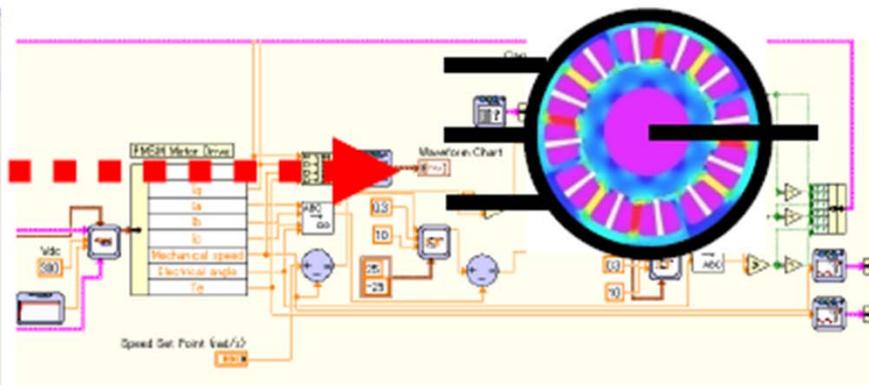
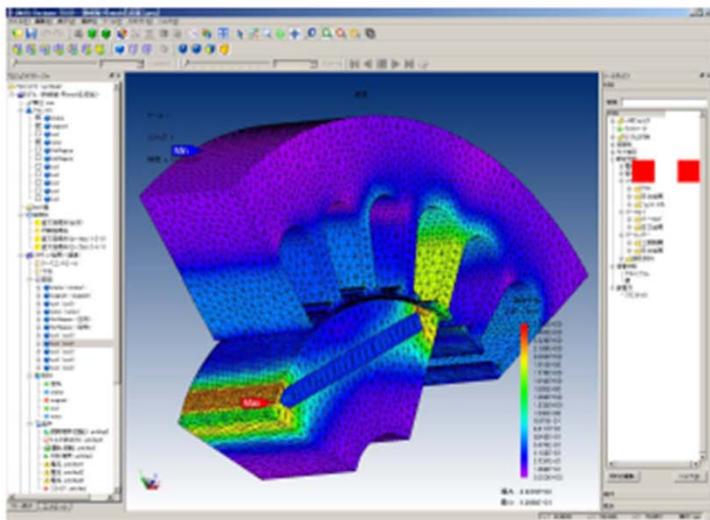


JMAG-RT及实时仿真

王韶华

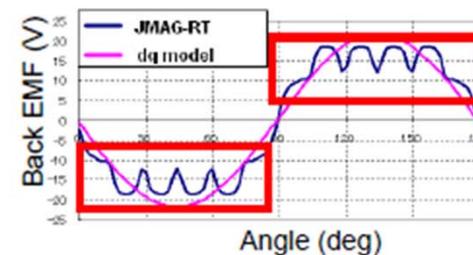
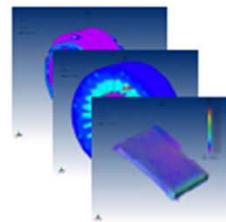
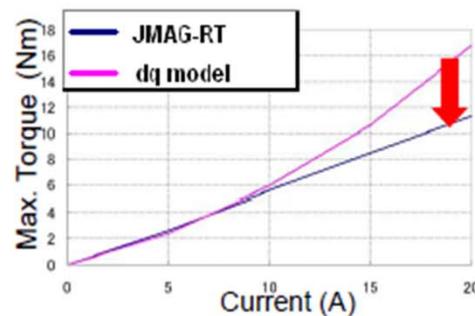
什么是JMAG-RT

- * JMAG-RT电机模型是由JMAG有限元电机模型转换而来的高精度、高保真的电机数学模型
- * 可用于软件在环的系统级仿真和硬件在环的实时仿真



JMAG-RT的特点优势

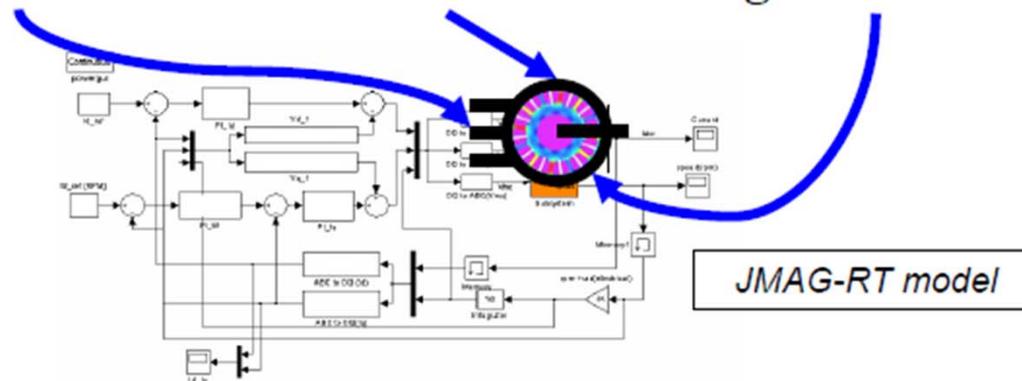
- * 考虑了电机的饱和非线性、齿槽谐波和铁耗
- * 支持多种软件和硬件设备



Magnetic saturation

Losses

High harmonics



JMAG-RT支持的产品

■ *SILS/MILS*

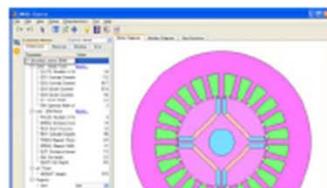
- *MATLAB/Simulink*
- *PSIM*
- *LabVIEW*
- *GT-SUITE*
- *MapleSim*
- *SystemVision*
- *SABER*

■ *HILS*

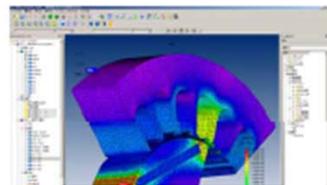
- *OPAL-RT*
- *DSP Technology*
- *dSPACE*
- *National Instruments*
- *Fujitsu Ten Japan*

JMAG-RT的生成方式

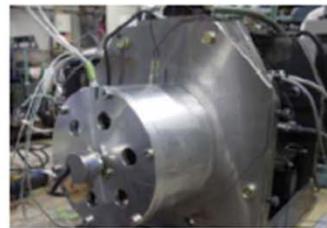
- * Express模版、Designer有限元模型和实验数据



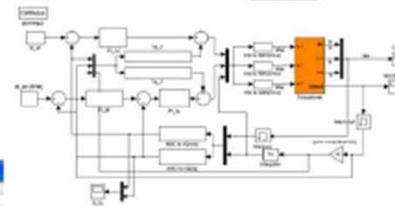
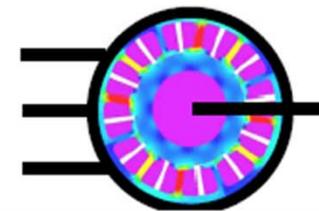
JMAG-Express



JMAG-Designer



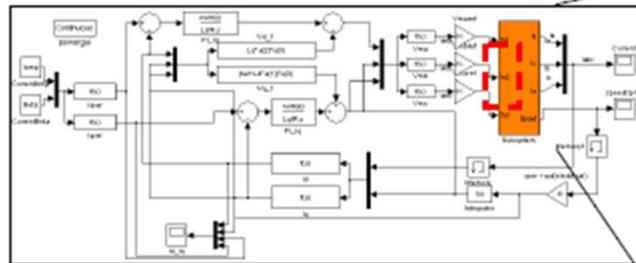
Measurement



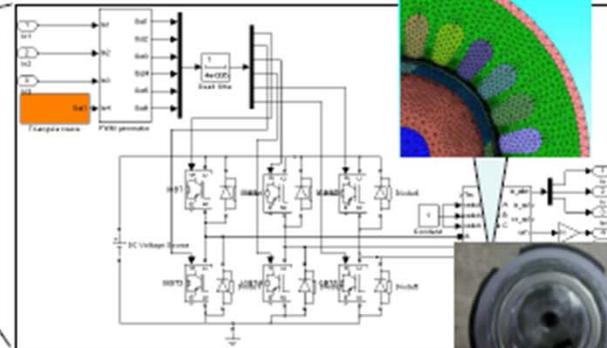
MATLAB/Simulink
LabVIEW
etc...

	A	B	C	D	E
1	Flux				
2	1.852e-01				
3	Ia				
4	0	9.05	0.009428	0.004254	
5	-1.292e+00	8.532e+00	1.000e-02	2.950e-02	
6	-3.092e+00	8.732e+00	1.000e-02	2.890e-02	
7	-3.062e+00	5.302e+00	1.000e-02	2.650e-02	
8	-3.842e+00	4.602e+00	1.000e-02	2.710e-02	
9	-4.082e+00	2.842e+00	1.000e-02	2.730e-02	
10	-5.302e+00	3.002e+00	1.000e-02	2.830e-02	
11	-6.732e+00	2.082e+00	1.000e-02	2.890e-02	
12	-6.002e+00	1.002e+00	1.000e-02	2.950e-02	
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

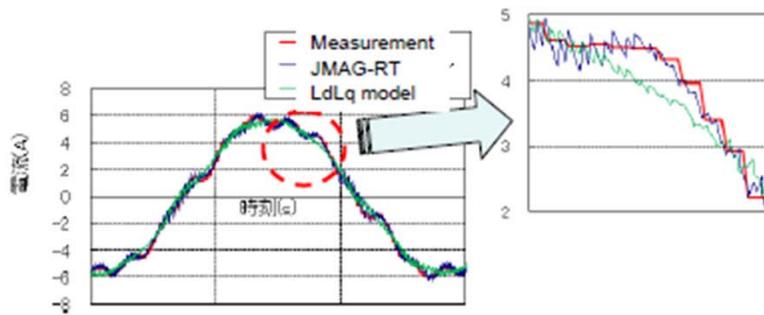
JMAG-RT的计算精度



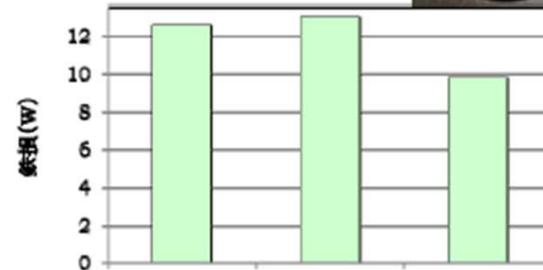
Motor Drive System



Inverter & Motor



Current Waveform

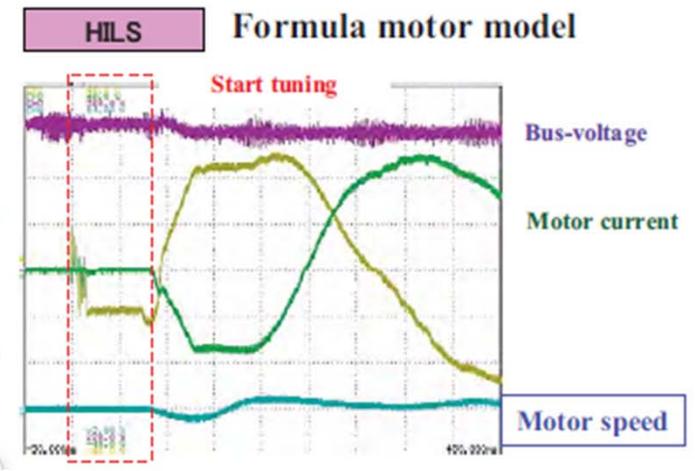
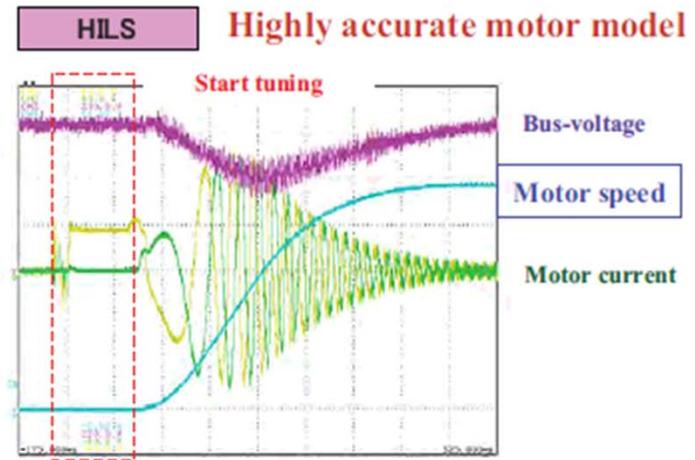
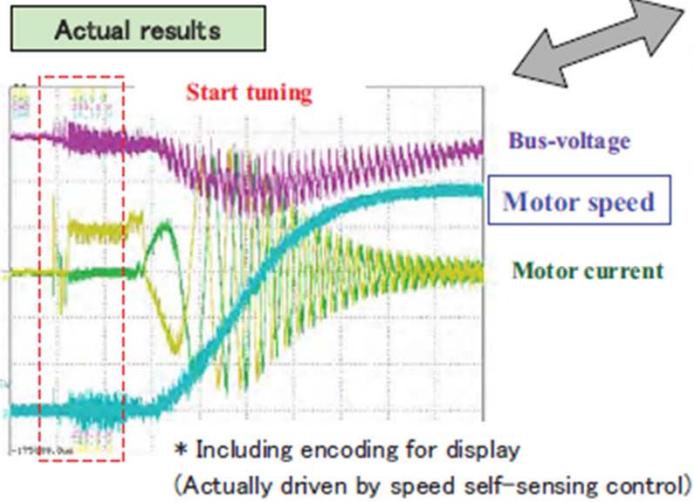


Iron loss

客户实例—日本三菱

【Analysis Example】 Operating Self-sensing Control

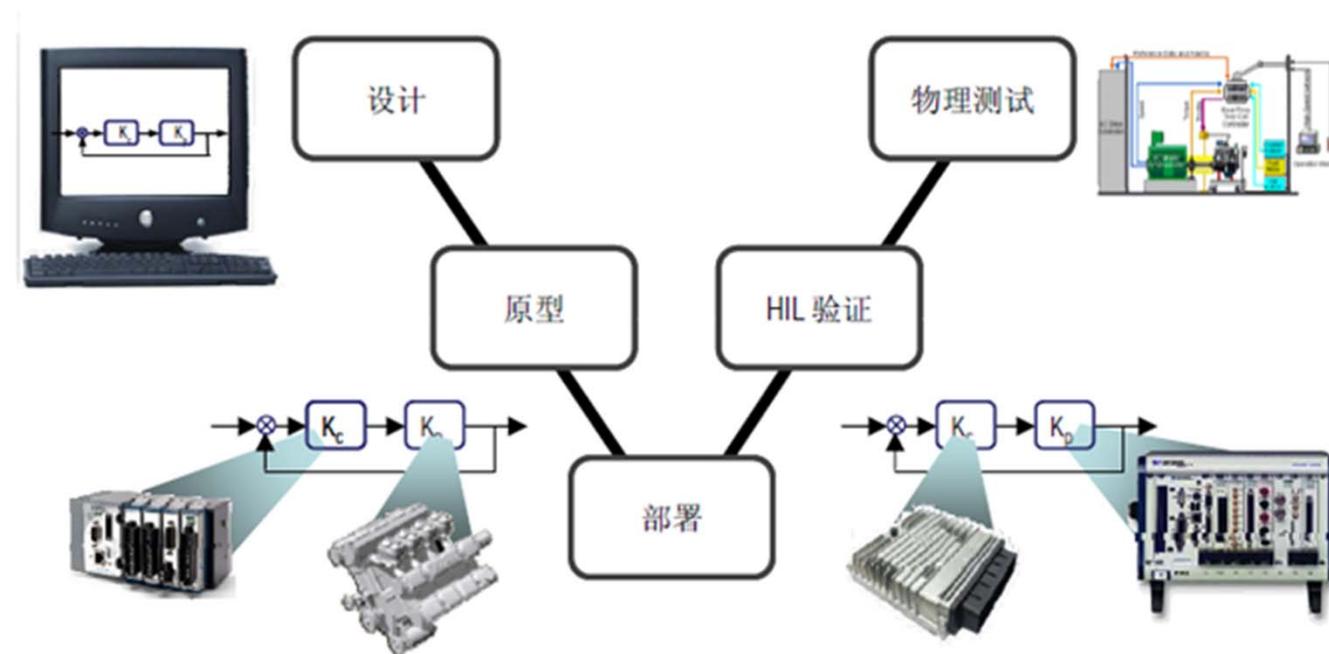
If HILS uses a highly accurate motor model, results the same as the actual motor can be obtained.



The motor cannot accelerate because the estimated position of the magnetic poles is incorrect.

何为硬件在环

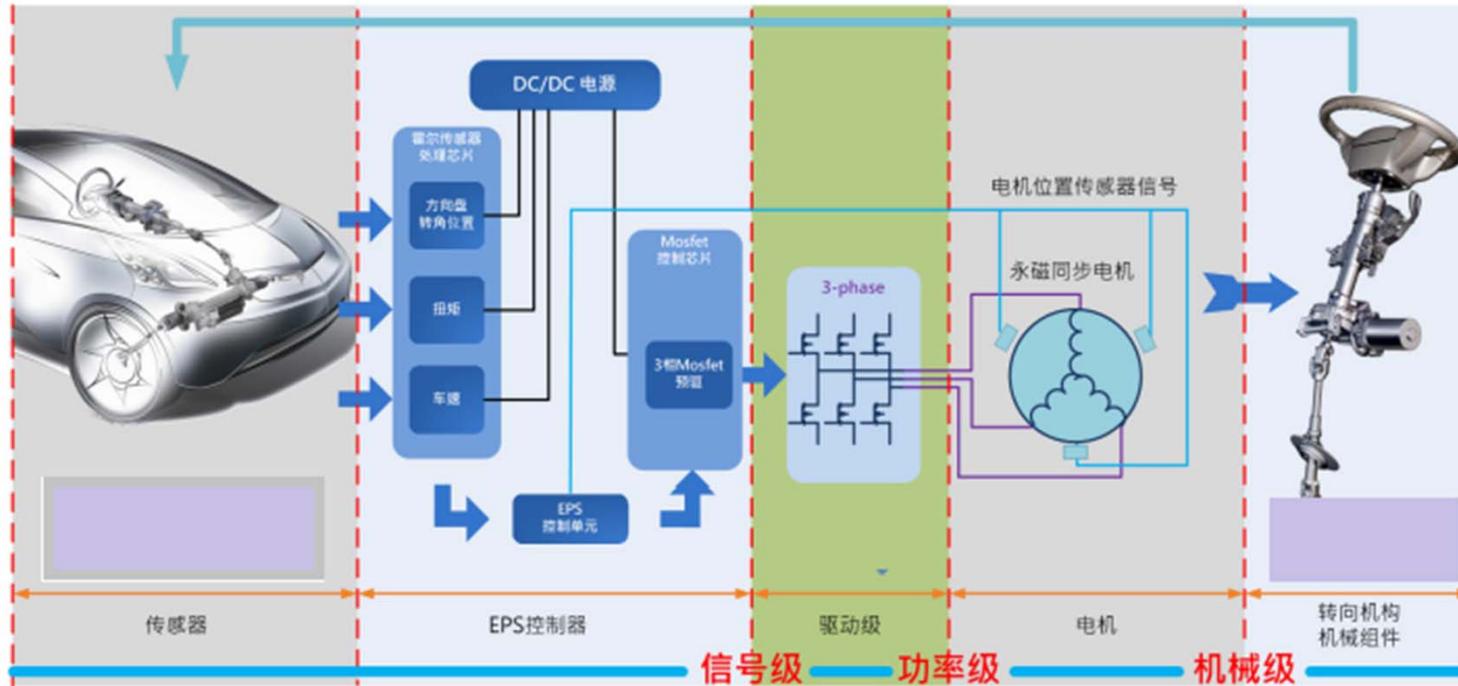
- * 简单通俗的说，硬件在环就是当电机和其控制系统，一个为虚拟模型，一个是真实产品，此时对其的计算测试即为硬件在环。JMAG-RT用于电机为虚拟模型，控制器为实物时的硬件在环仿真



电机及其系统

* 汽车电机驱动总成构成

- * 主要由：电机控制，电机驱动部分，电机本体，转向机械组件组成
 - * 以信号级作为控制器本体，被控对象就是电机驱动器
 - * 以信号级+功率级作为控制器本体，被控对象就是电机本体
 - * 以信号级+功率级+机械级作为控制器本体，被控对象就是转向机构



硬件在环的必要性

- **对于系统可靠性的综合验证**
 - 提高测试覆盖率
 - 有助于发现隐蔽故障和发生概率极低的问题
- **对于设计折衷方案的正式评估**
 - 有效评估设计方案中对于降本增效的折衷效果
 - 充分验证各种工况下的控制系统性能
- **极端测试的无风险方案**
 - 对于某些破坏性测试或试验场合，硬件在环仿真测试提供了无风险和低成本的测试方案

硬件在环的其他优势

* 测试的灵活性

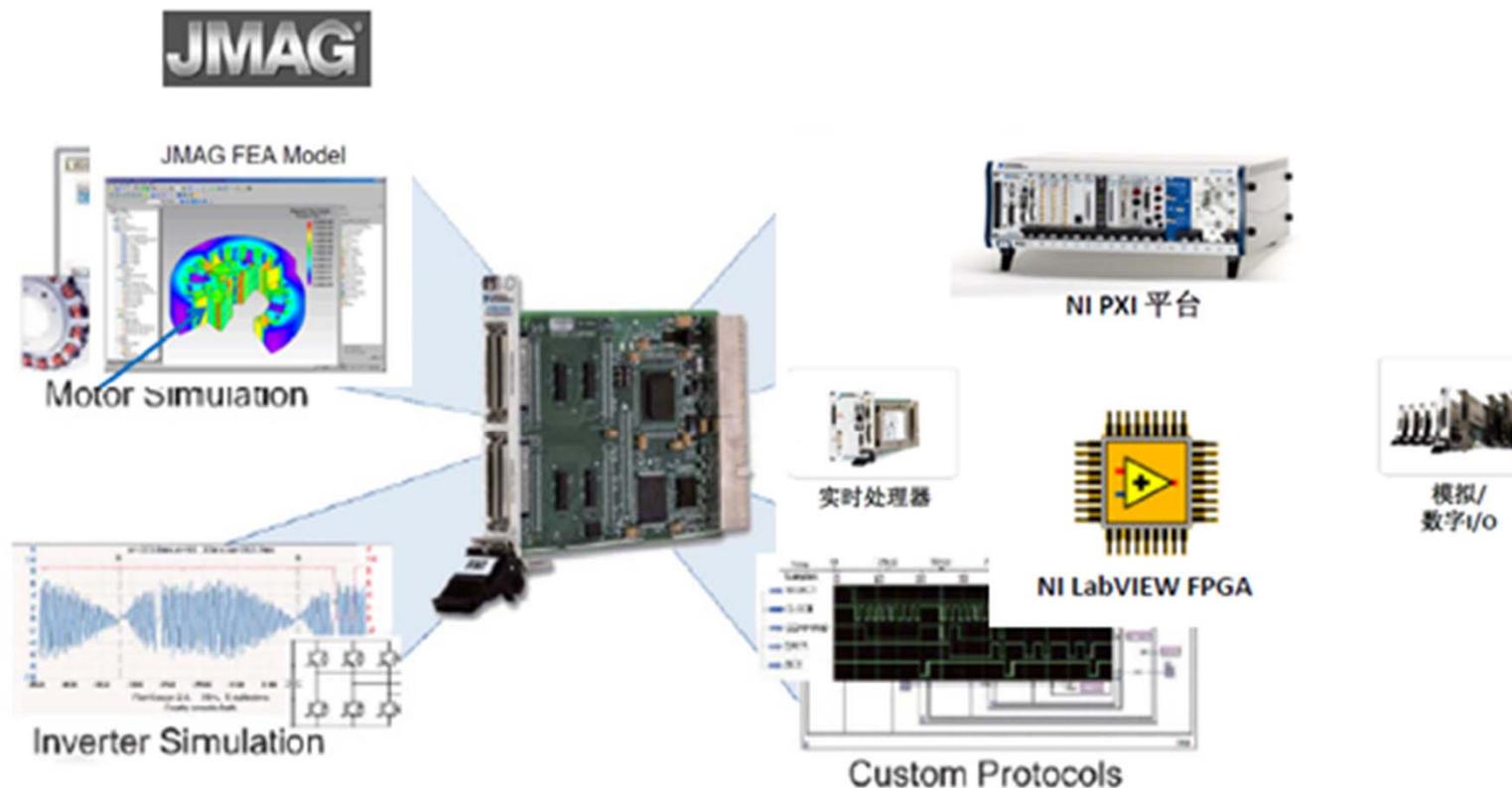
对于电机厂家，不需要自己做控制电路模型，并且可以方便测试不同控制器的性能差异，更好的和电机配套。

对于控制器厂家，可以更好的验证系统的可靠性。

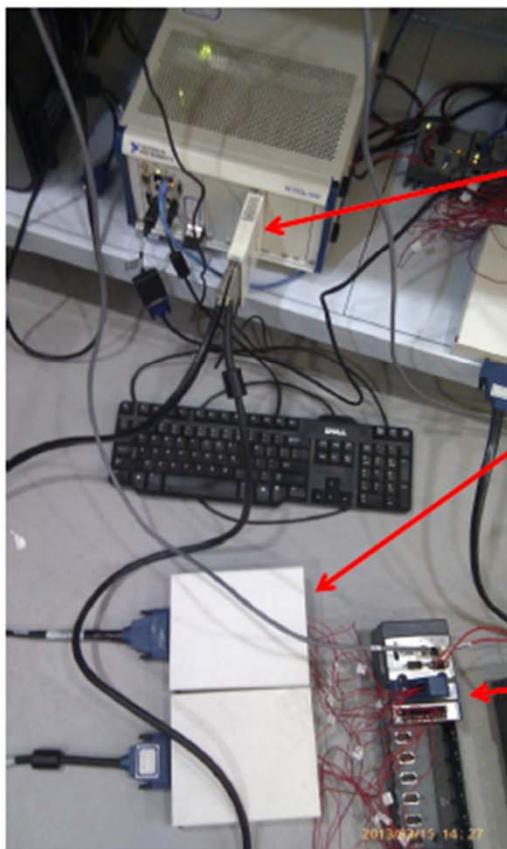
* 提高测试效率

硬件在环通常是实时仿真，计算时间远远小于软件在环计算。

JMAG-RT和NI的实施方案



演示

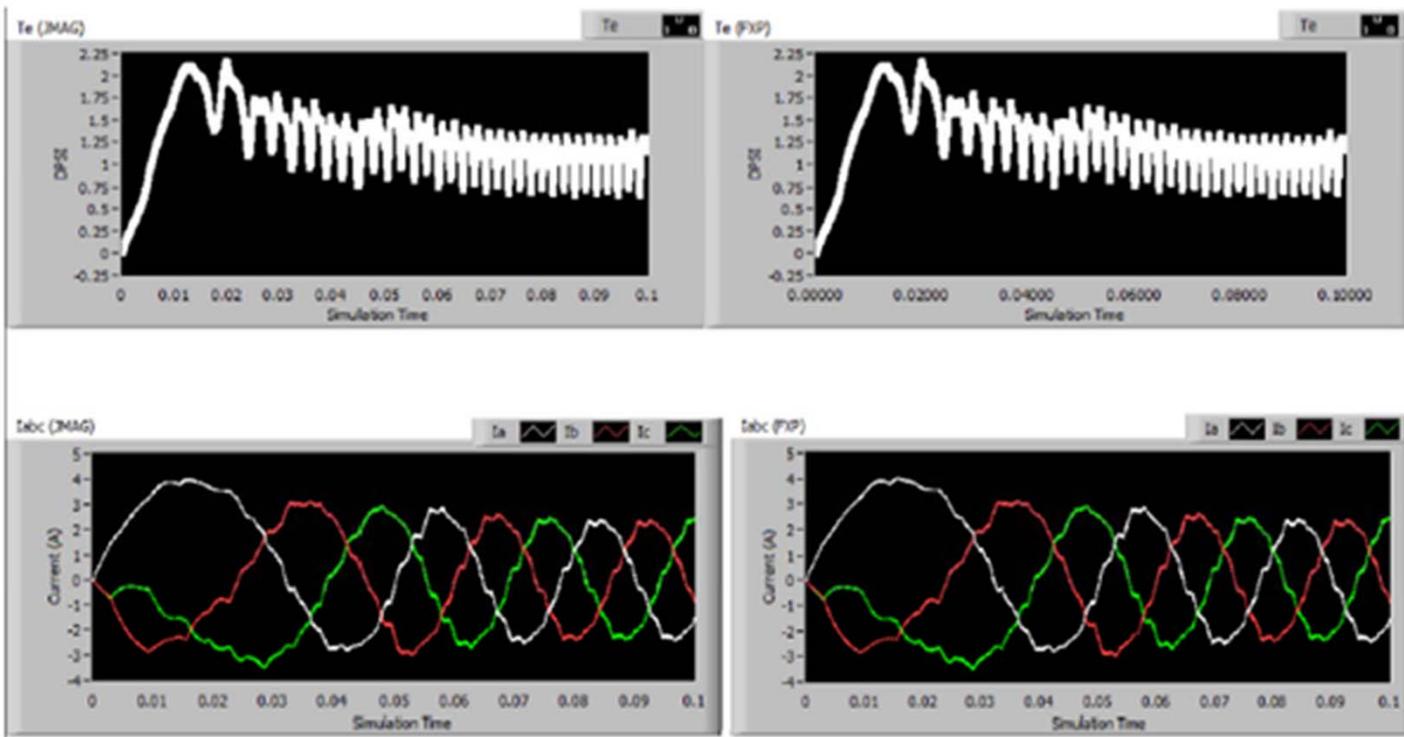


电机仿真端: NI PXIe-8135实时控制器, NI PXIe-7965R flexRIO板卡, KGC FAM

电机仿真端和控制端之间的数字和模拟IO信号通过接线盒相连

电机控制端: NI cRIO-9082实时控制器, NI 9403, NI 9205, NI 9263

硬件在环和软件在环的结果比较



客户情况

- * 目前在日本，应用JMAG-RT做系统软、硬件在环仿真的客户有很多，例如：三菱、电装、马自达、铃木、富士等。
- * JMAG-RT硬件在环仿真的应用范围包括新能源汽车、数控机床、高端家电、机器人、电力机车、国防、高校、研究所等。