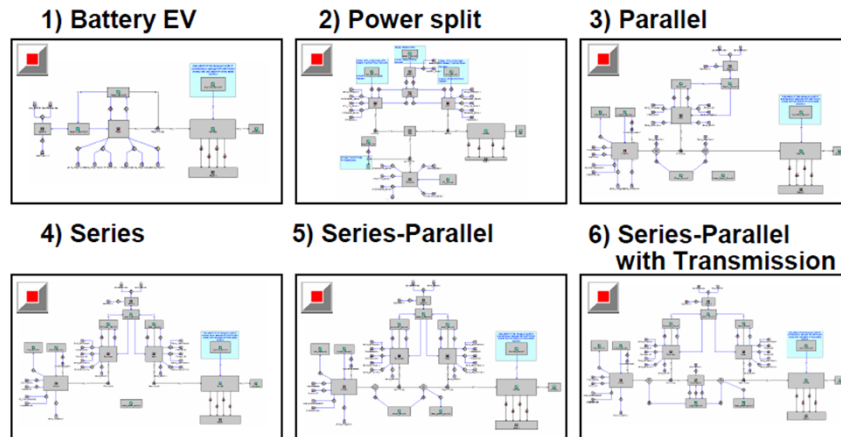


- Notes:
- HEV的初始的SOC是45%
 - 在‘传统的柴油机’ 传真过程中采用更低的整车质量

Diesel TTR HEV: 热结果显示



Hybrid Investigation with GT-SUITE



	Case1	Case2	Case3	Case4
Engine	102kW	95kW	80kW	60kW
Motor	8kW	15kW	30kW	50kW
System total	110kW			
Battery	8kWh			
Topology	Parallel			
Transmission	CVT			

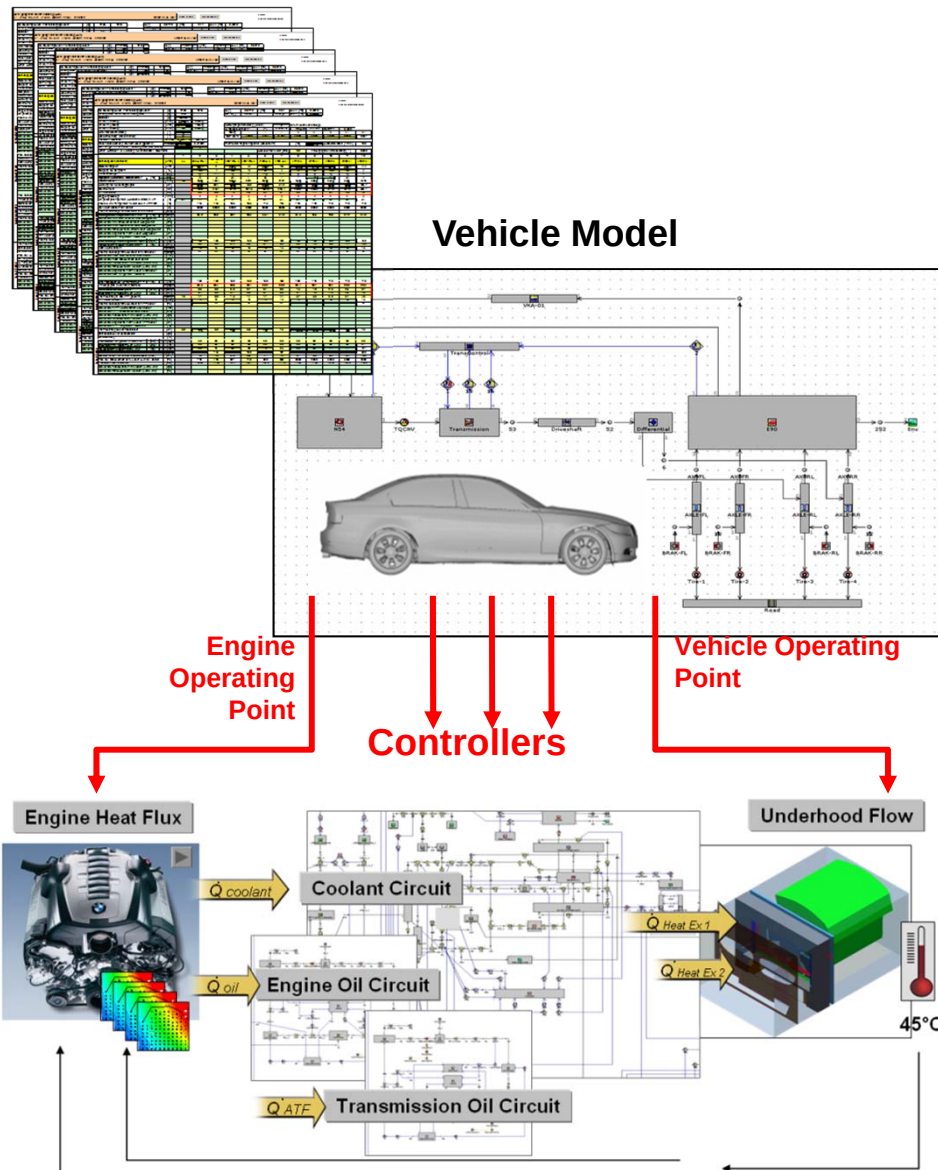
- **OBJECTIVES:** Mild HEV, HEV, P-HEV, RE-EV, EV, there are many new architecture expending the powertrain diversity for different markets ww. It is important to evaluate different topologies.

- **APPROACH:** Building different topologies of FEV in GT-SUITE. Different database exists: Model, Data, Controller. Each database is available to each enginee

- **RESULTS:** Different Analysis can be perform for the same total power, but with different balance between ICE and electric motor. E-motor temperature control in high-load driving.

Ref.: www.gtisoft.com

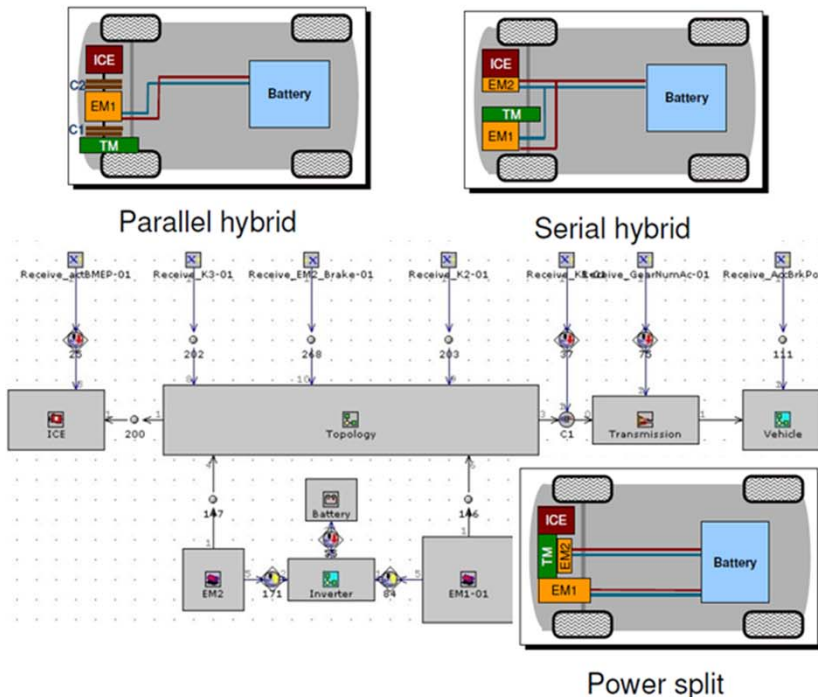
Cooling System Design with GT-SUITE



Ref.: www.gtisoft.com

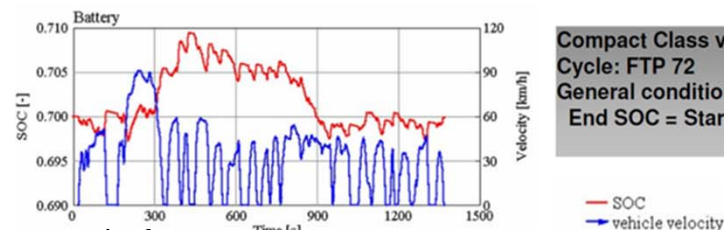
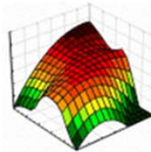
- **OBJECTIVES:** setup an easy way to manage data, control cooling circuit models and calculate operation point of engine & vehicle.
- **APPROACH:** GT-SUITE allows to have in one model not only the complete engine heat flux, cooling & oil circuit and underhood flow, but also easily the vehicle controlling all these subsystem
- **RESULTS:** Baseline Vehicle Configuration and derivatives can be easily define and efficiently manage in mixing gto, subassembly and compounds.

Evaluation and Optimization of HEV



Target magnitudes

- Fuel consumption → Minimum
- State of charge → Initial value



Compact Class vehicle
Cycle: FTP 72
General condition:
End SOC = Start SOC

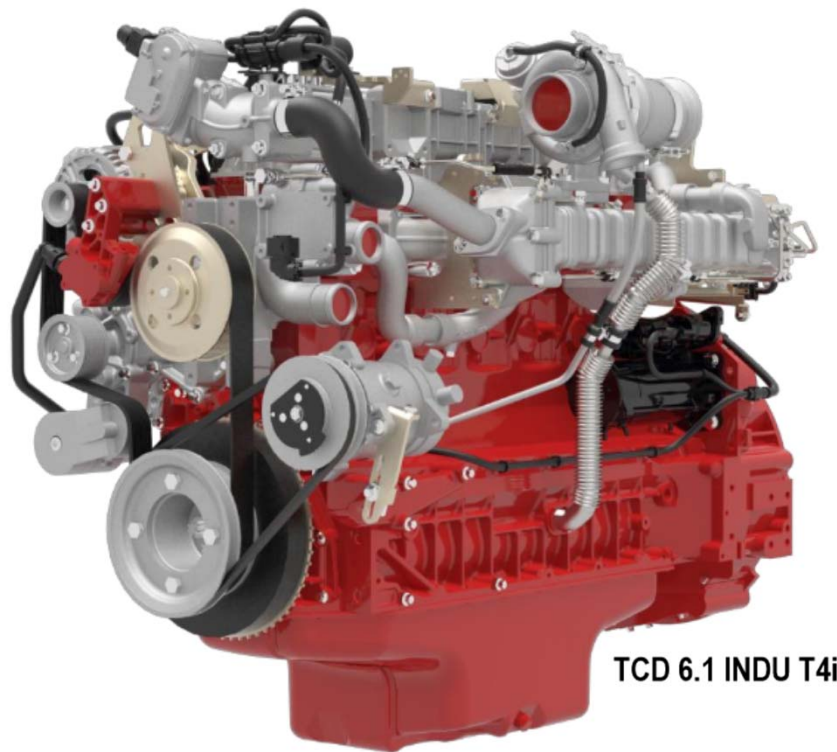
Ref.: www.gtisoft.com

- **OBJECTIVES:** optimize and compare several HEV configurations.
- **APPROACH:** develop a baseline model for each HEV configuration: parallel, hybrid, series hybrid, power split, etc. Parameter optimization for each configuration and comparison
- **RESULTS:** the concept study enabled to define the most desirable HEV configurations for reduced fuel consumption, which was a necessary step before doing thermal management and component design studies.

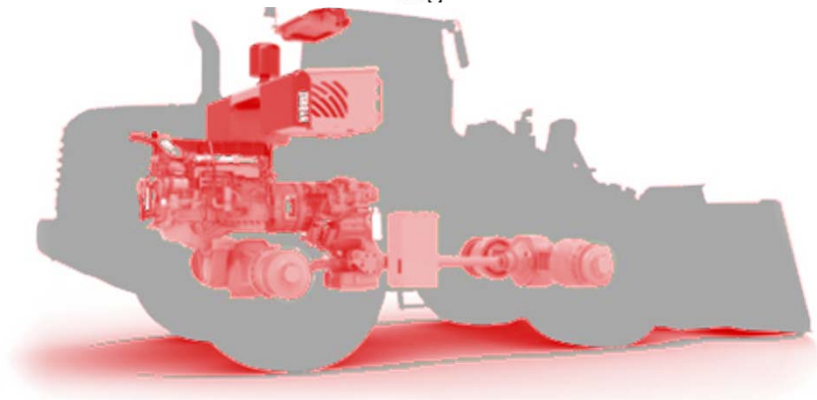
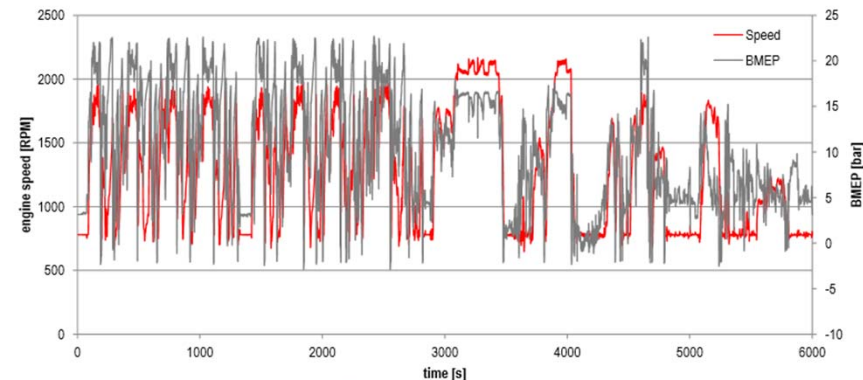
Investigation of coolant circuits



- Closed loop controlled water pump & fan
- Controller input: coolant temperature and material temperature
- Visco-clutch & Fan with blade angle control

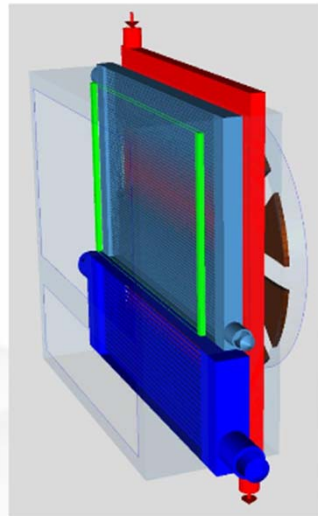
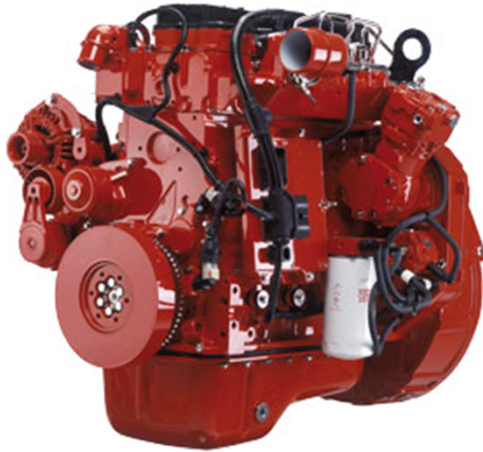


TCD 6.1 INDU T4i

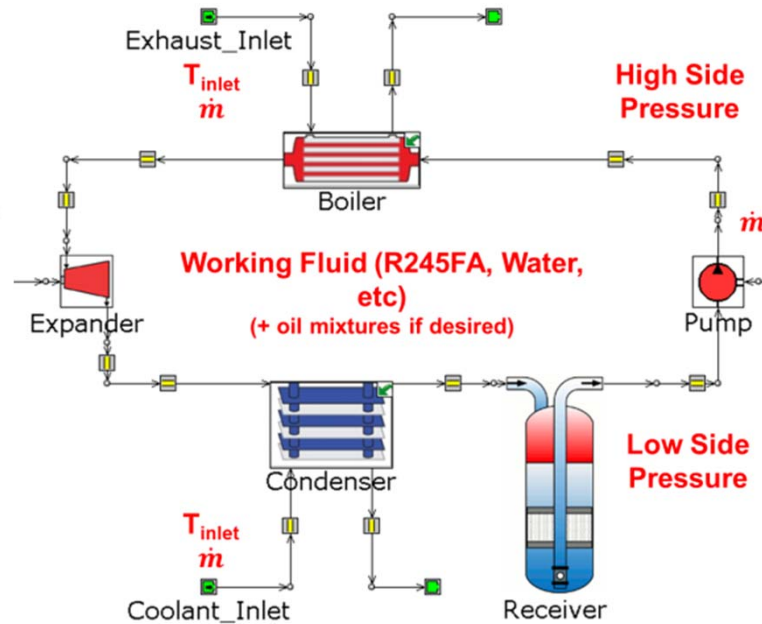


Ref.: www.gtisoft.com

GT-SUITE for Waste Heat Recovery



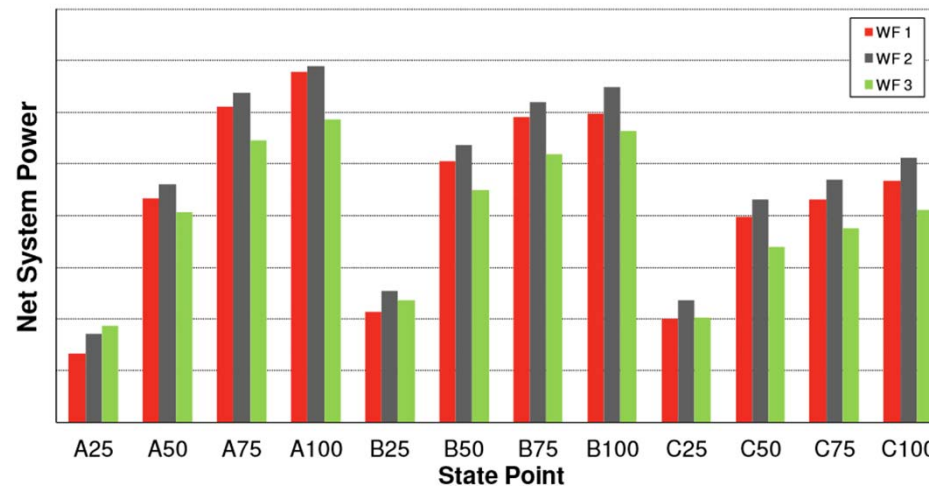
High Temperature Radiator
Medium Temperature Radiator
Charge Air Cooler
AC Condenser



Very Demanding Application in term of modeling.

Analysis:

- System Architecture
- HX configuration
- Working Fluid



Sources:
Thermodynamic Vehicle Integration of a Rankine Waste Heat Recovery System, TheSys, 2012
Steady-State and Transient Simulation of SuperTruck Waste Heat Recovery System in GT-SUITE, Cummins, 2012

Ref.: www.gtisoft.com

结论

- 整车能量管理是一个复杂的课题，同时也需求一个具有相应功能的仿真工具
- GT-SUITE是唯一具有“all-in-one”的整车级的仿真
 - 能足够详细的模拟所有的子系统
 - 实现稳态、瞬态的求解
 - 对于大的系统级模型，也有很好的运行速度
 - 对于新的技术，可以实现虚拟样机和虚拟校核流程
- 平台架构: 一个工具 = 最简化的求解
- GT迅速开发的周期待，持续不断提升的新的特性，对于所用用户为说，对于VEM这样的课题易用性会越来越好。