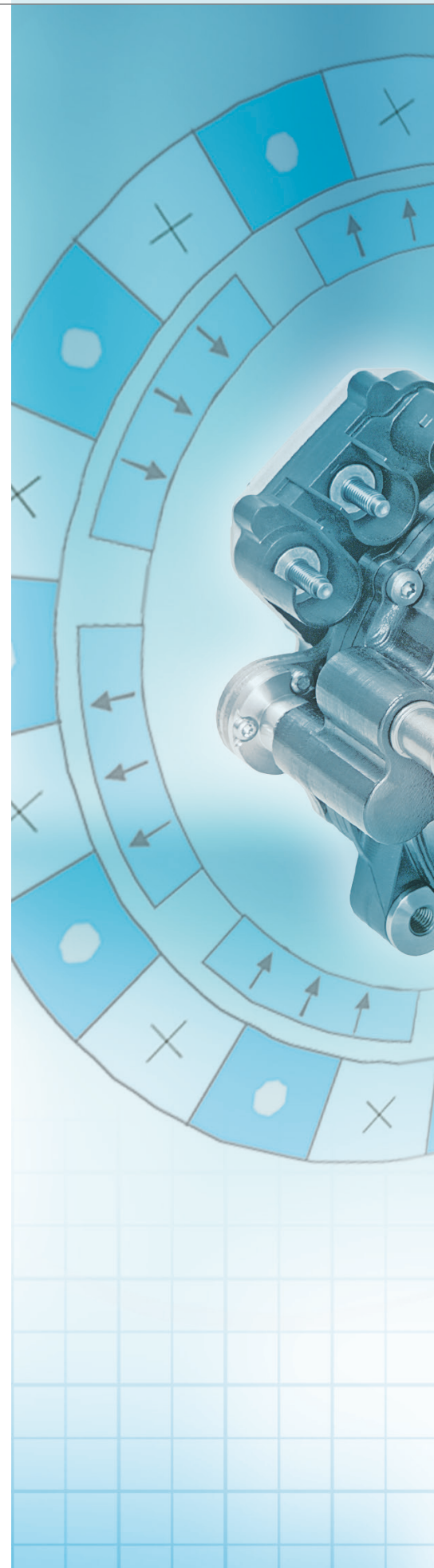


大陆公司 (Continental) 最新推出的皮带驱动型起动机发电一体机不仅使用48V车辆电气系统, 还创造性使用异步电机作为电动机和发电机。dSPACE 灵活的 HIL 测试系统促进了轻度混合动力 ECU 的开发。

古 希腊单词 ‘synchronous’ 意思是 “与时间一起”。在电动机及发电机领域, ‘synchronous machine’ 经常用于指代永磁同步电机或带有滑环的外励磁同步电机, 这些机器的转子按照与定子旋转磁场完全相同的速度围绕定子进行旋转, 即 “同步运动”。异步电机 (感应电机) 是不同的。用作发电机时, 转子旋转速度高于定子磁场速度; 用作电动机时, 转子旋转速度低于定子磁场速度。尽管异步电机功率密度低于永磁同步电机, 但由于不使用昂贵的永磁体, 其成本明显更低。此外, 异步电机无需给转子直接供电, 故不需要供电滑环。这种简单的结构使其十分耐用。正因如此, 工业上数十年来一致使用异步电机, 该技术甚至在严苛的内燃机环境中广泛使用, 它能使系统更加可靠。作为第一个提供类似系统的汽车供应商, 大陆公司率先在48V皮带驱动起动机发电一体机 (BSG) 系统中使用感应电机, 旨在以低成本生产大量经济型轻度混合动力车, 同时通过该新方法减少 CO₂ 排放。

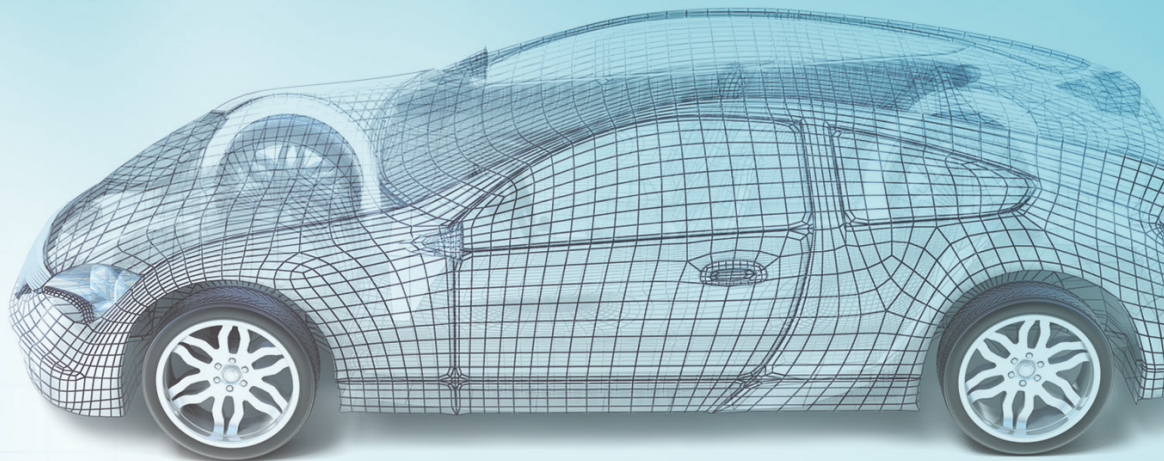
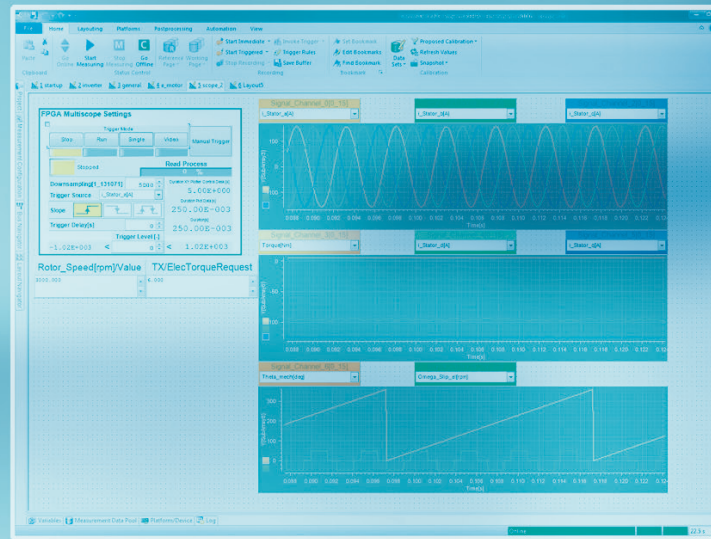
久经考验的测试平台

48 V 车辆电气系统不仅由电动机、传动带和集成逆变器组成, 还含有一个锂离子电池和一个 12 V DC/DC 转换器及相关的控制软件。开发人员可以集中精力设计、实现和验证这些控制装置, 还能专注于软件的功能安全。基于其长期的高压电力电气系统开发经验, 大陆公司只为 48V BSG 系统选用经过试用和测试的概念、平台和工具。这显著缩短开发时间, 增加系统鲁棒性并降低开发费用。这也正是 dSPACE 高度灵活及高度仿真真实性的硬件在环 (HIL) 测试系统的着眼点。大陆公司多年以来一直在开发阶段使用这些系统来验证控制功能。这些系统可以将纯基于PC的仿真和昂贵耗时的电机测试台有效衔接。开发人员可以使用测得的电动机参数和基于 MATLAB® 仿真开发的控制算法来进一步优化电机。 >>



同步 异步

经济实用的轻度混合动力新方式



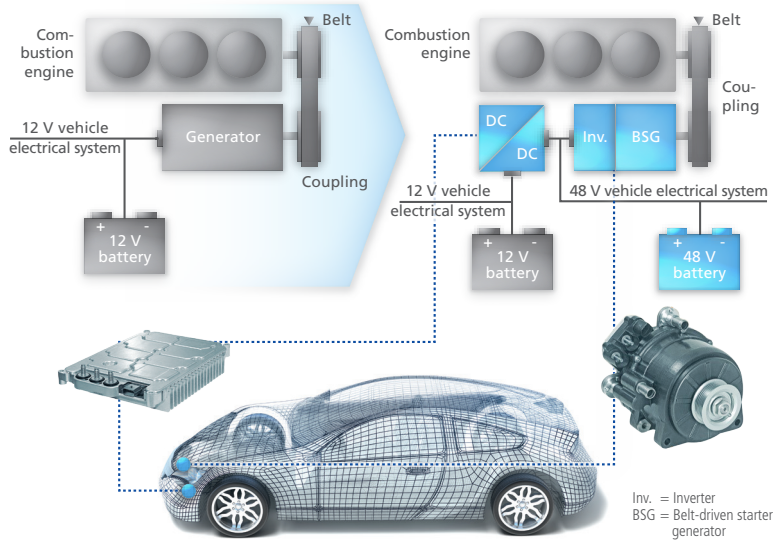


图 1：在“48V Eco Drive”轻度混合动力车部件（浅蓝色）中，除了传统的 12 V 系统，大陆公司还额外添加了一个 48 V 车辆电气系统。

早期优化及测试

新功能可以在早期便在逆变器硬件上测试及分析。为此，HIL 仿真器需要对电动机进行仿真。该方法能让开发人员在早期检测到硬件与功能间交互的潜在错误，消除它们；并可在控制软件被集成入 48V BSG 及台架测试前就开始优化软硬件两部分。基于 HIL 仿真器的测试自动化，可在早期阶段即对比客户需求，快速、全面覆盖的软件测试及验证。要求和测试在 IBM® Rational® DOORS® 中指定。在将软件交给客户之前，大陆公司依据自动化测试覆盖率指标执行、分析和概述了 HIL 仿真器上相应的自动化回归测试。

为长期合作伙伴简化合作流程

对于 48V BSG，大陆公司使用 dSPACE 基于® System Generator (XSG) 开发的模型库及高动态性 DS5203 FPGA 板卡。该模型库包含逆变器、机械装置和电动机的准连续模型。为正确仿真 48V BSG 开发使用的电机，dSPACE XSG 电气模型库首次集成异步电机模型。尽管当时该模型计划在未来的 dSPACE 版本中发布，但 dSPACE 授权大陆公司访问最新的测试版 XSG 模型库。这样能够获得新模型（该模型现已正式发布）的联合使用经验。

精确仿真感应电机

数天之内，在 dSPACE 的协作下，第一台可以与逆变器 ECU 配合使用的基于 FPGA 的异步电机 HIL 平台在 Continental Regensburg 的实验室内完成调试。为使仿真结果尽可能精确，大陆不仅考虑电流和温度效应，还考虑了频率效应。所需要的 FPGA 感应电机模型扩展基于 dSPACE XSG 实用模型库（同样基于 FPGA）快速、轻松地搭建。使用该新型的建模方法，大陆公司能够考虑电机中诸多耦合特性，通过 2D 查表及测试台架数据结合的方式实现。这使得电机的仿真尽量精确

“由于我们在开发 48 V 皮带驱动型起动发电机的过程中获得了极为积极的体验，因此我们在大陆开展的首批后续项目也采用了基于 FPGA 和电机模型的 HIL 仿真。”

Anja Poppe, 大陆

高灵活性及真质量

dSPACE 建模接口的高灵活性，使得在不创建新的 FPGA 模型基础上，仿真记录的查表数据成为可能。查表可在 MATLAB®/Simulink® 环境中创建，并在仿真运行时由 dSPACE ControlDesk® Next Generation 调整。这确保了面对未来应用时的灵活性，例如验证新规格的电机。通过将 XSG 实用程序库中的 Multiscope 仪表集成入 ControlDesk 中，大陆公司能以 FPGA 的时钟频率将 FPGA 内部变量（例如电流、电压、电感或磁饱和度等）可视化。因此大陆公司可优化控制测量，持续改进控制质量。dSPACE 基于大陆在测试阶段发现问题，快速提高异步电机模型的优化及相关解决方案，促进 48V BSG 的开发。

继续改进产品质量

由于对 48V BSG 开发的有效推动，大陆公司的首批后续项目已经使用基于 FPGA 及电机模型的经过验证的 HIL 仿真。起动发电机系统使紧凑型汽车的燃油用量降低了多达 20%，部分原因是采用能量回收。但是古希腊的概念不仅仅适用于回收，即异步电机的发电模式。正如转子的旋转比定子的旋转磁场更快一样，整个 48 V 皮带驱动型起动发电机将会使 2016 年的批量生产提前开始。■

大陆公司 Anja Poppe、Josef Laumer



图 2 : 大陆公司位于 Regensburg 的一个 HIL 测试台。

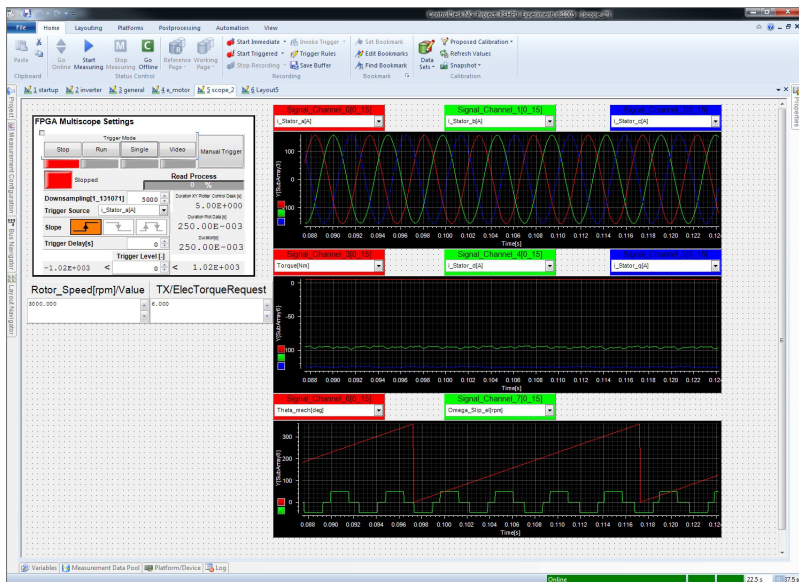


图 3 : ControlDesk Next Generation 中的 Multiscope 仪表。

Anja Poppe

Anja Poppe 是软件测试经理，负责大陆公司（位于德国雷根斯堡）混合动力车和电动车软件和系统工程部门的测试策略和测试设备。



Josef Laumer

Josef Laumer 是功能开发人员，负责大陆公司（位于德国雷根斯堡）混合动力车和电动车软件及系统工程部门的电机控制。

