

Тема 1.1

Лекция 13

Граничные и матричные испытания РЭА

13.1 Граничные испытания РЭА

13.2 Матричные испытания

13.1 Граничные испытания РЭА

Все виды испытаний и исследований,
применяемые для предсказания места и времени появления постепенного отказа элемента или РЭА, основанные на определении связи граничных значений параметров элементов с работоспособностью и надежностью РЭА, принято называть граничными испытаниями.

Пользуясь методом граничных испытаний возможно еще в процессе разработки РЭА выбрать оптимальные варианты схем, параметры их элементов и режимов. Граничные испытания являются экспериментальным методом, основанным на физическом моделировании области значений первичных параметров, при которых выходные параметры устройства находятся в пределах допуска.

Проведение граничных испытаний складывается из следующих этапов:

1. Определение критериев отказа РЭА исходя из условий работы и в соответствии с техническим заданием.
2. Определение границ работоспособности и надежности РЭА, выполненного из элементов с номинальными параметрами, в зависимости от изменений напряжения питания, внешних условий, параметров входных сигналов.
3. Определение границ работоспособности и надежности РЭА, работающего в нормальных условиях (номинальные напряжения питания, параметры входных сигналов и внешние условия), в зависимости от разброса параметров элементов РЭА.

Для осуществления граничных испытаний необходимо имитировать изменение параметров различных схемных элементов (резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, электронных и полупроводниковых приборов), влияющих на работоспособность РЭА. Наиболее часто в качестве граничного параметра в данном методе выбирают одно из питающих напряжений (параметр граничного испытания), которое используется для имитации изменений параметров элементов схемы (например, резисторов).

Изменение параметров конденсаторов и катушек индуктивности имитируют последовательно-параллельным включением этих элементов. Имитацию изменения прямого и обратного тока полупроводниковых приборов осуществляют последовательным или параллельным включением в схему дополнительных резисторов соответствующих номиналов и т. д.

Наибольшую сложность представляет имитация изменения параметров транзисторов и электронных ламп, так как они характеризуются сложной совокупностью параметров. В этих случаях подбирают группу элементов с одинаковыми параметрами, за исключением одного элемента, параметры которого изменяют в нужном направлении. Так, например, амплитуду напряжения сигнала на выходе лампового усилителя можно имитировать изменением напряжения анодного питания

Рассмотрим определение границ исправной работы РЭА. Изменяя напряжение граничного испытания до момента отказа схемы при номинальных значениях параметров всех элементов, определим напряжение отказа $U_{гр0}$. Затем, изменив один из параметров рассматриваемого элемента, определим, при каком новом значении $U'_{гр}$ возникнет отказ. Очевидно, что при разных значениях параметра $(x_1, x_2, \dots, x_r, \dots, x_n)$ элемента отказы схемы будут возникать при различных напряжениях.

Таким образом, можно установить, что определенному отклонению напряжения граничного испытания $\Delta U_{гр} = U_{грі} - U_{гр0}$ соответствует определенное значение Δx - отклонение параметра элемента от номинала.

По данным испытания строят график зависимости отклонения напряжения граничного испытания до отказа схемы

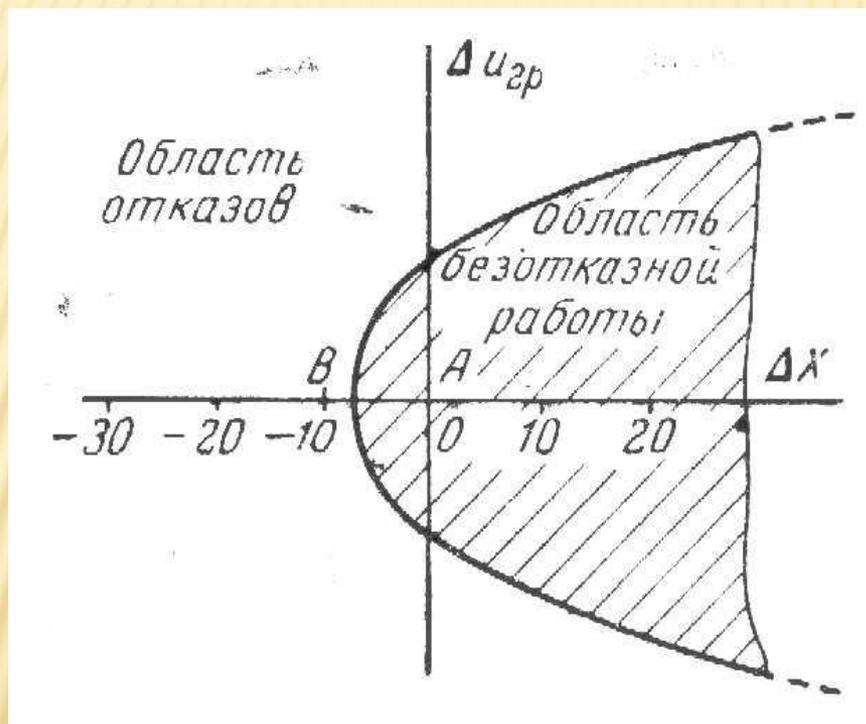


Рис. 13.1 График зависимости отклонения напряжения граничного испытания до

Из графика следует, что кривая является границей, отделяющей область безотказной работы от области отказов, что и привело к названию - метод граничных испытаний. Следует отметить, что вид графика граничного испытания имеет существенное значение для возможности его использования. При выборе напряжения граничного испытания необходимо, чтобы изменение величины параметра обеспечивало малый и плавный наклон кривой к оси отклонения параметра элемента.

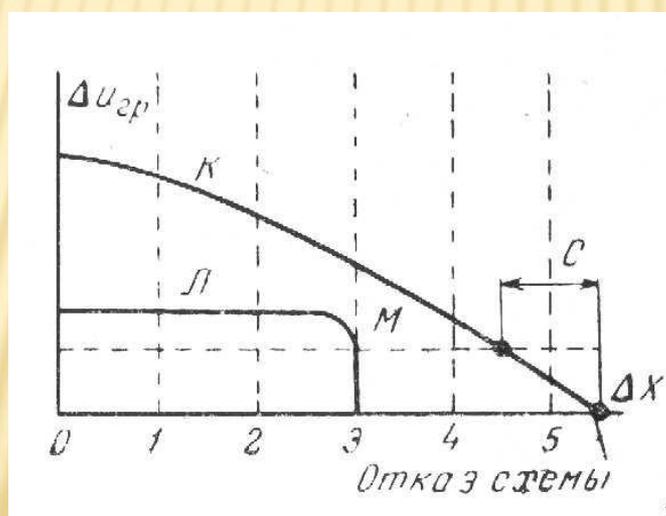


Рис. 13.2 График граничного испытания.

Если при изменении указанного напряжения линия граничного испытания сначала остается постоянной, а затем резко падает до нуля, исключается возможность получения своевременной информации о приближении отказа и возникает необходимость нового подбора напряжения граничного испытания.

Знание графиков граничных испытаний позволяет определить «запас прочности» схемы, правильно выбрать номиналы параметров и режимы элементов схемы, предсказать появление постепенных отказов, а также сравнить надежность идентичных

Обычно график граничных испытаний снимают при условии, что параметры всех схемных элементов, кроме подвергаемого испытанию, фиксированы. В реальных условиях изменения параметров сильно взаимосвязаны между собой и сдвиг параметра одного элемента может вызвать опасный с точки зрения надежности сдвиг другого.

Поэтому при осуществлении граничных испытаний РЭА приходится проводить большой объем работы по определению областей безотказной работы ряда элементов.

Поэтому при осуществлении граничных испытаний РЭА приходится проводить большой объем работы по определению областей безотказной работы ряда элементов.

Возможны два способа проведения испытания. При первом способе, изменяя напряжение общего источника питания, определяют момент отказа РЭА и отказавший элемент. Однако в сложных РЭА, содержащих различные схемы с разными величинами отклонений напряжения от номинального значения, это приводит к следующим недостаткам: невозможности обнаружения отказа более надежных схем за счет отказа малонадежных; выходу из строя схем, рассчитанных на малые напряжения и не контролируемых при данных испытаниях; возможности возникновения междускадной связи, приводящей к ошибочным результатам.

Это приводит к следующим недостаткам:

- невозможности обнаружения отказа более надежных схем за счет отказа малонадежных;

- выходу из строя схем, рассчитанных на малые напряжения и не контролируемых при данных испытаниях;

- возможности возникновения междускадной связи, приводящей к ошибочным результатам

При втором способе сложные РЭА разбивают на группы, каждая из которых имеет свою линию граничного испытания. Возможно выделение следующих групп:

а) группа напряжений, объединяющая линии с общими пределами изменения напряжения;

б) группа схем, объединяющая схемы, проверяемые при одном отклонении напряжения;

в) группа индивидуальных линий, когда РЭА испытывается поочередной подачей на каждую линию питания определенного напряжения. При этом к неиспытываемым линиям питания РЭА подают номинальные напряжения. Если перед испытаниями был известен запас надежности, то устанавливают величину напряжения, не превышающую это значение.

В заключение отметим достоинства метода граничных испытаний. К ним относится:

- возможность получения информации о надежности РЭА на этапе проектирования;
- удобство выбора оптимального рабочего режима;
- сокращение объема испытаний на внешние воздействия;
- возможность сравнения различных схем с точки зрения их надежности.

Недостатками метода граничных испытаний являются:

- невозможность количественной оценки надежности;
- трудоемкость проведения экспериментов, исключающая возможность получения данных об изменении выходных параметров РЭА при изменении комплекса внешних воздействий и взаимодействии элементов;
- отсутствие четких правил по проведению граничных испытаний и анализу их результатов;
- недостаточная эффективность из-за возможности маневрирования только одним параметром при всех прочих фиксированных.

13.2 Матричные испытания

Широкое применение граничных испытаний оказывается практически невозможным из-за того, что каждый параметр какого-либо элемента или РЭА связан сложной функциональной зависимостью с остальными параметрами элемента или схемы, а также зависит от влияния различных внешних факторов. **Метод матричных испытаний, являющийся дальнейшим развитием граничных испытаний, заключается в том, что при испытании осуществляют моделирование рабочей области радиоустройства при всех возможных**

Для моделирования параметров схемы, лежащих в границах, предусмотренных техническим заданием, составляют матрицу состояний (матрицей называют систему mp чисел, расположенных в прямоугольную таблицу из m строк и p столбцов). В общем случае работоспособность и надежность РЭА зависят от большого числа параметров элементов схемы и внешних факторов, воздействующих на величину этих параметров.

Наличие матрицы комбинаций случайных величин, характеризующих входные параметры РЭА, позволяет численным методом определить возможные реализации случайных значений входных параметров. Перебор всех возможных ситуаций для данного устройства может быть осуществлен путем приведения матричных испытаний, а также методом физического моделирования.

Совместное применение статистического и матричного методов испытаний значительно сокращает объем испытания, позволяет использовать не математическую, а физическую модель РЭА, с помощью которой можно проследить случайные изменения параметров в соответствии с определенным статистическим законом. Значительная трудоемкость матричных испытаний привела к необходимости разработки и применения специальных приборов, позволяющих автоматизировать процесс испытаний.

В настоящее время в России группой инженеров разработан автомат статистических и матричных испытаний, позволяющий оценивать вероятность безотказной работы РЭА в определенный момент времени, а также осуществлять оптимизацию надежности схемы путем выбора оптимальных значений, определяющих параметры.

Достоинством метода матричных испытаний является возможность оптимизации надежности РЭА, т. е. возможность получения информации о степени надежности РЭА (соотношение отказовых и неотказовых ситуаций в пределах рабочей области). К недостаткам метода, ограничивающим его применение, относятся отсутствие информации о соотношении рабочей области и области функционирования, исключающей оценку запаса надежности, а также невозможность количественной оценки надежности.

Следует отметить, что автоматы матричных испытаний хотя и ускоряют процесс перебора ситуаций, но весьма

Контрольные вопросы.

1. Что принято называть граничными испытаниями?
2. Достоинства и недостатки метода граничных испытаний?
3. В чём заключается метод матричных испытаний ?
4. Достоинства и недостатки метода матричных испытаний ?

Литература.

1. Федоров В., Сергеев Н., Кондрашин А, Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств – Техносфера, 2005.
2. Глудкин О.П. Методы и устройства испытания РЭС и ЭВС. – М.: Высшая школа ., 2001.