

КОМБИНИРОВАННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, СИСТЕМ И КОМПОНЕНТОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Марат Кашапов
Матвей Резников
info@ostec-smt.ru

Окончание. Начало в бюллетене «Поверхностный монтаж» № 4.

3 Комбинированные испытания автокомпонентов

Существует множество различных международных и национальных стандартов, регламентирующих требования к надежности автомобилей и методы их достижения: MIL, IEC, IPC, ГОСТ. Почти во всех случаях возможности современной техники опережают регламент стандартов. Некоторые компании приступают к созданию собственных стандартов, отвечающих современным техническим реалиям. Например, компания General Electric приступила к выпуску стандарта, регламентирующего одновременную вибрацию и удары в 3-х направлениях. Один



Рис. 5 Четырехопорная установка имитации дорожного профиля. Каждое колесо автомобиля подвергается воздействию двух или трехосной вибрации. 12 электродинамических вибростендов воспроизводят запись механического профиля непрерывно в течение 12 000 часов. Производитель – компания IMV Corp., Япония

из самых современных стандартов по обеспечению надежности транспортных средств JASO-D001, Japanese Automobile Standard Organization, "General rules of environmental testing for automotive electronic equipment" (Организация автомобильных стандартов Японии, «Основные требования к испытаниям автомобильной электроники»). Жесткость стандарта под-



Рис. 6 Установка трехосной одновременной вибрации TS-3000-4H японской автомобильной техники. Диапазон частот от 5 до 2000 Гц. Высокочастотный подшипниковый узел «увязки» трехосного механического

уровнем надежности японской автомобильной техники. Стандарт предусматривает различные виды строго регламентированных испытаний для повышения уровня надежности автокомпонентов, автомобильных систем и автомо-

билей в сборе (рис. 5). Широко применяется многокомпонентная вибрация (рис. 6). Например, для выявления дефектов при проведении симуляционных

3-х компонентного вибростенда более эффективно и экономически обоснованно: из-за максимального приближения к реальным условиям нагрузки появляется возможность отследить большее количество дефектов.

Новые достижения в науке и технике позволили воспроизвести на трехосной установке вибрацию с таким диапазоном частот, в котором находится большая часть механических факторов, действующих на автомобиль.

Инженеры компании IMV Corp. разработали высокочастотный подшипниковый узел (рис. 6), выполняющий функцию «увязывания» механических перемещений в трех направлениях. Амлитудно-частотная характеристика подшипникового узла имеет максимум при значении частоты более 2000 Гц.

Еще большей эффективностью обладают комбинированные испытания, в которых совмещены механическое и климатическое воздействие. В качестве отправных точек при проведении данного типа испытаний используются военный стандарт США MIL и стандарт IEC.

Комбинированные испытания (многокомпонентная вибрация, температура, влажность) позволяют определить уровень надежности и довести интенсивность отказов до необходимого уровня. Такие установки получают все более широкое распространение благодаря экономическому эффекту, достигаемому за очень короткое время при их использовании.

Для того, чтобы довести интенсивность отказов до нужного уровня (достичь пологого участка кривой интенсивности отказов) необходимо затратить довольно много времени и энергии: испытания на надежность и оценку выносливости электронных компонентов автомобилей требуют длительного времени испытаний. Из-за ужесточения условий испытаний, из-за их большого разнообразия и сложности очень важно остаться в разумных временных рамках. Для сокращения длительности и при сохранении эффективности испытаний изделия подвергаются более жестким условиям нагружения при укороченных испытаниях или совмещают последовательно прилагаемые воздействия в комбинированных уста-

новках. В последнем случае методика испытаний предусматривает одновременно несколько воздействий окружающей среды и ускоряет достижение плато кривой отказов за более короткий временной промежуток.



Рис. 7
Комбинированная испытательная установка. В состав входят двух координатная испытательная установка и климатическая камера. Производитель – компания IMV Corp.,

3.1 Наиболее характерные механические воздействия при комбинированных испытаниях автокомпонентов

Таблица

| | | | | | |
|----------------------|------------------------|--|---|--|--|
| Механический профиль | Синусоидальный профиль | Фиксированная частота синусоидального профиля | | Двигатель, трансмиссия, турбокомпрессор | |
| | | Медленное качание частот синусоидального профиля | | Двигатель, трансмиссия, турбокомпрессор (разгон-торможение двигателем) | |
| | | Пошаговое качание частот синусоидального профиля | | Двигатель, трансмиссия, турбокомпрессор (разгон-торможение двигателем) | |
| | Широкополосный профиль | Равномерный профиль | Случайный профиль | | Микронеровности дороги |
| | | | Случайный профиль со случайным спектром | | Двигатель |
| | | | Синусоидальный профиль со случайным спектром | | Двигатель, трансмиссия, турбокомпрессор (разгон-торможение двигателем) |
| | | Неравномерный профиль | Классический удар | | Наезд на неровность, макронеровности дороги |
| | | | Случайный удар | | неровность, макронеровности дороги |
| | Случайный удар | | | неровность, макронеровности дороги | |
| | Виброудар | | | Наезд на неровность, макронеровности дороги | |
| | | | Профиль механического воздействия, записанный на борту носителя | | |

Синусоидальный профиль колебаний обладает большей энергией, по сравнению со случайным профилем. Случайный профиль при соответствующем задании спектра гораздо ближе к реальным условиям. Синусоидальные, случайные и ударные

цифровой системы управления и персонального компьютера. Испытания синусоидальным профилем на фиксированной частоте колебания используются для оценки стойкости и прочности изделия при резонансе, а случайный профиль для оценки деталей, на которые при движении автомобиля передаются вибрации от двигателя и дорожного полотна.

В последнее время, все чаще испытания проводятся одновременно в направлении трех осей (вертикальной, продольной и поперечной), на трехосных вибростендах.

С точки зрения выявления дефектов при проведении стимуляционных испытаний (испытаний на разрушение) аудиосистем автомобиля, трехосный вибростенд более эффективен и более реально воспроизводит вибрацию при движении автомобиля.

Применение цифровых контроллеров сделали возможным воспроизведение многообразных как одноосных так и многоосных (до шести степеней свободы) механических профилей на столе, в частности, таких как: случайная вибрация, случайная вибрация со случайным спектром, библиотека ударных профилей, виброудар, экспоненциально-затухающий удар с полисинусоидальным заполнением, синусоидальная точечная вибрация, синусоидальное качание частоты, синусоидальная вибрация со случайным спектром, определение резонанса.

Есть возможность воспроизводить механический профиль, записанный на борту носителя. На образце, например, на выпускном коллекторе, или на бортовом компьютере крепятся датчики ускорений. В условиях эксплуатации, транспортировки или хранения данные акселерометров записываются с помощью виброизмерителя (рис. 7, 5). Далее, записанные данные проходят соответствующую обработку, пересчитываются координаты, данные загружаются в систему управления механическим воздействием и воспроизводятся на вибростоле.

Данный способ позволяет помимо всех явных преимуществ учесть временную последовательность нагрузки (изменение режима работы двигателя)

3.2 Пример задания профиля случайной вибрации при комбинированных испытаниях автокомпонентов

Изыскания, проведенные с автокомпо-

нентами, показывают, что замена реального многокомпонентного профиля вибрации однокомпонентным, с одним результирующим среднеквадратическим значением ускорения некорректна и приводит к неправильным результатам. Более того, значения ускорений в направлении осей «х», «у» варьируются в зависимости от типа транспортного средства. В таблице 7 приведены основные параметры режимов в зависимости от разных типов автомобилей.

Таблица 7 Характерные примеры испытаний на случайную вибрацию

| Тип транспортного средства | образец | направление вибрации | общее значение | частота вибрации |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------|
| 12В Системы | все панель приборов, пол, | вертикально продольно поперечно | 31,9 м/с ² | 15 - 500 Гц. |
| | | | 27,4 м/с ² | |
| 24В Системы | все центральная консоль | | 21,5 м/с ² | |
| | | | 6,5 м/с ² | |
| | | | 15,9 м/с ² | |

3.3 Пример задания синусоидального профиля вибрации при комбинированных испытаниях автокомпонентов

Таблица 8 отображает условия регламентированных вибрационных испытаний цилиндрических пружин сжатия. В современных вибростендах использование более длинного размаха виброперемещений (100 мм пик-пик) и коммутирующего усилителя позволили увеличить максимальную виброскорость до 2 м/с. Удалось достичь значений ускорения 43,15 м/с² (или 79 мм пик-пик) на частоте 5 Гц. Это позволило приблизить частоту испытаний к значениям собственных частот кузова.

Таблица 8 Характерные примеры испытаний на синусоидальную вибрацию

| | Частота вибрации | Время цикла | Виброускорение | Направление вибрации и время |
|-------------|------------------|-------------|-------------------------------|--|
| 12В Системы | 15 - 60 Гц. | 20 мин. | 43,2 м/с ² | Вертикально, 4ч. Продольно, 2ч. Поперечно, 2ч. |
| 24В Системы | 33 Гц. | - | 66,7 м/с ² (3 мм.) | Вертикально, 4ч. Продольно, 2ч. |

3.4 Цикл комбинированных испытаний

В качестве примера, на рисунке 8 представлен график комбинированных испытаний ЖКХ дисплеев приборной панели, ЖКХ дисплеев навигаторов пассажирского салона. Комбинированные испытания узла подушки безопасности, расположенного внутри корпуса рулевого колеса и в кармане панели приборов со стороны пассажира, проводят, дополняя воздействия продольной и поперечной компонент вибра-

ции, воздействием комнатной температуры (до +23°C). Диапазон частот от 5 до 100 (2000 Гц, рис. 6), индивидуальный режим по виброускорениям в зависимости от направления воздействия. Таким образом, режимы испытаний, применяемые для оценки устойчивости к механическим воздействиям новых конструкций автокомпонентов и узлов, поступающих на рынок, дифференцируют, применяя различные комбинации механических воздействий в трех направлениях и воздействия температуры и относительной влажности.

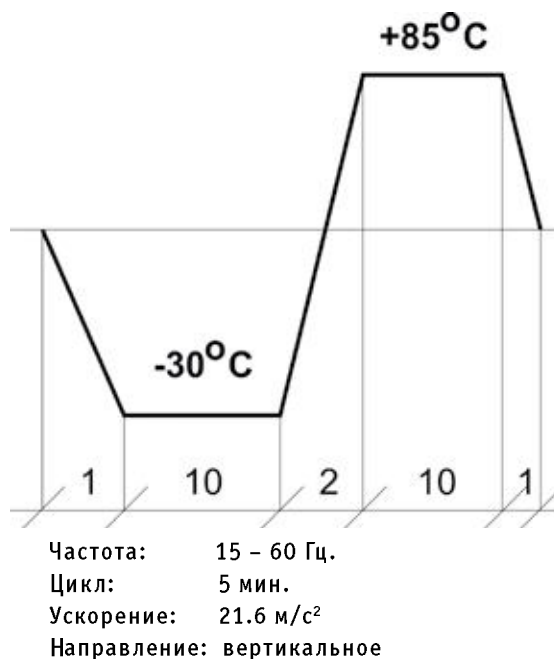


Рис. 8 Цикл комбинированных испытаний для двухосной испытательной установки, совмещенной с климатической камерой

3.5 Пример исследования механизма отказов

Ниже приведены предварительные тезисы по исследованиям надежности паяных соединений автомобильной электроники, проведенные на комбинированной испытательной установке.

1. Существенных нарушений электрических контактов не наблюдалось, но визуально отмечалось начало растрескивания на пайке одного из штыревых выводов по типу зернограничного температурного усталостного разрушения.
2. Участки с трещинками располагались огра-

штыревого вывода по кромке металлизации проходных отверстий в теле печатной платы.

3. Усталостное разрушение проходит по телу припоя, но не по границе припой-штыревой вывод и припой-металлизация.
4. Обобщив полученные результаты, можно сделать вывод, что нагрузка, приходящаяся на паяные соединения, вызывает процесс коагуляции олова в составе припоя, наблюдается увеличение размера зерна кристалла в α фазе с образованием микропустот по границе зерна кристалла в месте контакта содержащей свинец β фазы и содержащей олово α фазы. Все это приводит к ослаблению прочности припоя в паяном соединении.

На основе полученных данных, была создана типовая модель оценки прочности и ресурса изделий автомобильной электроники под воздействием условий эксплуатации, и на ее основе разработана методика расчета. По оценкам специалистов в ближайшем будущем будет делаться акцент на проведении ускоренных испытаний отдельных составных частей для сокращения времени на разработку и освоение новой продукции. Такая концепция научно обоснована и результаты, полученные на ее основе, хорошо коррелируют с данными по интенсивности отказов при испытании автомобилей в сборе (рис. 5).

Заключение

При усложнении условий эксплуатации компонентов автомобиля, экологических требований, требований по экономичности для успешного существования на современном рынке, применение сложного оборудования для проведения ускоренных оценочных испытаний экономически обоснованно - положительный экономический эффект наступает в течение короткого времени.

Сокращается время между разработкой и выходом продукта на рынок,

появляется несомненный конструкторский и технологический запас качества выпускаемых изделий, появляется возможность выполнения сторонних заказов.

Чем реальнее оборудование воспроизводит присутствующие в процессе эксплуатации воздействия, тем больше дефектов выпускаемого оборудования можно выявить.

Преимущества цифровых контроллеров сделали возможным воспроизведение многообразных одноосных механических профилей на столе, в частности, случайную вибрацию, случайную вибрацию со случайным спектром, библиотеку ударных профилей, виброудар, экспоненциально-затухающий удар с полисинусоидальным заполнением, синусоидальную

точечную вибрацию, синусоидальное качание частоты, синусоидальную вибрацию со случайным спектром, определение резонанса, воспроизведение записанных профилей.

Объединение испытательной камеры и одноосного вибростенда, позволяет сделать испытательные системы более эффективными с точки зрения временных затрат и качества выявления дефектов.

Установки воспроизведения трехосной высокочастотной одновременной вибрации и ударов позволяют отследить скрытые дефекты со сложным механизмом выявления. Их невозможно проконтролировать на однокомпонентном стенде даже с переустановкой изделия для последовательного исследования в направлении трех осей.

Компания IMV Corp. производит трехосные и двухосные установки, которые могут быть исполнены вместе с климатической камерой и воспроизвести запись реального механического профиля (рис. 7).

Краткая справка

Компания IMV Corp., Япония

Компания IMV Corp. производит испытательное оборудование с 1957 года и является самым надежным изготовителем испытательных электродинамических установок и систем управления в Японии. Все составные части установок изготавливаются в Японии. Заводы расположены в Осаке, Токио, Нагое. Имеется свой Центр инновационных технологий в Осаке. Большие средства вкладываются в научные изыскания в области механических воздействий. При конструировании и отладке оптимизируется вектор всех характеристик системы в сборе. 70% продукции поставляется на автомобильный рынок Японии.

На данный момент, компания, специализируется на выпуске трехосных электродина-

и выпуске высококачественных одоосных и трехосных испытательных установок на внешний.

Следует отметить, что вибростенды производства IMV Corp., поставленные еще в СССР, отлично зарекомендовали себя как очень надежное испытательное оборудование. Компания IMV Corp. проводит ремонт механической части вибростендов в течение всего срока службы.

В статье использовались материалы из неперодического издания "Espec Technology Report"