

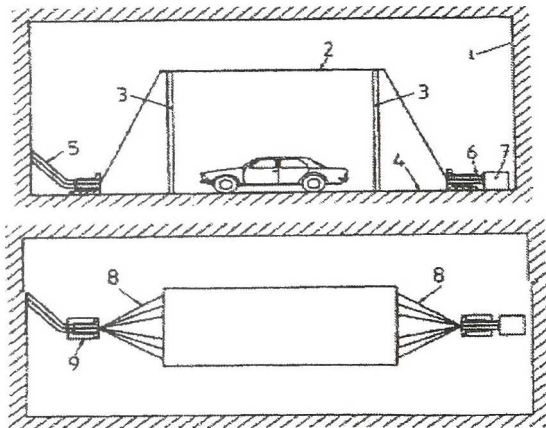
УДК 621.391.82

## КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВНЕШНЕМУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ПОЛЮ В ТЕМ-КАМЕРАХ

Подлипинов Г.А., Саржин М.А., Сухов В.В.

Активное внедрение электроники и микропроцессорной техники в системы безопасности, управления и контроля автотранспортного средства ставит дополнительные задачи в области электромагнитной совместимости (ЭМС). Одной из основных задач ЭМС является обеспечение безотказной работы электронных систем при попадании автомобиля в сложную электромагнитную обстановку. Существуют ряд международных стандартов и правил, обязательных к выполнению, в которых установлены жесткие требования по ЭМС. Это связано с тем, что автомобиль является объектом повышенной опасности.

Для испытаний автотранспортного средства на устойчивость к внешнему электромагнитному полю в низкочастотном диапазоне используются (рисунок 1) полосковые линии, в которых преобразуется подводимое напряжение в поперечную электромагнитную волну (ТЕМ-волну).



- 1-Экранированная камера с поглощающим покрытием
- 2-Металлическая пластина
- 3-Диэлектрические опоры
- 4-Металлический пол
- 5-Питающая линия источника сигнала
- 6-Коаксиальная линия
- 7-Нагрузка
- 8-Согласующие линии связи
- 9-Соединения с источником сигнала

Рисунок 1-Проведение испытаний на ЭМС в безэховой камере

Высокий уровень испытательного поля, возбуждаемый при испытаниях в полосковых линиях, создает необходимость устанавливать их в экранированные безэховые камеры.

Более технологичным является способ испытаний в ТЕМ-камере. ТЕМ-камера представляет собой (рисунок 2) участок прямоугольного коаксиального волновода, состоящего из внешнего проводника 1 и центральной токопроводящей пластины 2. Для согласования геометрических размеров волновода с радиочастотными разъемами, к которым подключаются генератор и нагрузка, конструкция имеет конусообразные переходы 3. По всей длине перехода волновое сопротивление должно быть неизменным. Объект испытаний помещается в нижней части камеры, причем высота испытуемого объекта не должна превышать  $1/3$  расстояния от внешнего проводника до центральной пластины.

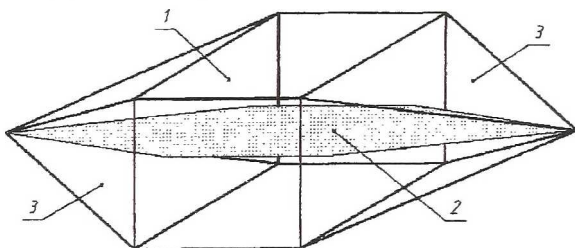


Рисунок 2 – Конструкция ТЕМ-камеры

Блок-схема комплекса для испытаний в ТЕМ-камерах представлена на рисунке 3.

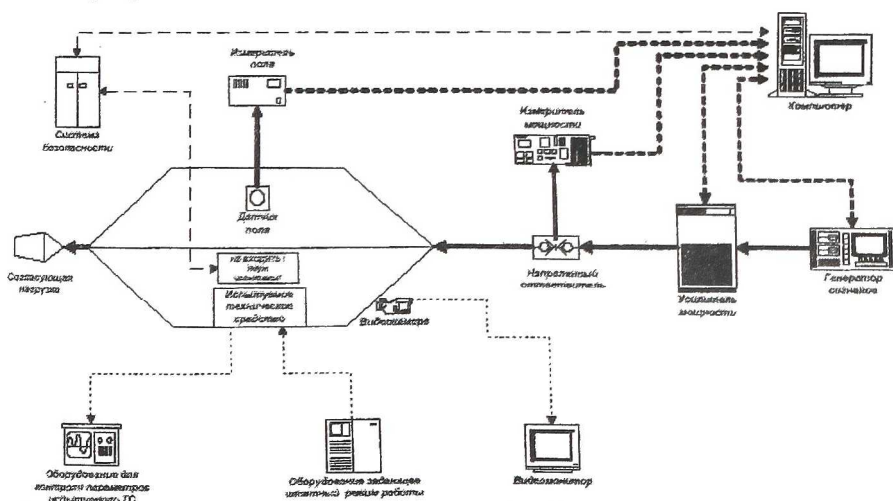


Рисунок 3 – Структурная схема испытательного комплекса на основе ТЕМ-камеры

Комплекс включает в себя следующие группы оборудования:

- оборудование для возбуждения испытательного электромагнитного поля в ТЕМ-камере (генераторы, усилители мощности, согласующая нагрузка);
- оборудование для контроля параметров подводимой мощности и испытательного электромагнитного поля (ваттметры, датчики электромагнитного поля);
- систему управления процессом испытаний (компьютер управления, специальное программное обеспечение);
- систему контроля испытуемого объекта (видеосистема, система контроля параметров испытуемого объекта);
- оборудование, задающее штатный режим работы испытуемого объекта (роликовый стенд, генераторы программируемых форм сигналов, источники питания);
- систему электрических и волноводных фильтров;
- систему безопасности.

*Оборудование для возбуждения испытательного электромагнитного поля в ТЕМ-камере*

Параметры данного оборудования определяются из технических требований к параметрам испытательного электромагнитного поля.

Задающий генератор (рисунок 3) предназначен для формирования испытательного сигнала и выбирается из условий, предъявляемых к диапазону частот, видам модуляции и уровню выходного напряжения, необходимого для входных цепей усилителя мощности.

Усилитель мощности предназначен для усиления уровня испытательного сигнала до величины, достаточной для возбуждения в рабочей зоне ТЕМ-камеры необходимой напряженности электромагнитного поля. Для обеспечения режима бегущей волны в рабочей зоне ТЕМ-камеры она должна быть нагружена на согласованную нагрузку. Минимальная величина активной мощности, которую должна рассеять нагрузка, определяется соотношением  $1/$

$$P = \frac{E_{\max}^2 \times 10^{\frac{K}{10}}}{Z},$$

где  $E_{\max}$  – максимальное значение напряженности поля в регулярной части ТЕМ-камеры, В/м;

$Z$  – волновое сопротивление ТЕМ-камеры, Ом;

$K$  – коэффициент преобразования ТЕМ-камеры в дБ относительно 1 м, величина которого определяется соотношением:

$$K = 20 \lg U / E,$$

$U$  – амплитуда подводимого к ТЕМ-камере напряжения, В;

Е – напряженность поперечной компоненты электрического поля в центре рабочей зоны ТЕМ-камеры, В/м.

В рабочем диапазоне частот входное сопротивление согласованной нагрузки должно быть равно волновому сопротивлению регулярной части ТЕМ-камеры и иметь КСВН не более 1,2.

### *Оборудование для контроля параметров подводимой мощности и испытательного электромагнитного поля*

Контроль выходной мощности усилителя и соответственно подводимой мощности к ТЕМ-камере осуществляется ваттметром, зонды которого устанавливаются в двунаправленном ответвителе. Ответвитель включают в фидерную линию между усилителем мощности и ТЕМ-камерой. Ваттметр имеет выходной интерфейс для передачи данных на компьютер управления. Технические характеристики определяются диапазоном рабочих частот и измеряемой мощности.

Контроль испытательного электромагнитного поля осуществляется датчиком, установленным в центре верхней регулярной части камеры. В процессе испытаний датчики дополнительно могут устанавливаться непосредственно в зоне объекта испытаний или непосредственно в нем (например в автомобиле). Передача данных от датчика к измерителю осуществляется по оптоволоконной линии, что позволяет исключить наводки испытательного поля на линию передачи данных и повысить достоверность результатов испытаний. Измеритель электромагнитного поля устанавливается за пределами ТЕМ-камеры и также имеет интерфейс передачи данных на компьютер управления.

### *Система управления процессом испытаний*

Всем процессом испытаний управляет главный компьютер. Входными данными для запуска процесса испытаний являются:

- диапазон частот, в котором необходимо провести испытания технического средства;
- требуемая напряженность испытательного поля в рабочей зоне ТЕМ-камеры;
- шаг сканирования в заданном частотном диапазоне (или необходимый рад частот).

Управление уровнем напряженности электромагнитного поля в рабочей зоне возможно двумя методами:

В методе “метод опорного поля” ТЕМ-камера предварительно калибруется во всем диапазоне частот, т.е. экспериментально определяется выходной уровень задающего генератора и соответствующий ему уровень напряженности электромагнитного поля в камере. На основе зане-

сенной в компьютер калибровочной таблицы происходит управление уровнем напряженности электромагнитного поля.

В методе испытаний “с обратной связью” компьютер управляет задающим генератором на основе данных о текущем значении напряженности электромагнитного поля в рабочей зоне, получаемых от датчика.

### *Система контроля испытываемого объекта*

Система контроля в процессе испытаний включает в себя систему видеонаблюдения и контроля параметров испытываемого объекта.

Система видеонаблюдения предназначена для фиксирования отклонений характеристик объекта в процессе испытаний, требующих визуального контроля (например, панель приборов автомобиля) и позволяет оператору наблюдать общий процесс испытаний и при возникновении нестандартных ситуаций останавливать испытания. В системе видеонаблюдения используются специальные видеокамеры, устойчивые к электромагнитным полям высокого уровня.

Контроль параметров электронных систем транспортных средств при испытаниях осуществляется подключением измерительного оборудования к диагностическим колодкам по специальным линиям (например, CAN-шина).

При испытаниях систем и подсистем необходимые выходные параметры контролируются с помощью измерительного оборудования, подключенного к выходным колодкам.

### *Оборудование задающее штатный режим работы испытываемого объекта*

В процессе испытаний техническое средство должно находиться в штатном режиме работы.

ТЕМ-камеры, предназначенные для испытаний транспортных средств, оснащены роликовыми стендами, с помощью которого можно задать любой режим движения транспортного средства и соответствующую скорость воздушного потока. Для манипуляции органами управления транспортного средства в салон устанавливают специальное устройство – “автопилот”.

При испытаниях отдельных систем и подсистем технических средств штатный режим задаются дополнительными устройствами – программируемыми генераторами сигналов, источниками питания и т.д.

### *Система электрических и волноводных фильтров*

Система электрических и волноводных фильтров служит для повышения коэффициента экранирования ТЕМ-камеры.

Все необходимые электрические линии (освещение, питание и т.д.) заводятся через электрические фильтры с частотой среза, необходимой для конкретного вида камер.

Система вентиляции обеспечивает воздухообмен в ТЕМ-камере через специальные радиочастотные фильтры, представляющие собой ячейки, собранные из прямоугольных волноводов и являющихся запрещенными для рабочих частот ТЕМ-камеры.

### *Система безопасности*

Система безопасности предназначена для защиты персонала от воздействия электромагнитных волн большой амплитуды. Система включает в себя специальные световые табло, оповещающие и запрещающие вход в ТЕМ-камеру в процессе испытаний. При возникновении нештатной ситуации (несанкционированный вход в камеру), система блокирует усилители мощности и тем самым исключает возможность поражения человека электромагнитным полем высокого уровня.

### *Выводы*

Преимущество использования ТЕМ-камер в сравнении с другими заключается в том, что они не требуют дополнительных безэховых экранированных камер, обеспечивают более равномерную структуру испытательного поля и безопасные условия работы персонала.

### **Список использованных источников**

1. ГОСТ Р51048-97. Совместимость технических средств электромагнитная. Генераторы электромагнитного поля с ТЕМ-камерами. Технические требования и методы испытаний.
2. Grawford, M.L. Generation of Standard EM Fields Using TEM Transmission Cells; IEEE Transactions on Electromagnetic Capability, -EMC.
3. EACON CORPORATION. Technical proposal for an electromagnetic susceptibility measurement system. Model 50187-14

УДК 681.325

## **АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

**Чариков С.А., Матюнин С.А.**

В современных высокоавтоматизированных производственных комплексах количество датчиков и исполнительных устройств исчисляется сотнями и даже тысячами. Все эти элементы периодически выходят из строя, что приводит к прекращению работы оборудования. В связи с этим, большое значение приобретает необходимость разработки критериев, по-