

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Mazda Motor Corporation

Операционный анализ мод

Япония

Автомобильная промышленность

PULSE, программное обеспечение, преобразователи

Mazda Motor Corporation базируется в Хиросиме (Япония) и занимается производством автомобилей с 1931 года. Сегодня Mazda ассоциируется с производством высококачественных автомобилей, которые продаются по всему миру, а в 2003 году заводы Mazda в Японии и других странах выпустили более миллиона легковых автомобилей и транспортных средств для коммерческих перевозок. Mazda стремится пропагандировать высшие ценности – пробуждать в своих клиентах интерес и дарить им радость самыми лучшими продуктами и услугами на автомобильном рынке. Mazda неуклонно движется к этой цели и является одной из самых продвинутых автомобильных компаний в мире.

В июле 2002 года Mazda заказала у Brüel & Kjær 220-канальную систему сбора и анализа данных о шумах и вибрациях на базе PULSE™. Большей частью система применяется в передовой лаборатории шумовых и вибрационных испытаний Mazda для анализа мод с целью оптимизации шумов и вибраций силового привода. Это также позволит Mazda сконцентрироваться на анализе высокочастотных шумов своих транспортных средств.



Фотографии любезно предоставлены Mazda Motor Corporation

Mazda Motor Corporation

Mazda Motor Corporation, базирующаяся в Хиросиме (Япония), производит широкий спектр пассажирских автомобилей и коммерческих транспортных средств. В 2003 году на производственных площадках Mazda в Хиросиме и Хофу (Hofu) было выпущено более 800000 легковых и грузовых автомобилей. Более 550000 ушло на экспорт. Mazda – один из крупнейших работодателей запада Японии, штат компании насчитывает около 20000 человек. Легковые и грузовые автомобили Mazda собираются также в 14 других странах мира. В 2003 году на этих фабриках было произведено более 240000 автомобилей и коммерческих транспортных средств.

Компания Mazda была основана в 1920 году, а к производству автомобилей приступила в 1931. К концу декабря 2001 года общее число произведенных ей на территории Японии автомобилей достигло приблизительно 35,3 миллионов единиц.

Современное производство

Завод Mazda в Хиросиме – одна из крупнейших сборочных площадок мировой автомобильной промышленности; ее годовой производственный потенциал составляет около 500000 единиц. Открытый в сентябре 1982 года завод Хофу I производит более 230000 автомобилей в год. Хофу II – сверхсовременный завод, открытый в феврале 1992 года, обладает годовой производительностью в 163000 единиц. Все сборочные мощности Mazda могут производить любой набор различных моделей. В июне 2000 года вся деятельность Mazda в Японии была сертифицирована по ISO 14001 – международному стандарту мер по охране окружающей среды. Зарубежные заводы Mazda также имеют сертификаты ISO 14001.

Внимание к охране окружающей среды и к безопасности

Mazda уделяет особое внимание исследованиям и разработкам в области охраны окружающей среды, стремясь добиться максимальной гармонии автомобилей, общества и природы. Основные направления работы включают в себя меры по обеспечению безотходности, повышение эффективности топлива и уменьшение выбросов.

Mazda стремится к тому, чтобы ее продукция снабжена технологиями активной и пассивной безопасности высочайшего уровня; компания разработала собственную концепцию «Автомобиля повышенной безопасности» (Advanced Safety Vehicle - ASV), в которой используются новейшие технологические достижения. В их число входит система предотвращения столкновений, которая обнаруживает приближающиеся автомобили и пешеходов, позволяя избежать столкновения.

Долгое партнерство в сфере шумовых и вибрационных испытаний

Рис. 1 Mazda заказала большую 220-канальную систему PULSE для проведения модального анализа, чтобы максимально оптимизировать шумовые и вибрационные характеристики трансмиссии автомобиля



Сотрудничество Mazda и Brüel & Kjær длится много лет, и все это время Mazda неизменно оставалась верна средствам анализа шумов и вибраций от Brüel & Kjær. У Mazda имеется много «комплектов» PULSE, в сумме обеспечивающих большое количество каналов измерения и анализа шумов и вибраций. Mazda является обладателем новейших систем сбора шумовых и вибрационных данных и планирует увеличить их число в ближайшие годы.

В июле 2002 года Mazda заказала большую нестандартную 220-канальную систему PULSE для проведения анализа мод в отделе силового привода. Ее задача – добиться более эффективной оптимизации шумовых и вибрационных характеристик силового привода автомобилей. Требованием Mazda был сбор данных в частотной и временной области до и после изменения и экспорт временных данных для обработки программным обеспечением операционного анализа мод.

Система PULSE может одновременно проводить измерения шумов и вибраций на частотах до 12,8 кГц по всем 220 каналам. Полученные данные поступают на одну из двух рабочих станций операционного модального анализа (ОМА) в отделе силового

привода Mazda, где проводится их детальный анализ. Хотя в момент размещения заказа система PULSE имела ограничение в 128 каналов, Mazda предпочла Brüel & Kjær решениям других поставщиков. Решающими факторами оказались долгие отношения, связывающие Mazda и Brüel & Kjær, удовлетворенность работой имеющихся у Mazda систем PULSE и вера компании в мощность и разнообразие алгоритмов программного обеспечения Brüel & Kjær 7760 для операционного анализа мод.

Тестирование силового привода

Рис. 2 Г-н Ясунори Канда – ассистент менеджера группы исследования и тестирования отдела разработки силового привода



Отдел силового привода Mazda Motor Corporation включает в себя подразделения R&D, занимающиеся разработкой двигателей, коробок передач, трансмиссий и систем выпуска (глушителей). С помощью систем сбора данных PULSE от Brüel & Kjær каждое из подразделений проводит активные разработки, тестирование и анализ этих систем и их компонентов.

Две группы в отделе R&D компании Mazda решили осуществлять ОМА

совместно. Кроме этого ежедневно проводится большое число общих процедур тестирования и оценки шумовых и вибрационных характеристик.

Г-н Ясунори Канда (Yasunori Kanda) – ассистент менеджера группы исследования и тестирования отдела разработки силового привода. Он объясняет: «Для наших лабораторий PULSE – это крайне эффективное средство тестирования и анализа для оптимизации проектирования и ускорения разработки продукта. К примеру, несколько систем PULSE по 24 канала каждая ежедневно применяются для стендовых испытаний на шумы и вибрации. Для более сложных измерительных методик, например, при использовании Brüel & Kjær Non-stationary STSF Software Type 7712 и метода инвертированных граничных элементов (Inverse Boundary Element Method - IBEM) проблемы эффективно решаются с помощью нашей 66-канальной и 120-канальной системы».

Кроме этого в распоряжении Mazda есть несколько систем сбора данных PULSE IDA/IDA° более, чем на 30 каналов каждая, для обработки форм отражения и обычного экспериментального анализа мод. Они тесно связаны коммуникационными каналами с программным обеспечением Mazda CAE. Наконец, компания оснащена программой Brüel & Kjær PULSE Sound Quality Software Type 7698. В общем, возможности Mazda в области шумовых и вибрационных испытаний огромны.

Результаты

Рис. 3 220-канальная система ОМА на базе PULSE применяется также при стендовых испытаниях шасси для исследования вибрационных характеристик силового привода



До нынешнего дня решения Brüel & Kjær для шумовых и вибрационных испытаний позволяли Mazda достичь хороших результатов. Использование результатов испытаний при проектировании и эффективное устранение недостатков значительно сократили время разработки.

Г-н Канда продолжает: «Тем не менее, в будущем высокочастотные шумы станут серьезной проблемой. До сегодняшнего дня на них не обращали особого внимания, тогда как низкочастотные шумы и вибрации уже взяты под жесткий контроль».

«Поэтому мы решили ввести операционный модальный анализ на базе PULSE. Это – мощный и гибкий инструмент многоканального высокочастотного анализа, позволяющий нам бороться с источниками высокочастотных шумов. Также он позволяет установить Критерии Подтверждения Мод (Modal Assurance Criteria - MAC) различных форм колебаний для анализа конечных элементов и ОМА.

Отдел силового привода Mazda проводит ежедневные испытания на шумы и вибрации. 220-канальная система ОМА на базе PULSE применяется также при стендовых испытаниях шасси для исследования вибрационных характеристик силового привода. Вокруг коробки передач и двигателя устанавливается большое количество трехосных акселерометров, каждый из которых оснащен TEDS.

Рис. 4 Манекен (голова и туловище) Brüel & Kjær Head and Torso Simulator Type 4128C (HATS) располагается на переднем пассажирском сидении, и проводит двухканальные измерения шума в кабине. Дополнительные микрофоны располагаются в кабине



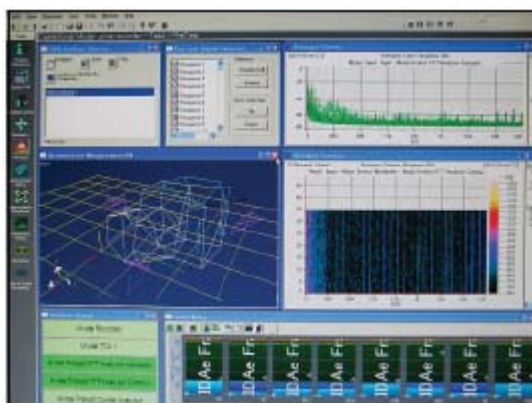
Манекен (голова и туловище) Brüel & Kjær Head and Torso Simulator Type 4128C (HATS) располагается на переднем пассажирском сидении, и проводит двухканальные измерения шума в кабине. Еще несколько микрофонов находятся в других частях кабины и отсека двигателя. Данные собираются с этих датчиков одновременно на протяжении 90 секунд разогрева двигателя. Полученные данные

используются для анализа путей распространения шума, форм операционного отражения, оценки качества звука и ОМА.

В этом заключается одно из главных преимуществ многоканальных измерений и применения различных видов анализа: для применения большого числа аналитических методик не требуется дополнительных испытаний.

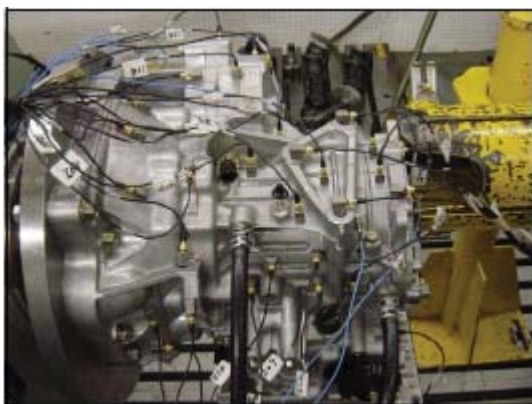
Операционный модальный анализ 7760

Рис. 5 Operational Modal Analysis Type 7760 в сочетании с Modal Test Consultant Type 7753 представляет собой очень эффективный инструмент анализа структур, возбуждение которых осуществляется как изнутри, так и извне



Операционный модальный анализ (ОМА) позволяет осуществлять анализ мод на основе одних лишь реакций структуры. В этом заключается принципиальное отличие от традиционного экспериментального анализа мод, который основывается на значениях частотной характеристики между возбуждением и реакцией на выходе. Это означает, что подготовка испытания для ОМА относительно проста. Достаточно просто измерить время реакции в нормальных рабочих условиях, например, при динамометрических испытаниях шасси или даже на испытательном треке!

Рис. 6 Имеющаяся в распоряжении Mazda система на основе ПК позволяет одновременно получать данные по 120 каналам. На рисунке показаны 70 трехосных акселерометров модели 66A12, установленных на коробке передач на одном из испытательных стендов силового привода Mazda



Первоначально ОМА разрабатывался в основном для нужд гражданского строительства: зданий, мостов и т.п., подвергающихся естественным воздействиям ветра, волн и транспортным нагрузкам.

Благодаря тому, что Brüel & Kjær улучшили алгоритм расчета, а мощность компьютеров неимоверно возросла, ОМА превратился в крайне эффективный инструмент для решения задач механики в автомобильной, авиационной

промышленности, техническом машиностроении: в случае, если возбуждение структуры осуществляется и снаружи, и изнутри.

С точки зрения машиностроения, установление модальных параметров, когда структура находится в рабочем состоянии, крайне выгодно, поскольку полученная модель мод отражает реальные уровни воздействий и вибрации в действительно граничных состояниях. Это также позволяет проводить испытания механических систем, с трудом поддающихся механическому возбуждению, а также тех, для которых невозможно напрямую измерить силу воздействия на входе. Эти преимущества важны и для инженеров, занимающихся силовым приводом в Mazda, поскольку они существенно уменьшают время тестирования, предоставляя, в то же время, данные отличного качества.

Задачи

Рис. 7 Инженеры Mazda используют Brüel & Kjær Non-stationary STSF Type 7712. На рисунке приведена стандартная испытательная установка для оценки звука, генерируемого коробкой передач

Снятие ограничения в 128 каналов было не единственной проблемой. В отличие от большинства других случаев применения модального анализа, требовалось обеспечить частотный диапазон в 12,8 кГц, а для этого необходимо записывать и анализировать большое число измерений. Программные алгоритмы ОМА требовалось существенно доработать, чтобы они могли обрабатывать большое количество данных в одном блоке. Эти модификации



были внесены в стандартное программное обеспечение PULSE, начиная с версии 8.0, вышедшей во второй половине 2003 года.

PULSE оказался подходящим решением для Mazda. Его основу составила полностью модульная и масштабируемая система на платформе ПК, а сырые, оценочные и аналитические данные по 220 каналам до 12,8 кГц могут обрабатываться одновременно, в рамках одного измерения.

Подходящее решение

220-канальное решение для испытательного стенда Mazda на основе PULSE состоит из:

- о Двух очень мощных компьютеров: один обеспечивает графический интерфейс, а второй – сбор данных
- о Программное обеспечение PULSE:
 - PULSE FFT&CPB Analysis Type 7700
 - Data Recorder Type 7701
 - Time File Management Type 7789
 - Modal Test Consultant™ Type 7753
 - Operational Modal Analysis Type 7760
- о Восемь комплектов 3560D. Каждый комплект содержит модули интерфейса, обеспечивающие в сумме возможность сбора данных по 30 каналам.
- о 70 трехосных акселерометров ENDEVCO модели 66A12 (100 мВ/г) с TEDS
- о Две отдельных станции для проведения ОМА

Расчет ОМА производится на высокопроизводительных компьютерах в двух зданиях R&D. Оба компьютера стандартные, так что их легко обслуживать и модернизировать, они многофункциональны и мобильно, так что при необходимости их можно использовать в других решениях PULSE при испытаниях в сфере автомобильной промышленности.

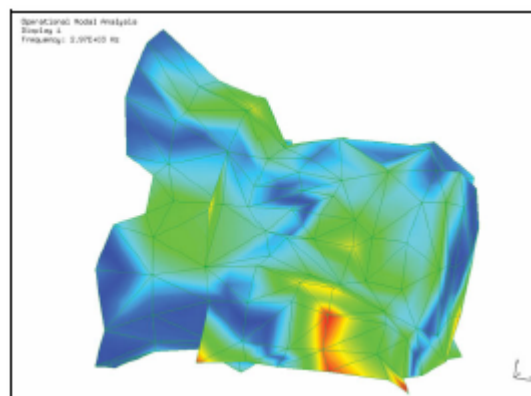
Ближайшее будущее

В течение этого года отдел силового привода Mazda в Хиросиме получит дополнительные системы PULSE на основе новых интерфейсных модулей 3038 и 3037, по 17 каналов каждая. Это повысит возможности Mazda по одновременному проведению высокочастотных измерений для ОМА и нестационарного STSF использованием существующей платформы PULSE IDA^е.

Г-н Канда говорит: «Благодаря ОМА мы легко обнаруживаем проблемы, связанные с механическими шумами: структурные резонансы коробок передач и проявления внутренних резонансов, даже если ситуация осложнена большим числом вращающихся деталей и множеством резонансов соответствующих структур».

Инженеры Mazda, занимающиеся шумами и вибрациями, очень довольны гибкостью аппаратной и программной платформы PULSE. Компания может использовать свою 220-канальную систему для сбора данных, обработки или анализа в режиме реального времени в других системах испытаний на шумы и вибрации Brüel & Kjær; например, для порядкового анализа, ODS, ОМА, стандартного анализа мод, акустической голографии и анализа значимости пути от источника – все на

Рис. 8 Стандартный результат работы 220-канальной системы ОМА на базе PULSE. Сбор и анализ данных о коробке передач проходит через программное обеспечение CAE и передается всем заинтересованным отделам



одной платформе. Все данные легко передаются и предоставляются пользователям средствами CAE компании Mazda.

В заключение г-н Канда говорит: «Brüel & Kjær отлично выдерживают конкуренцию с другими компаниями в сфере решений для тестирования на шумы и вибрации. Мы очень довольны новой системой ОМА. Мы значительно улучшили нашу систему испытаний и можем теперь пользоваться тестами различных типов. В будущем мы рассчитываем на более тесное сотрудничество с Brüel & Kjær».

Ключевые моменты

- o Mazda занимается производством автомобилей с 1931 года
- o В 2003 году в Хиросиме и Хофу было выпущено более 800000 легковых и грузовых автомобилей Mazda
- o Mazda – один из крупнейших работодателей запада Японии, штат компании насчитывает около 20000 человек
- o Сотрудничество Mazda и Brüel & Kjær длится много лет, и все это время Mazda неизменно оставалась верна средствам анализа шумов и вибраций от Brüel & Kjær
- o В распоряжении Mazda находится несколько дюжин «наборов» PULSE, обеспечивающих различные возможности шумовых и вибрационных испытаний и анализа
- o В июле 2002 года Mazda заказала большую 220-канальную систему PULSE для проведения анализа мод в своей сверхсовременной лаборатории
- o Назначение системы ОМА – оптимизация шумовых характеристик силового привода
- o Система PULSE может одновременно проводить измерения шумов и вибраций до 12,8 кГц по 220 каналам
- o Решающими факторами оказались долгие отношения, связывающие Mazda и Brüel & Kjær, удовлетворенность работой имеющихся у Mazda систем PULSE и вера компании в мощность и разнообразие алгоритмов программного обеспечения Brüel & Kjær 7760 для операционного анализа мод
- o Важными преимуществами ОМА является простота подготовки испытания и возможность его проведения в обычных рабочих условиях
- o Использование результатов испытаний при проектировании и эффективное устранение недостатков значительно сократили время разработки
- o «В будущем высокочастотные шумы станут серьезной проблемой. Поэтому мы решили ввести операционный модальный анализ на базе PULSE. Это – мощный и гибкий инструмент многоканального высокочастотного анализа»
- o «Благодаря ОМА мы легко обнаруживаем проблемы, связанные с механическими шумами: структурные резонансы коробок передач и проявления внутренних резонансов, даже если ситуация осложнена большим числом вращающихся деталей и множеством резонансов соответствующих структур»
- o «Brüel & Kjær отлично выдерживают конкуренцию с другими компаниями в сфере решений для тестирования на шумы и вибрации. Мы очень довольны новой системой ОМА. Мы значительно улучшили нашу систему испытаний и можем теперь пользоваться тестами различных типов. В будущем мы рассчитываем на более тесное сотрудничество с Brüel & Kjær»