



SIEMENS

Ingenuity for life



Компания Siemens PLM Software

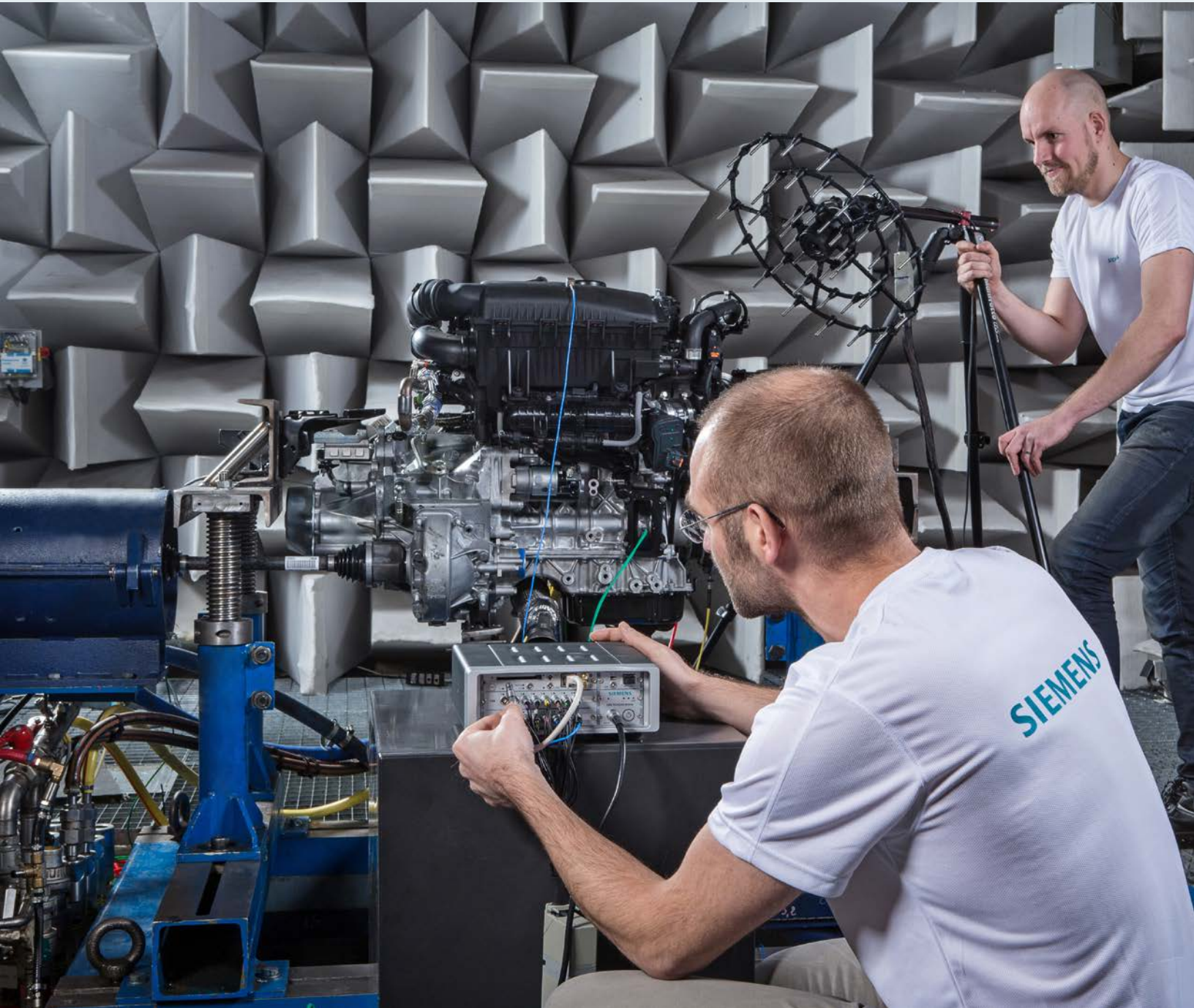
Решения Simcenter для проведения испытаний при проектировании двигателей и силовых агрегатов

[siemens.com/simcenter](https://www.siemens.com/simcenter)

Инновационные конструкции двигателей и силовых агрегатов требуют особо сложных испытаний

Электрические и гибридные силовые установки, системы «старт-стоп», высокотехнологичные турбоагнетатели для малолитражных двигателей внутреннего сгорания – все это позволило заметно сократить расход топлива. Но подобная технологическая революция привела к появлению целого ряда проблем, связанных с испытаниями. Среди них – существенное увеличение объемов испытаний гибридных силовых установок, работающих во множестве различных режимов; появление компактных силовых агрегатов и установок, создающих гораздо более высокие крутильные колебания и пульсации крутящего момента, а также трансмиссий для электродвигателей, которые нужно оптимизировать в гораздо более широком диапазоне частот вращения. При этом именно в таких приводах заметно чаще возникает высокочастотный «воющий» шум. Для решения всех указанных проблем необходимы высокопроизводительные и точные инструменты.

Практически всем специалистам по испытаниям двигателей и силовых агрегатов приходится устранять как можно больше выявленных несоответствий в конструкции в самые сжатые сроки. При идеальном сценарии все должно делаться за одно испытание. Для экономии времени на разработку силовых агрегатов нового поколения многие предприятия внедряют современные решения для проведения испытаний из состава пакета Simcenter™, обеспечивающие оценку шума, вибраций и жесткости (NVH), крутильных колебаний и проектирование изделий с заданными функциональными характеристиками. Созданные компанией Siemens PLM Software решения Simcenter для проведения испытаний – универсальные, интуитивно понятные и высокопроизводительные. Они успешно решают задачи проектирования двигателей и силовых агрегатов нового поколения.



Полнофункциональное, универсальное, интуитивно понятное решение для проведения многокритериальных испытаний на шум и вибрацию

Simcenter представляет собой полностью интегрированный программно-аппаратный комплекс для проведения испытаний двигателей и силовых агрегатов. Он позволяет получить самую полную информацию об испытываемом изделии, и при этом отличается исключительным удобством в работе.

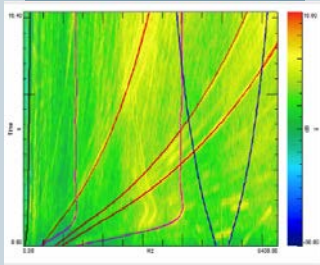
Несомненным преимуществом для специалистов по шуму и вибрации является то, что все характеристики измеряются одними и теми же аппаратными модулями Simcenter SCADAS™, а результаты обрабатываются в единой программной платформе Simcenter Testlab™. Тем самым исключаются потери времени на трудоемкие процессы обмена данными между разными программными продуктами. Измерительные сигналы от всех датчиков идеально синхронизированы, что обеспечивается самой архитектурой системы. Обработка всех данных и формирование отчетов об испытаниях происходит в единой программной среде как в реальном времени, так и после измерений.

Решения Simcenter для проведения испытаний представляют собой уникальное сочетание высокой эффективности и универсальности, достигнутое в рамках единого инструмента. Мы предлагаем полнофункциональную систему для решения следующих задач:

- Быстрое и точное проведение виброакустических испытаний в полу- либо в полностью автоматическом режиме.
- Проведение многокритериальных функциональных испытаний для определения различных характеристик изделий, – таких как: оценка крутильных колебаний вращающихся валов, анализ процессов горения в реальном времени, доступ к сигналам с цифровых шин данных, балансировка валов трансмиссии в процессе разработки и доводки силового агрегата.

- Акустические испытания силовых агрегатов: акустическая мощность определяется либо по требованиям стандартов ISO, либо по внутренним правилам предприятия; определение показателей качества звука – количественной оценки уровня громкости, «грубости» и тональности. Имеется широкий выбор методик локализации источников звука с помощью интенсивметрических зондов или микрофонных решеток.
- Повышение точности расчетов по результатам испытаний: результаты измерений нагрузок передаются на этапы численного моделирования с применением 1D- или 3D-расчетных моделей, а также позволяют проводить оценку качества таких моделей.
- Комплексование узлов трансмиссии выполняется без ухудшения вибрационных и акустических характеристик или показателей комфорта благодаря применению широкого спектра наращиваемых решений, включая методы анализа путей передачи колебаний и ходовых испытаний на шум и вибрацию (NVH).
- Испытания отдельных узлов на вибрацию для оценки их усталостной прочности и долговечности, а также функциональных характеристик в тяжелых условиях применения, воспроизводящих реальные условия эксплуатации.

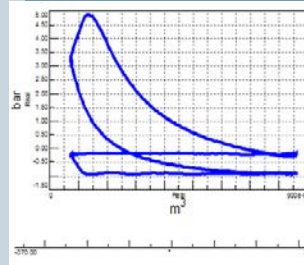
Анализ шума
и вибрации



Анализ крутильных
колебаний



Расчеты процессов
горения/анализ
в угловых координатах



Обмен данными
с электронным блоком
управления двигателем
по протоколам ССР / ХСР



Аппаратные модули Simcenter SCADAS и программное обеспечение Simcenter Testlab

Параметры управления двигателем и эффективность процессов горения топлива оказывают самое непосредственное влияние на параметры шума и вибрации. Поэтому возможность измерения дополнительных параметров при помощи единого аппаратно-программного комплекса является огромным преимуществом для любого специалиста подразделения вибрации и шума.

- Аппаратное обеспечение Simcenter SCADAS объединяет функции четырех различных систем, используемых на испытательных стендах силовых агрегатов, в единую систему сбора данных
- Программное обеспечение Simcenter Testlab представляет собой единый комплекс, объединяющий решения типовых задач виброакустических измерений, анализа крутильных колебаний, анализа процессов горения и обеспечивающий обмен данными с электронным блоком управления двигателем.

Повышение производительности виброакустических испытаний

Значительная часть виброакустических испытаний силовых агрегатов состоит в оценке рабочих характеристик изделия на различных режимах работы. Например, измерения во всем диапазоне оборотов двигателя и крутящих моментов позволяют получить полную картину поведения испытываемого образца. Такие испытания, как правило, являются обязательными и повторяющимися, поскольку входят в стандартный процесс разработки при постановке и валидации целевых параметров. Неудивительно, что основная задача – иметь возможность провести все эти испытания.

Аппаратные модули Simcenter SCADAS и программное обеспечение Simcenter Testlab Signature Testing представляют собой уникальную интегрированную платформу, способную выполнять измерения вибраций и шума на рабочих режимах силовых агрегатов быстро, надежно, точно и с отличной повторяемостью.

Simcenter SCADAS – это масштабируемая высокопроизводительная аппаратная платформа, способная выполнять согласование сигналов от любых типов датчиков, которые обычно применяются при испытаниях двигателей и силовых агрегатов. Уникальный процессо-ориентированный интерфейс системы Simcenter Testlab, определяющий четкую последовательность действий пользователя, задает новые стандарты удобства, производительности и обеспечения целостности данных. Программа поэтапно направляет работу пользователя, рекомендуя оптимальные параметры измерений и анализа. Шаблоны позволяют выполнять повторяющиеся задачи олу- или полностью автоматическом режиме на всех этапах: от подготовки оборудования до формирования отчетов.

Бесшовная интеграция измерительных усилителей Simcenter SCADAS с программным обеспечением Simcenter Testlab ускоряет подготовку испытаний, помогая достичь максимальной производительности и высокого качества данных.

Simcenter SCADAS: помогает выйти на новый уровень эффективности

Платформа Simcenter SCADAS представляет собой системы сбора и обработки данных, точно соответствующие потребностям заказчика. Среди них и очень компактные регистраторы со встроенным питанием для автономной записи данных в полевых условиях с небольшим числом каналов, и мобильные многоканальные анализаторы-регистраторы, и многоканальные системы сбора данных лабораторного исполнения без принудительного охлаждения, идеально подходящие для размещения в пультовых комнатах испытательных стендов.

Системы Simcenter SCADAS универсальны: один и тот же многофункциональный анализатор может применяться для решения широкого спектра задач. Благодаря такой гибкости к одному измерительному усилителю можно подключать любые типы датчиков, используемых при испытаниях двигателей и силовых агрегатов.

Любой из представленных в линейке усилителей напряжения по умолчанию работает с пьезоэлектрическими ICP датчиками, принимает на входе постоянное и переменное напряжение и позволяет измерять любые сигналы от акселерометров до датчиков давления.

Дополнительно согласующие усилители с возможностью работы с датчиками заряда, мостовыми датчиками и датчиками оборотов позволяют подготовить систему к испытаниям, соответствующим любым возможным требованиям. Данные поступающие с электронного блока управления двигателем могут заводится в систему через цифровые интерфейсы шины данных CAN и FlexRay, работающей параллельно с другими входными каналами.

Аппаратное обеспечение Simcenter SCADAS выполняет надежную, высококачественную и точную обработку сигналов. В нем используются 24-разрядные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) с динамическим диапазоном в 150 дБ и частотой дискретизации до 200 кГц.



Simcenter SCADAS – это масштабируемая высокопроизводительная аппаратная платформа, выполняющая обработку любых типов сигналов, используемых при проведении испытаний двигателей и силовых агрегатов. Поддерживаются следующие виды сигналов:

- напряжения
- тока
- вибраций (пьезоэлектрические или зарядовые датчики)
- звукового давления
- динамического давления
- стереозвука (бинауральные гарнитуры)
- частоты вращения
- частоты крутильных колебаний
- шины CAN и OBD-II
- FlexRay
- механических деформаций
- крутящего момента
- температур
- координат GPS
- видео и пр.

Решение Simcenter Testlab Signature Testing: встроенная производительность

Система Simcenter Testlab Signature Testing позволяет получать точные значения частоты вращения и углового положения. Это решение, которое позволяет собирать данные о работе любого компонента силового агрегата. В нем реализованы уникальные функции повышения производительности при многократном повторяющихся измерениях.

Настроенный процесс направляет работу пользователя по всем этапам выполнения измерений: подготовка оборудования, калибровка и проверка подключенных к модулям Simcenter SCADAS датчиков, обработка и проверка данных регистрируемых в реальном времени, сохранение заданных пользователем атрибутов вместе с результатами измерений. Шаблоны проектов помогают задавать фиксированные последовательности проведения измерений в соответствии с принятыми на предприятии методиками. В шаблоны заносятся настройки измерений, пользовательские атрибуты, компоновки экранных страниц, параметры автоматической постпроцессной обработки и подготовки отчетов.

Бесшовная интеграция с контроллерами управления испытательными стендами при помощи решения Simcenter Testlab Windows Automation позволяет автоматизировать последовательности проведения испытаний так, чтобы работа выполнялась без непосредственного присутствия оператора или инженера по испытаниям. При необходимости получения усредненных данных

по результатам множества испытаний программный модуль Simcenter Testlab Run Data Averaging and Comparison Organizer после каждого прогона автоматически отображает и актуализирует графики усредненных значений параметров. Модуль Simcenter Testlab Batch Reporting замыкает весь цикл, предоставляя функции автоматизированной подготовки отчетов для большого объема данных в заранее подготовленных форматах.

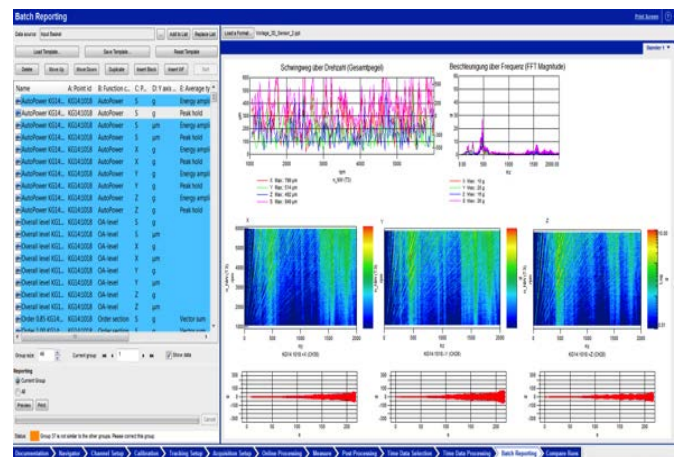
Универсальность решения Simcenter Testlab устраняет потребность во множестве разнородных систем при стендовых испытаниях силовых агрегатов: вся информация объединяется в единой системе. В Simcenter Testlab можно работать не только с данными вибрации и шума, но и с параметрами крутильных колебаний, процессов горения и данными, поступающими с цифровых шин автомобиля.

Решение Simcenter Testlab Signature Testing: удобная масштабируемость

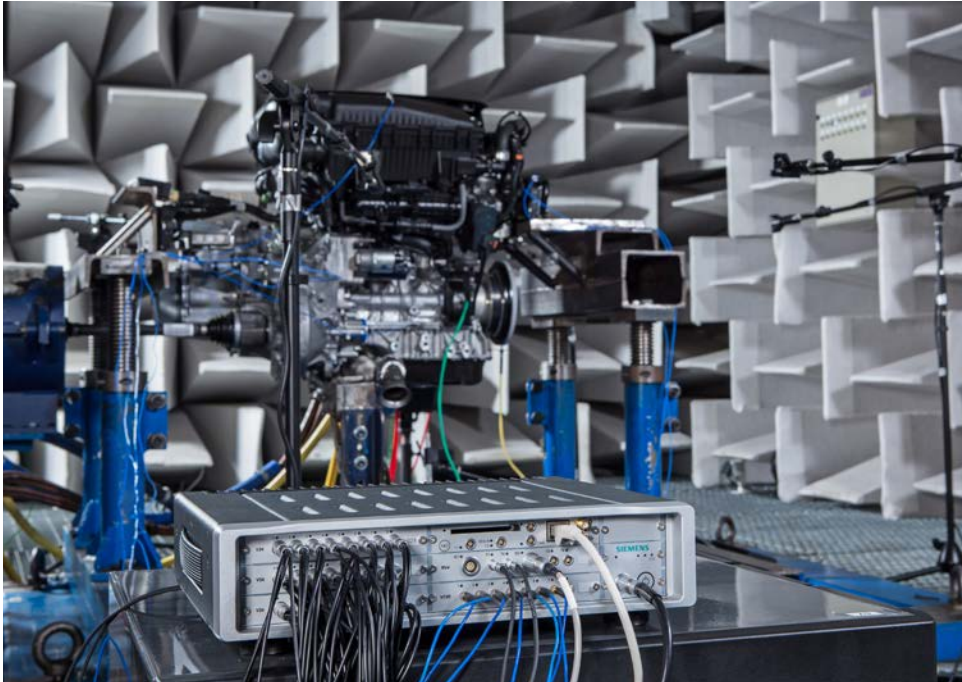
В Simcenter Testlab предусмотрен широкий выбор стандартных инструментов обработки данных, работающих в реальном времени непосредственно в темпе измерений. Среди них: каскадные и октавные спектры, гармоника и частотные срезы, общие уровни и показатели качества звука. Simcenter Testlab Order Tracking выдает абсолютно точные срезы вдоль гармоник и спектры гармоник, используя алгоритмы синхронной дискретизации по оборотам или в угловых координатах параллельно с типовой дискретизацией в координатах времени.



Решение Simcenter Testlab Signature Testing: обработка и проверка данных в реальном времени



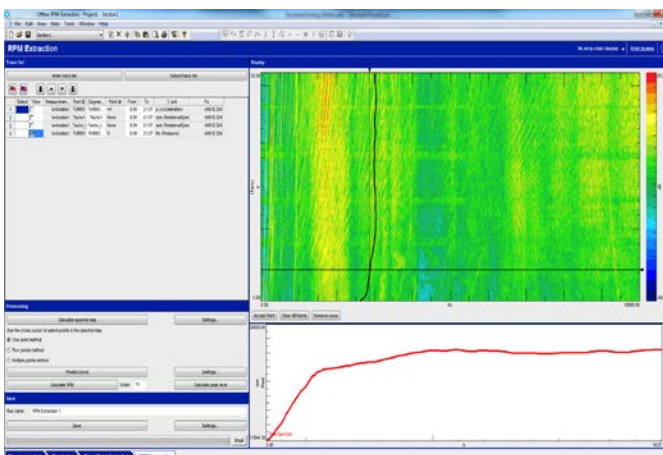
Автоматическое формирование отчетов в системе Simcenter Testlab Batch Reporting.



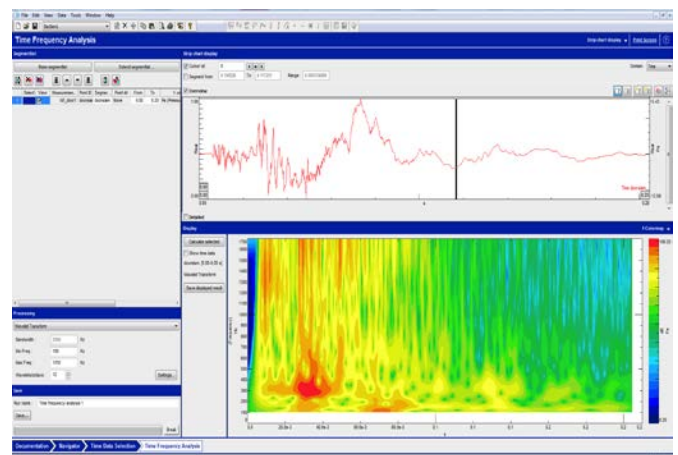
Возможность ввода формул и показателей, применяемых в собственных методиках испытаний (например, формулы расчета мощности звука по результатам измерений с помощью микрофонов). Легкий доступ к любому каналу шины CAN или Flexray, подключенных к системе Simcenter SCADAS. Simcenter Testlab позволяет проводить анализ вибраций вращающихся валов и визуализировать их формы вынужденных колебаний в Testlab Operational Deflection Shape

Analysis. Это дает возможность не только исследовать деформации деталей силовых агрегатов и их компонентов, но и выявлять ошибки в настройках испытаний.

С функцией Simcenter Testlab Offline RPM Extraction можно легко извлечь частоту вращения из данных измерений с микрофонов или акселерометров. Такая функция наиболее востребована в тех случаях, когда нет или ограничены возможности установки тахо-датчика, как например, на турбине.



С функцией Simcenter Testlab Offline RPM Extraction без установки тахо-датчика можно извлечь частоту вращения вала



Оценка частотного содержания сигналов быстрых переходных процессов с помощью функции Simcenter Testlab Time Variant Frequency Analysis.



Преимущества современных методик проектирования и экспериментальной оценки характеристик на ранних этапах

Чтобы понять, чем вызвано то или иное поведение силового агрегата, требуются сложные виды испытаний и анализа, заметно выходящие за рамки классических эксплуатационных виброакустических испытаний. Решения Simcenter для проведения испытаний двигателей и трансмиссий позволяют проверять функциональные характеристики изделия прямо в ходе разработки. Возможности безграничны: от визуализации поведения на эксплуатационных режимах с построением форм вынужденных колебаний, измерений крутильных колебаний вращающихся валов или анализа сигналов в рабочих циклах двигателя, до анализа процесса горения и балансировки карданного вала.

Анализ частотных характеристик во времени

В связи с малой длительностью сигналов при переходных процессах требуется точное выявление изменений частотных характеристик сигнала во времени. Типичное применение – оценка частотного спектра «тикающего» звука, создаваемого системой впрыска. Недостаток классического подхода на основе быстрого преобразования Фурье состоит в ограниченности разрешения по времени. Решение Simcenter Testlab Time Variant Frequency Analysis рассчитывает частотные спектры сигналов переходных процессов с применением либо быстрого преобразования Фурье на малых временных интервалах, либо непрерывного вейвлет-преобразования.

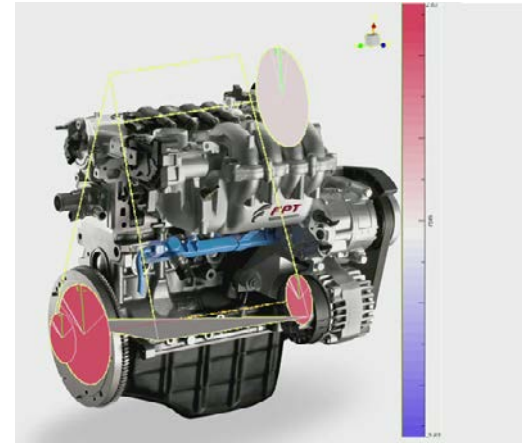
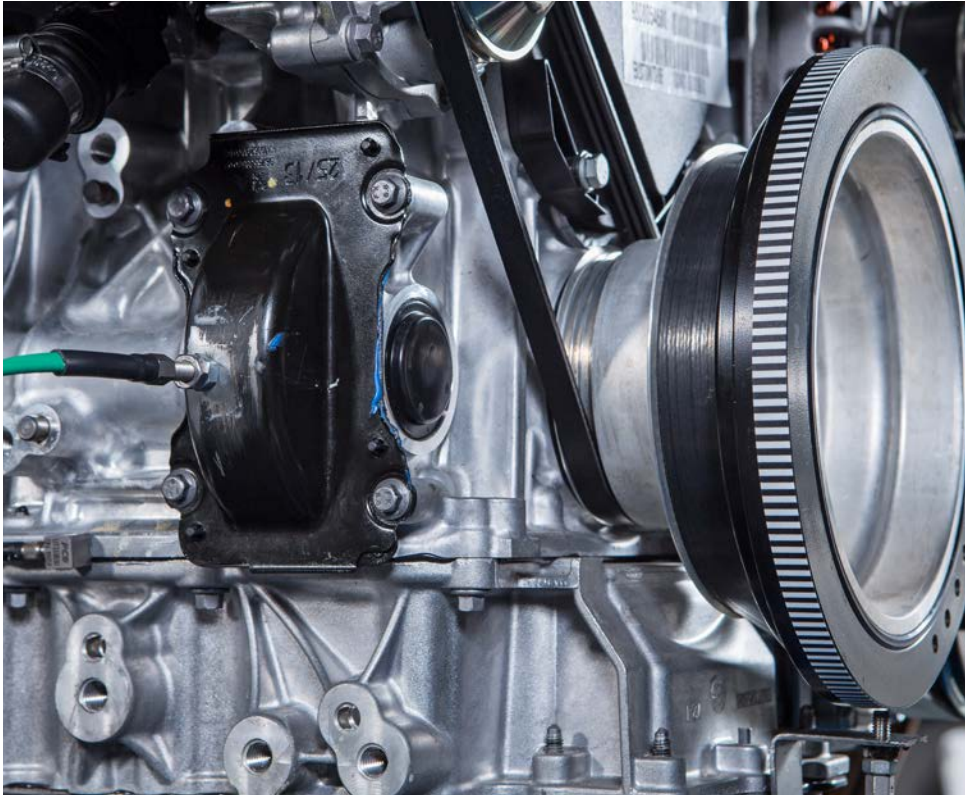
Балансировка валов

Дисбаланс снижает функциональные характеристики и ухудшает виброакустические характеристики комфорта автомобиля. Simcenter Testlab успешно решает эти проблемы с помощью функции балансировки валов. Балансировка представляет собой способ выявления и устранения дисбалансов в двигателе или трансмиссии. Кроме того, в ряде случаев тщательно контролируемый дисбаланс вводится специально с целью проверки его влияния на вибрации и шум. Решения Simcenter для испытаний позволяют объединить в одной системе виброакустические измерения с процедурами балансировки.

Simcenter Testlab поддерживает балансировку в одной или двух плоскостях, что позволяет компенсировать статический и динамический дисбаланс. Интуитивно понятный интерфейс пошагово направляет пользователя по всем этапам процесса устранения или добавления контролируемого дисбаланса. Для оценки последствий внесенных изменений после балансировки можно выполнить дополнительные эксплуатационные испытания.

Анализ крутильных колебаний

Программное обеспечение Simcenter Testlab Signature Analysis – это полнофункциональное решение для точного измерения крутильных колебаний в механизмах с одним или несколькими валами. Типичные применения – оценка вибраций коленвала, характеристик демпферов крутильных колебаний, выявление погрешностей в зубчатых зацеплениях коробок передач. Программа извлекает гармоники заданного порядка из спектров, полученных либо с фиксированной по времени частотой дискретизации, либо с частотой дискретизации, изменяемой синхронно с оборотами (об/мин) для получения очень точных срезов гармоник.

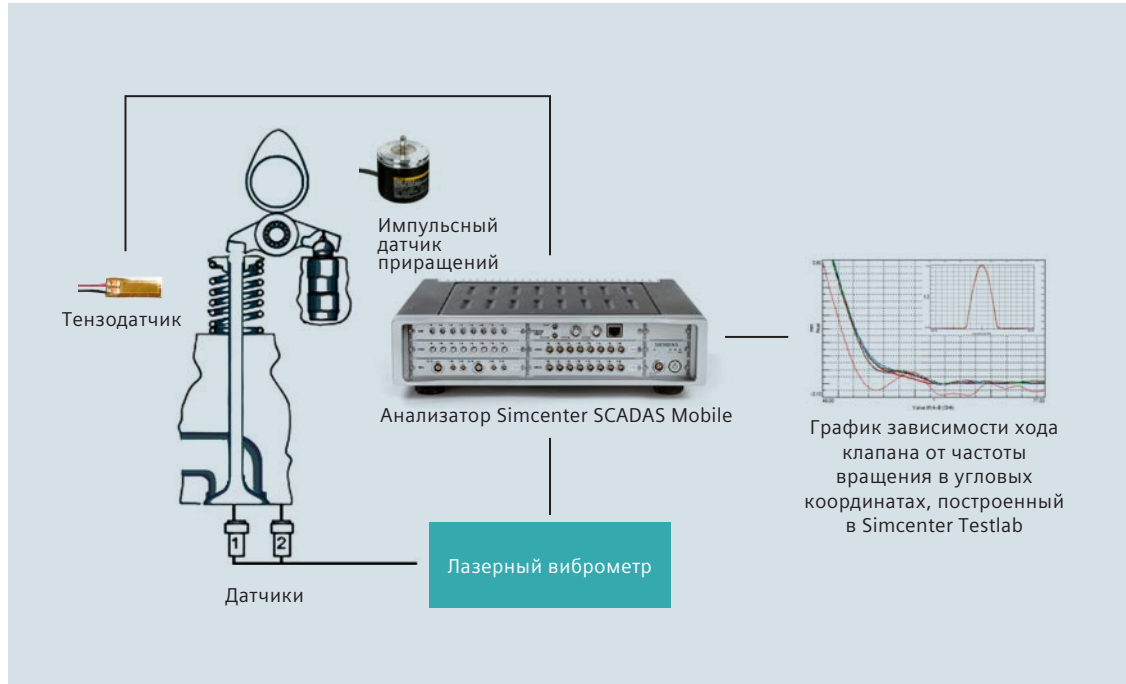


Решения Simcenter Testlab Signature Testing и Simcenter Testlab Operational Deflection Shape Analysis выполняют точное измерение и визуализацию форм крутильных вибраций с использованием любого типа датчиков.

В системах Simcenter SCADAS имеются два встроенных высокоскоростных входа для сигналов тахометров, позволяющих подключать и питать датчики постоянным (DC) или переменным током (ICP). Усилители Simcenter SCADAS RV4 расширяют число тахо-каналов: каждый модуль добавляет еще четыре канала. Поддерживаются сигналы от различных видов тахометрических датчиков с частотой до миллиона импульсов в секунду, в том числе - необработанные потоки импульсов, потоки импульсов от цифровых транзисторно-транзисторных логических схем (DTTL) или инкрементных энкодеров. Все потоки импульсных сигналов с датчиков частоты вращения преобразуются в записи временных историй угловой скорости и перемещения, которая обрабатывается в реальном времени или при постобработке.

В Simcenter Testlab имеется надежный алгоритм автоматической коррекции импульсов. Алгоритм выявляет пропущенные импульсы, двойные импульсы и неточности стыковки концов полосатой ленты типа «зебра». С целью установления корреляции между крутильными колебаниями и другими проблемами вибрации и шума выполняется одновременная запись сигналов с тахо-каналов, с сигналами датчиков виброускорений, давления или механических деформаций. В приложении Simcenter Testlab Operational Deflection Shape and Time Animation можно запустить анимацию всех физических явлений прямо на геометрической модели, что предоставляет специалистам важную новую информацию.

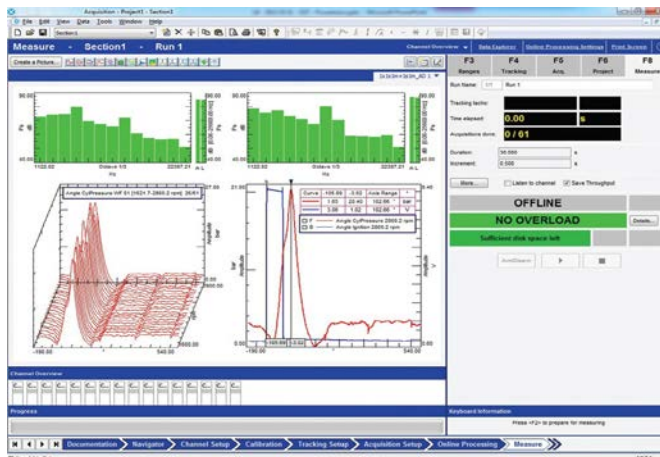
Оптимизация характеристик клапана в двигателе в Simcenter Testlab Angle Domain.



Анализ работы механизма газораспределения

Решения Simcenter для проведения испытаний позволяют детально проанализировать работу механизма газораспределения. Импульсный датчик приращений, измеряющий угол поворота распредвала, легко подключается к модулю Simcenter SCADAS RV4. К модулю Simcenter SCADAS VB8 можно подключить, лазерный виброметр, измеряющий перемещение клапана, или установленные на пружинах клапана тензодатчики.

Приложение Simcenter Testlab Angle Domain Processing рассчитывает все показатели, необходимые для количественной оценки работы клапана. К типовым параметрам относятся кинематика и динамика хода клапана, его скорость и ускорение, время полного открытия клапана, биение клапана и показатели долговечности, определяемые методом Гудмана, а также оценка усталостной прочности пружины.



Просмотр параметров горения в реальном времени, построение P-V диаграммы в процессе подготовки к измерению мощности звука в Simcenter Testlab Angle Domain Acquisition.

Измерения в угловых координатах

Приложение Simcenter Testlab Angle Domain Analysis выполняет синхронизацию и дискретизацию сигналов в зависимости от углового положения вала, например, угла поворота коленвала двигателя в реальном времени или на этапе постобработки. Благодаря этому любой измеренный сигнал от датчиков, размещенных на силовом агрегате, рассматривается относительно фазы рабочего цикла двигателя. Типовые области применения данного приложения: анализ процессов горения, оптимизация фаз газораспределения, анализ шума, вызванного конкретными событиями в рабочем цикле двигателя, такими как, шум при сгорании топлива в цилиндрах или стук поршней.

Модули Simcenter SCADAS RV4 позволяют подключать любые импульсные датчики, измеряющие угол поворота вала. Они могут свободно комбинироваться с другими измерительными усилителями, обеспечивающими согласование сигналов напряжения, заряда, деформаций и угловой скорости.

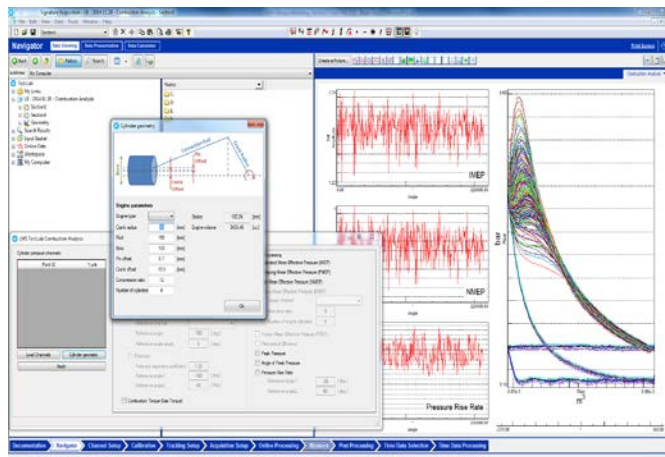
Все получаемые сигналы опрашиваются относительно угла поворота вала в Simcenter Testlab Signature Testing and Analysis и Simcenter Testlab Angle Domain Processing. Нулевое угловое положение задается либо вручную, либо автоматически, например, пропуском импульса с датчика оборотов или использованием опорного импульсного сигнала. Измерения по разным каналам могут иметь различные угловые смещения, благодаря чему становится возможным одновременно изучать работу сразу нескольких цилиндров. Кроме того, предусмотрен расчет статистических параметров в каждом рабочем цикле или даже на более коротких интервалах в пределах цикла. Пользователю предоставляется широкий выбор показателей, при помощи которых легко и быстро создаются уникальные методики проведения испытаний и анализа.

Анализ процессов горения в двигателе

С решением Simcenter Testlab Combustion Analysis можно измерять давление в цилиндрах двигателя относительно угла поворота вала, а также точно рассчитывать изменения объемов в цилиндрах. Это дает важнейшую информацию о характеристиках двигателя, что удачно дополняет классические подходы виброакустических измерений.

К модулям Simcenter SCADAS подключаются датчики давления в цилиндре и импульсный датчик угла поворота коленвала. Решение Simcenter Testlab Combustion Analysis автоматически компенсирует дрейф показаний датчика давления в цилиндре, вызванный тепловым ударом.

Поддерживается компенсация дрейфа на основе эталонного абсолютного давления и метод политропного сжатия. Simcenter Testlab позволяет построить графики зависимости «давление-объем» (P-V диаграммы) и рассчитать показатели среднего эффективного давления в цилиндре, включая индикаторное среднее эффективное давление, среднее эффективное давление подачи и общее среднее эффективное давление. Выполняются стандартные виды статического анализа – определение максимального давления, угла поворота коленвала при максимальном давлении, скорости нарастания давления, что оставляет время для задания более продвинутых индивидуальных показателей.



Детальное изучение характеристик процессов горения с помощью приложения Simcenter Testlab Combustion Analysis.

Достижение заданных акустических характеристик

Решение Simcenter Testlab Acoustics представляет собой целый набор тесно интегрированных инструментов для проведения таких видов акустических испытаний, как оценка мощности звука, локализация источников шума и оценка качества звука.

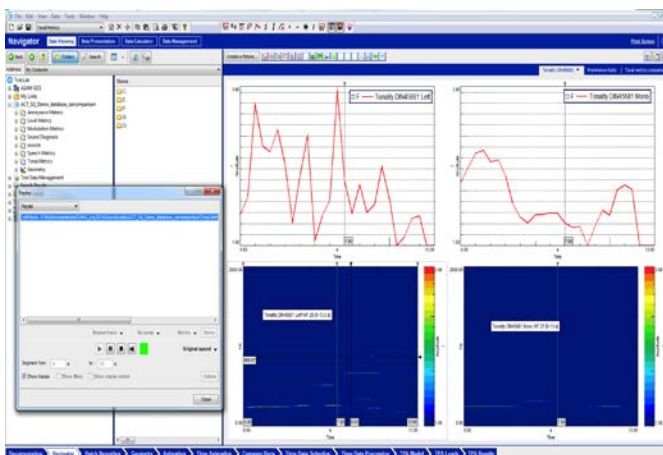
Наши решения в полной мере обеспечивают проведение акустических испытаний с измерением мощности звука двигателей и силовых агрегатов с использованием микрофонов свободного поля по стандартам ISO 3745 и ISO 3744, либо по собственным стандартам предприятия. Кроме того, можно выполнять измерения интенсивности звука сканированием (по стандарту ISO 9614). Это более трудоемкий метод, но он позволяет получить глубокое понимание источников излучения звука.

Более продвинутые методы используют микрофонные решетки Simcenter, для улучшенной локализации источников шума. Дополнительным преимуществом их применения является возможность локализации источников шума на переходных режимах, например, при запуске и разгоне двигателя. Богатый набор инструментов обработки данных помогает получать точные результаты в самом широком частотном диапазоне, анализировать звуковую мощность силовых агрегатов и проводить ранжирование источников звука.

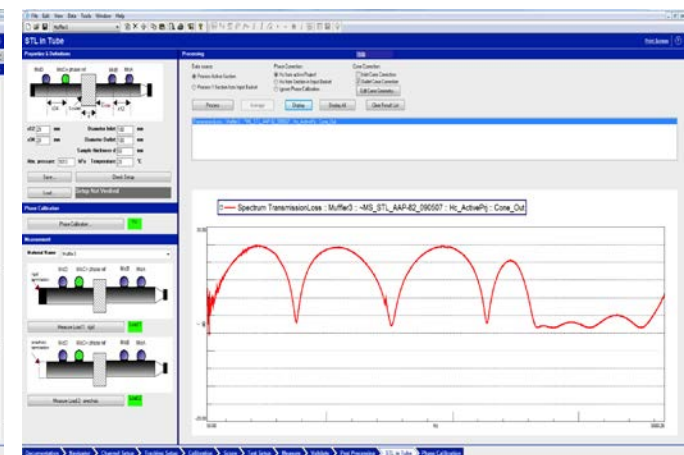
Оценка качества звука

Решение Simcenter Testlab Sound Quality выполняет калиброванное воспроизведение стереозвука и помогает применять метод экспертных оценок, а также использовать значительное число количественных показателей качества звука двигателей и трансмиссий. Электрические силовые установки отличаются низким уровнем шума, но это не обязательно ведет к повышению качества звука. Поэтому важность количественных показателей качества только растет. Поддерживаются следующие показатели качества звука:

- громкость звука (по стандарту ISO 532B) или громкость переменная во времени по стандарту Немецкого института стандартизации DIN 45631;
- резкость звука (по стандарту DIN 45692, показатели Цвикера и Ауреса) на основании показателей громкости или громкости переменной во времени;
- показатели модуляции звука (амплитуда флуктуаций, «грубость», карты модуляции и пр.);
- тональные показатели (соотношение «тон-шум», тональность, распределение тонов, высота звука и пр.);
- показатели качества устной речи (коэффициент артикуляции и уровень разборчивости речи);



Воспроизведение, фильтрация и просмотр данных в реальном времени в Simcenter Testlab Sound Quality.



Количественная оценка степени поглощения звука звукоизолирующих материалов и конструкций с помощью Simcenter Testlab Sound Transmission Loss.



Локализация источников звука в реальном времени с помощью микрофонной решетки Simcenter Testlab High Definition Acoustic Camera.

Оценка свойств звукопоглощения

Решение Simcenter Testlab Sound Transmission Loss позволяет измерять потери колебательной энергии при передаче звука в системе выхлопа с использованием импедансной трубы и четырех микрофонов.

Основные преимущества

- Пошаговое управление действиями пользователя
- Калибровка по амплитуде и фазе
- Устранение шумов из сигнала благодаря использованию метода оценки матрицы передаточных функций для четырех микрофонов
- Коррекция ошибок, вызванных наличием конических переходников между испытываемой выхлопной системой и импедансной трубой
- В результате расчета определяются коэффициент потери при передаче звука (transmission loss), параметры беззвонного отражения, передачи звука, звукопоглощения и акустического импеданса.

Локализация источников звука

Simcenter Testlab High Definition Acoustic Camera – высокоуниверсальное решение для локализации источников звука. Оно позволяет обнаруживать источники звука на установившихся и переходных режимах, а продвинутые алгоритмы обеспечивают точные результаты в самом широком диапазоне частот. Это мощная система, применяемая на стендах испытаний двигателей, трансмиссий и их компонентов.

Основные преимущества

- Анализ шума в установившемся режиме при пуске и разгоне двигателя
- Различные варианты микрофонных решеток для оптимального соотношения между затратами и максимальным диапазоном частот (до 20 кГц)
- Прекрасный динамический диапазон (свыше 10 дБ) в основном диапазоне частот
- Акустическая голография в ближнем поле с неравномерно размещенными микрофонами обеспечивает высокое пространственное разрешение на частотах от 100 Гц
- Количественные результаты: вычисление мощности звука в выбранных зонах на голограмме с целью ранжирования источников и сравнения различных измерений
- Проведение когерентного анализа относительно опорного сигнала с целью нахождения источника шума, когерентного по отношению к опорному каналу
- Локализация источников шума в двигателе на гармониках различного порядка
- Разделение на акустической голограмме вклада шума, вызванного горением и шума механических компонентов

Поддержка принятия проектных решений на ранних этапах разработки

Инженеры стараются выполнять как можно больший объем численного моделирования уже на ранних этапах разработки. Такой подход помогает быстро принимать важнейшие проектные и конструкторские решения и с первого раза получать отличные конструкции двигателей и трансмиссий.

Однако виртуальные модели бесполезны, если они не являются точным представлением реальности. А для точного представления нужны высококачественные модели и корректные исходные данные о нагрузках.

Кроме того, для контроля результатов численного моделирования нередко необходимы непосредственные измерения на эксплуатационных режимах работы силового агрегата. Simcenter Testlab содержит широкий набор средств визуализации и обработки данных, помогающих легко и быстро проверять качество расчетных моделей, сравнивая результаты расчета с экспериментальными данными.

Для проверки расчетных моделей используются результаты экспериментальных модальных испытаний (модальные модели). Решения пакета Simcenter Testlab Structures обеспечивают все

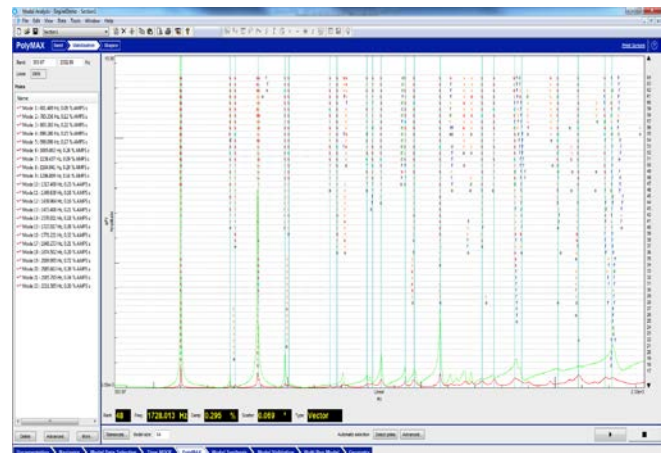
необходимое для получения надежных модальных моделей. Они применяются для оценки и уточнения расчетных моделей, а также для создания гибридных моделей, объединяющих экспериментальные и расчетные модальные модели в единую сборку в Simcenter.

Инструмент расчета свойств твердых тел в Simcenter Testlab Rigid Body Properties Calculator определяет важнейшие характеристики на основе экспериментальных амплитудно-частотных характеристик (АЧХ). К ним относятся координаты центра тяжести, моменты и главные оси инерции. Данный метод успешно вычисляет указанные параметры даже в случае очень сложной геометрии тел, когда традиционные подходы не дают нужной точности.

Решение Simcenter Testlab Transfer Path Analysis рассчитывает усилия в узлах крепления двигателя и силы, действующие на узлы трансмиссии, – важные исходные данные для последующего численного моделирования.

Решение Simcenter Testlab Structures содержит все необходимые инструменты и функции для проведения экспериментального модального анализа. Среди них – средства экспериментального определения АЧХ с применением множества

Расчет максимально понятной стабилизационной диаграммы для выбора модальных параметров с использованием приложения Simcenter Testlab Polymax.





Системное моделирование помогает принимать важнейшие проектные решения на ранних этапах разработки.

различных методов возбуждения колебаний, включая ударное воздействие, случайное воздействие и воздействие сигналами заданной формы.

Самонастраиваемые вибровозбудители Simcenter Qsources отличаются высокой точностью и простой подготовкой к испытаниям.

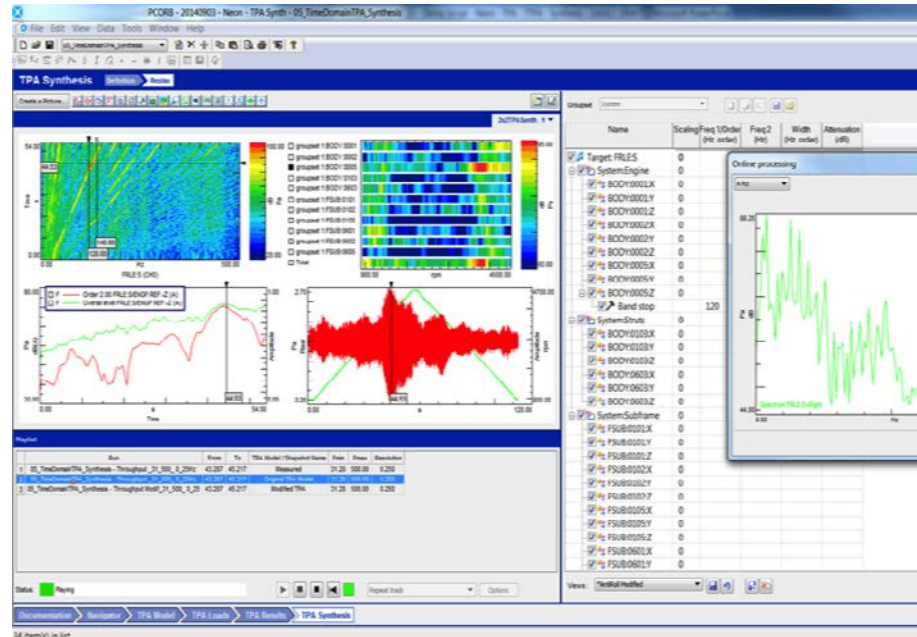
В решении Simcenter Testlab Modal Analysis модальные параметры выделяются на стабилизационной диаграмме автоматически или вручную, что позволяет получить точный набор модколебаний для систем как с низкой, так и с высокой степенью демпфирования.

Основные преимущества

- Быстрое, эффективное и точное решение
- Встроенный рабочий процесс
- Настройка измерительных каналов с использованием геометрии объекта испытаний устраняет ошибки инструментирования и подготовки испытаний
- Широкий выбор методов возбуждения колебаний (с ударным молотком или вибростендами), для исследования линейных и существенно нелинейных систем
- Линейка самонастраиваемых миниатюрных вибровозбудителей Simcenter Qsources, помогающих быстро и точно снимать АЧХ
- Решение Simcenter Polymax дает наглядные стабилизационные диаграммы для быстрого и надежного выбора модальных параметров
- Большой набор инструментов для проверки и сравнения модальных моделей, таких как, Критерий Модальной Достоверности (MAC-матрица)
- Прямая интеграция с Simcenter Simulation для уточнения расчетных моделей по результатам модального анализа

Интеграция силовых агрегатов без компромиссов

Оценка путей передачи колебаний с Simcenter Testlab TPA Synthesis.



Малолитражные силовые агрегаты отличаются значительно большими колебаниями крутящего момента, что вызывает усиленную вибрацию, передаваемую на сидения и рулевую колонку. Кроме того, требуется глубокая оптимизация работы на переходных режимах при пуске и разгоне двигателя, когда возрастает важность характеристик вибрации и шума. Решения Simcenter для проведения испытаний силовых агрегатов помогают повысить вибрационный и акустический комфорт транспортного средства на этапе интеграции силового агрегата. Это способствует не только быстрой диагностике и устранению выявленных проблем, но и их исключению еще на этапе проектирования.

Оперативно задание целевых значений и контроль их достижения в дорожных испытаниях

Портативная система сбора и регистрации данных Simcenter SCADAS XS предназначена для оперативной диагностики и устранения проблем с вибрациями и шумом. Это идеальное

средство для оценки акустических и вибрационных параметров непосредственно при проведении дорожных испытаний транспортного средства. Система Simcenter SCADAS XS отличается компактностью и очень удобна для проведения измерений «на ходу».

- Она свободно помещается в кармане, а время работы от аккумулятора достигает шести часов
- Запись данных в Simcenter Testlab в автономном режиме или при помощи планшета
- Запись данных с применением шаблонов

Одновременная обработка до 12 входных сигналов напряжения с пьезодатчиков. Кроме того, поддерживается подключение двух датчиков оборотов, имеется встроенный приемник GPS, поддержка цифровых шин данных CAN, стандарта бортовой диагностики OBD-II, цифровых стереофонических (бинауральных) голов и стереонаушников модели Simcenter SCADAS 3D Binaural.

От диагностики проблем – к выявлению причин их возникновения

В решении Simcenter Testlab Transfer Path Analysis реализован систематический подход к выявлению критических путей передачи энергии вибрационных и акустических колебаний между компонентами силового агрегата и автомобиля. Широкий выбор методик обработки сигналов гарантирует высокую точность даже в условиях ограниченного времени проведения испытаний и расчетов. Методика анализа путей передачи колебаний (ТРА) определяет вклад путей от различных источников (например, двигателя или кузова) в формирование суммарных вибраций в заданной точке. Четкое и наглядное графическое представление результатов помогает легко уяснить вклад каждого источника. После создания модели ТРА пользователь может легко изменять нагрузки и пути передачи для оценки влияния таких изменений на вибрации и шум в исследуемой точке.

Решение Simcenter Testlab Time Domain TPA позволяет выполнять анализ путей передачи колебаний на переходных режимах, рассчитывая вклад каждого пути с учетом изменений во времени. В области низких частот наряду с классическими акселерометрами в полной мере поддерживается использование тензодатчиков.

Приложение Simcenter Testlab TPA Synthesis решает задачи снижения шума двигателя и трансмиссии, а также оценки влияния

вносимых в конструкцию изменений на акустический комфорт на борту и в салоне автомобиля. При воспроизведении записанных сигналов предусмотрено удобное переключение между различными ТРА-моделями, что значительно упрощает выбор целевых значений и сравнение различных вариантов конструкции.

Современные вибрационные и акустические возбудители колебаний обеспечивают проведение самых сложных видов виброакустических испытаний

В практике ТРА используется большое количество передаточных функций. Для каждой функции необходимо выполнять измерения, что требует наличия высокоэффективных средств проведения испытаний. Вибровозбудители Simcenter Qsources обеспечивают точные и эффективные измерения передаточных функций при проведении ТРА-анализа. Используя эти миниатюрные вибровозбудители, можно получать АЧХ, параметры ТРА, проводить модальные испытания и оценку опорных точек. Вибровозбудители выпускаются в различных исполнениях, что делает их пригодными для решения любых задач в любом частотном диапазоне. Кроме того, они являются самоцентрируемыми и имеют высокую плотность энергии возбуждения. Их установка очень проста, в том числе и в труднодоступных местах: достаточно наклеить вибровозбудитель непосредственно на элемент конструкции.



Надежное и эффективное определение акустических передаточных функций при помощи среднечастотных излучателей Simcenter QSource.



Миниатюрные самоцентрируемые вибровозбудители Simcenter QSource позволяют быстро и точно получать передаточные функции при установке в любой точке конструкции.

Оценка прочностных и усталостных характеристик компонентов современными методами вибрационных испытаний

Двигатель, трансмиссия и большинство их узлов должны проходить целую серию вибрационных испытаний. Устойчивость к вибрационным нагрузкам должна соответствовать ряду стандартов. Для контроля их соблюдения применяются различные виды испытаний, среди которых – функциональные и усталостные испытания. Решение Simcenter Testlab Dynamic Environmental Testing поддерживает все необходимые способы возбуждения колебаний. Кроме того, оно позволяет задавать индивидуальные пользовательские параметры и профили нагружения.

Полнофункциональное решение для проведения испытаний на вибрационные и ударные воздействия

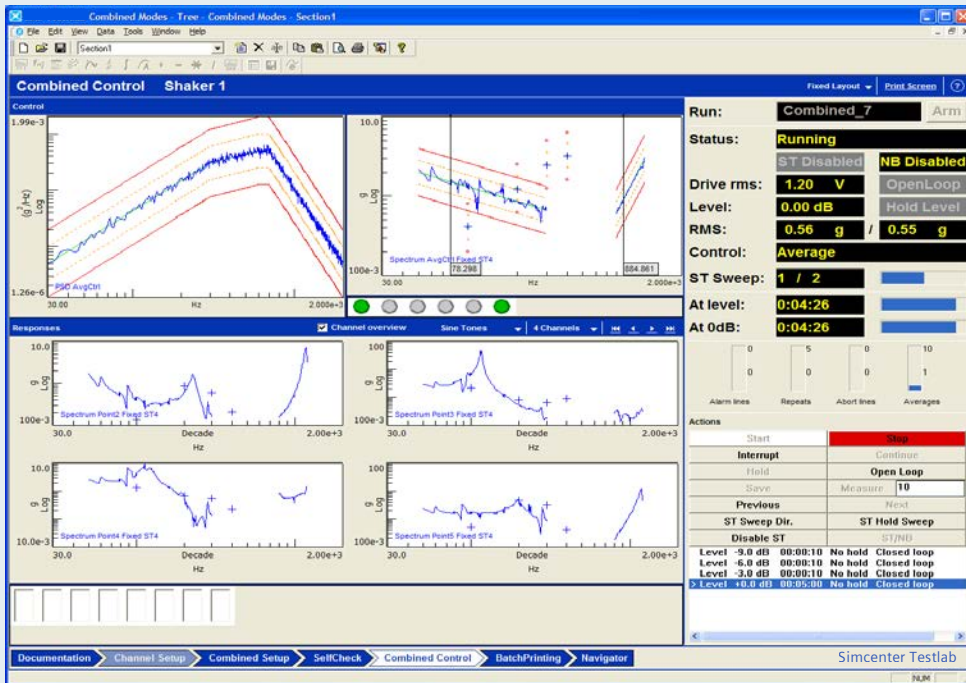
Решение Simcenter Testlab Dynamic Environmental Testing предназначено для проведения испытаний на воздействие вибраций по одной или нескольким осям одновременно. Современные алгоритмы в реальном времени управляют уровнем нагрузок, воздействующих на испытываемый образец.

Система Simcenter Testlab Random Control Workbook точно и надежно создает гарантированно случайный характер нагружения с заданным профилем спектральной плотности мощности. Пользователь может задавать значение эксцесса распределения сигнала возбуждения и проводить лабораторные испытания в условиях, достаточно точно приближенных к реальным условиям эксплуатации. В сигналы возбуждения (с заданным профилем спектральной плотности мощности) добавляются пики или всплески, которые наблюдаются в реальности. Благодаря этому точность воспроизведения эксплуатационных условий значительно возрастает.

Решение Simcenter Testlab Sine Control о обеспечивает надежное управление гармонической вибраций с разверткой по частоте. Решение Simcenter Testlab Tracked Sine Dwell предназначено для возбуждения испытываемого объекта на фиксированной частоте в течение либо заданного интервала времени, либо заданного числа циклов. Модуль Simcenter Testlab Combined Modes поддерживает произвольные сочетания случайных и мульти-гармонических сигналов возбуждения.

От стандартных методик испытаний – к уникальным

Каждый компонент испытывает динамические нагрузки по-разному. Динамические нагрузки определяются конструкцией, материалами и режимами эксплуатации. Модуль Simcenter Testlab Mission Synthesis предназначен для редактирования профилей проведения испытаний, чтобы каждый компонент проверялся на корректном уровне нагрузок, действующих на него в реальных условиях эксплуатации. В модуле Testlab Mission Synthesis параметры испытаний на воздействие случайных и синусоидальных вибраций задаются на основании результатов измерений, выполняемых в ходе эксплуатации изделия. Полученные методики испытаний специально предназначены для конкретного рассматриваемого случая. Это гарантирует, что при испытаниях в ускоренном режиме воспроизводятся реальные усталостные повреждения, накапливаемые в конструкции.



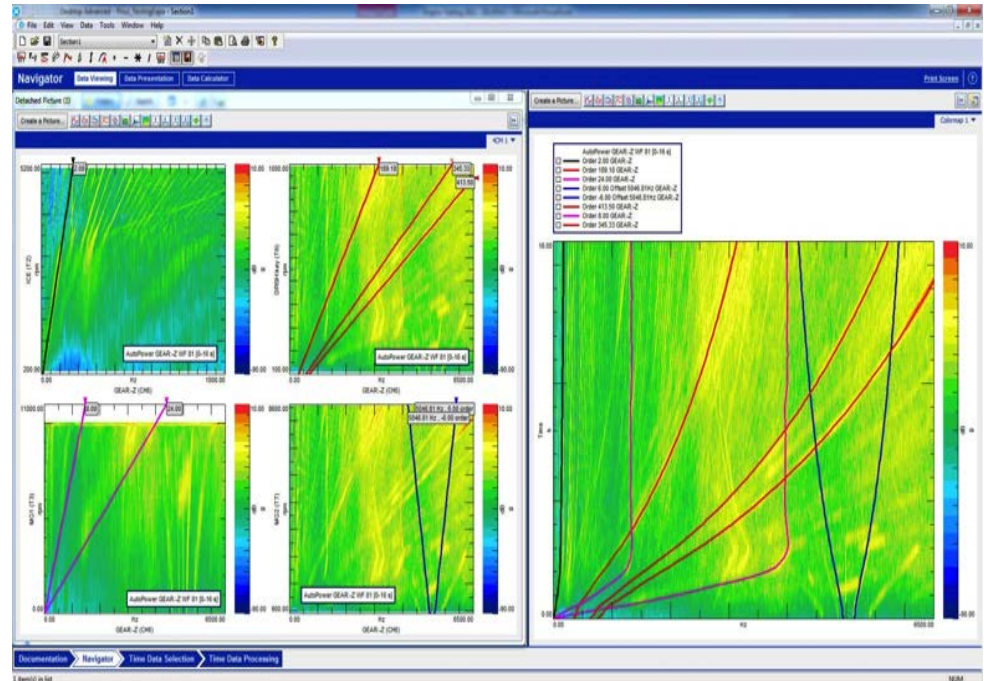
Проведение надежных и репрезентативных испытаний компонентов на случайной вибрации с помощью Simcenter Testlab Random Control.

Зафиксированные в процессе эксплуатации перегрузки анализируются с целью расчета усталостной прочности компонентов. При этом применяются спектры максимального отклика (MRS) и усталостных повреждений (FDS). Новый профиль нагружения для вибропрочностных испытаний получается после экстраполяции усталостного повреждения на весь срок службы изделия с учетом запаса прочности.

Обычно испытания проводятся отдельно по каждой оси. Однако, это не отражает реальных условий, когда возбуждение одновременно прикладывается по многим направлениям. Аналогично многоосным стендам, имитирующим дорожные нагрузки во временной области в усталостных испытаниях, приложение Simcenter Testlab MIMO Random позволяет управлять многоосным/многокомпонентным нагружением по заданной спектральной плотности мощности.

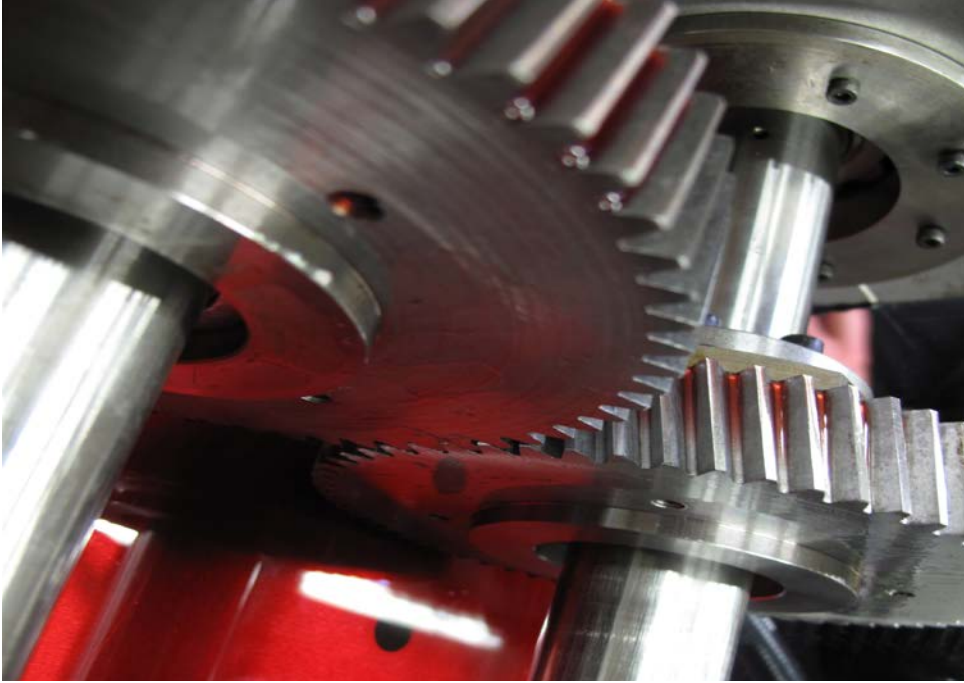
Виброакустические испытания в эпоху электромобилей

Всего одного щелчка мыши в Simcenter Testlab достаточно, чтобы поменять подпись под осью частоты вращения вала гибридной силовой установкой на каскадной диаграмме



Современные тенденции перехода на гибридные и полностью электрические автомобили ставят новые задачи перед проведением виброакустических испытаний. Разумеется, уровень шума электродвигателя значительно ниже, чем у классического двигателя внутреннего сгорания, но вот качество звука совершенно не обязательно оказывается лучше. Электродвигатели создают гораздо более интенсивные высокочастотные шумы, раздражающие и водителя, и пассажиров. Звуковое поле, как правило, содержит гармоники более высоких порядков, а силовая электроника излучает дополнительные высокочастотные симметричные (off-zero) гармоники. Более того, приходится иметь дело с совершенно новыми источниками звука, например, с системой охлаждения аккумуляторной батареи.

Решение Simcenter Testlab обладает всей необходимой функциональностью для анализа гармоник любого порядка, включая новые высокочастотные симметричные (off-zero) гармоники. Программа поддерживает широкий выбор показателей качества звука, многие из которых представляют особый интерес в плане количественного измерения уровня того или иного тона колебаний. Типичные примеры таких показателей – тональность, распределение тонов, резкость звука и (или) их сочетания.



Точные измерения погрешностей в зубчатых зацеплениях при помощи модуля Simcenter Testlab Signature Testing помогают устранять «воющий» шум в трансмиссии.

Виброакустические характеристики гибридных силовых установок нередко оказываются более сложными, так как в таких системах имеется множество вращающихся источников звука. Например, гибридный привод параллельной схемы с устройством деления мощности состоит из двигателя внутреннего сгорания, работающего параллельно с двумя электродвигателями. В результате возникает множество пересекающихся гармоник, и связать ту или иную гармонику с конкретным источником шума становится затруднительно. В решении Simcenter Testlab достаточно одного щелчка мышью, чтобы поменять подпись под осью частоты вращения на каскадной диаграмме и связать гармоники с подлинным источником. При этом методика ТРА дает количественную оценку параметров источников шума во впускном коллекторе и выхлопной системе.

Электрофицированные силовые установки предъявляют новые требования к трансмиссиям. Повышенные частоты вращения могут вызывать появление высокочастотного воя. Решения Simcenter для проведения испытаний точно оценивают и анализируют несоответствия в конструкции, а собранные экспериментальные данные применяются для проверки и совершенствования расчетных моделей.

О компании Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, бизнес-подразделение департамента Digital Factory концерна Siemens – ведущего мирового поставщика программных решений для цифрового преобразования промышленности, обеспечивает новые возможности для воплощения инноваций. Штаб-квартира расположена в г. Плано, шт. Техас, число заказчиков превышает 140000 компаний в мире. Siemens PLM Software сотрудничает с компаниями любого размера, помогает воплощать идеи в жизнь, преобразовывать процессы создания и эксплуатации новых изделий. Для получения дополнительной информации по продуктам и услугам компании Siemens PLM Software посетите сайт www.siemens.com/plm.

Головной офис:	+1 972 987 3000
Северная и Южная Америки:	+1 248 952 5664
Европа:	+32 16 384 200
Азиатско-Тихоокеанский регион:	+852 2230 3308

© 2018 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Siemens и логотип Siemens являются зарегистрированными товарными знаками компании Siemens AG. Femap, HEEDS, Simcenter 3D и Teamcenter являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками компании Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. или ее филиалов в США и других странах. Simcenter, Simcenter Amesim, LMS Samtech Samcef, LMS Samcef Caesam, Simcenter SCADAS, Simcenter Testxpress, Simcenter Soundbrush, Simcenter Sound Camera, Simcenter Testlab и LMS Virtual.Lab являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками компании Siemens Industry Software NV или ее дочерних компаний. Simcenter STAR-CCM+ и STAR-CD являются зарегистрированными торговыми марками компании Siemens Industry Software Computational Dynamics Ltd. Все прочие торговые марки, зарегистрированные торговые марки или услуги являются собственностью их владельцев.

47493-A19 8/18 А