УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ КОНДЕНСАТОРОВ НА ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТАХ

В. К. Заяц, Г. И. Сидоров, Ю. А. Александров, В. А. Палагин

Харьков

Надежность радиоэлектронной аппаратуры зависит от интенсивности отказов входящих в нее элементов: ламп, транзисторов, резисторов, конденсаторов и т. д. [1]. Точность оценки надежности повышается, если данные об интенсивности отказов получены в условиях, приближающихся к реальным условиям работы элементов в аппаратуре.



$C_{посл}$ $R_{посл}$

Рис. 1. Эквивалентная последовательная схема замещения группы испытываемых конденсаторов:

$C_{посл} = C\,(1 + \operatorname{tg}^2\delta)$;

$R_{посл} = \frac{\operatorname{tg}\delta}{\omega C}$.

На бумажные и пленочные конденсаторы, широко применяемые в различных схемах, действует не только постоянное напряжение, но и напряжение звуковых частот. Поэтому определять надежность таких кондесаторов следует при их работе на повышенных частотах. Испытания на надежность в частотном диапазоне необходимы и для сравнения разрабатываемых новых типов конденсаторов. Установлено, что с повышением частоты переменного напряжения ускоряется процесс старения диэлектрика конденсатора и повышается интенсивность отказов, что используется при ускоренных испытаниях.

Испытательные установки содержат мощный генератор (источник) испытательных напряжений на несколько фиксированных частот, к выходу которого подключается испытываемая группа конденсаторов. При этом общую емкость C группы конденсаторов, подключенных к источнику испытательных напряжений, можно представить эквивалентной последовательной схемой замещения (рис. 1). Модуль полного сопротивления эквивалентной цепи

$$|Z| = \sqrt{R^2_{посл} + X^2_{C_{посл}}} = \frac{1}{\omega C \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\delta}},$$

где $\operatorname{tg}\delta$ — тангенс угла потерь группы испытываемых конденсаторов;

ω — испытательная частота.

Поскольку для кондиционных конденсаторов $\operatorname{tg}\delta \ll 1$, то $|Z| = \frac{1}{\omega C}$, т. е. источник испытательных напряжений нагружен практически на чисто емкостное сопротивление. Полная (кажущаяся) мощность, которую должен давать источник испытательных напряжений при эффективном напряжении U на нагрузке,

$$S = \frac{U^2}{|Z|} = U^2 \cdot \omega C \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\delta} \approx U^2 \cdot \omega C. \qquad (1)$$

Оценим величину этой мощности при емкости группы испытываемых конденсаторов $C = 10$ *мкф* и напряжении на них $U = 200$ *в*. Расчеты по формуле (1) показали следующее:

$S = 1250$ *ва* при $f = 500$ *гц*;
$S = 2500$ *ва* при $f = 1000$ *гц*;
$S = 25000$ *ва* при $f = 10000$ *гц*.

Из примеров видно, что с повышением частоты потребуются источники испытательных напряжений с полной выходной мощностью непомерно большой величины. Кроме того, из-за специфического режима

работы этих источников на реактивную нагрузку практически вся мощность рассеивается на внутреннем сопротивлении выходного каскада, что требует применения очень мощных ламп и мощной системы охлаждения [2].

Для повышения эффективности испытательной установки целесообразно использовать в качестве нагрузки настроенный на испытательную частоту параллельный колебательный контур, емкостным элементом которого является группа испытываемых конденсаторов. В этом случае нагрузка приобретает активный характер и определяется величиной эквивалентного сопротивления контура

$$R_{oe} = \rho \cdot Q = \frac{1}{\omega C} Q,$$

где Q — добротность контура;

ρ — характеристическое сопротивление его.

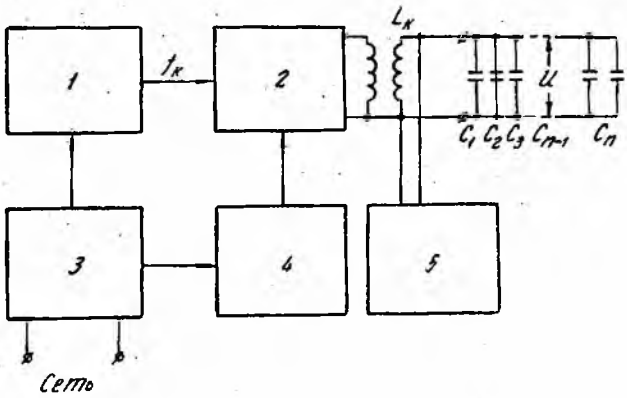


Рис. 2. Упрощенная блок-схема установки для испытаний конденсаторов на звуковых частотах:

1 — задающий генератор низкой частоты; *2* — усилитель мощности; *3* — источник питания; *4* — автомат отключения питания выходного каскада; *5* — магазин емкостей $C_м$ = (1 *мкф* × 9; 0,1 *мкф* × 9).

Требуемая выходная мощность источника в этом случае

$$P = \frac{1}{Q} \cdot U^2 \cdot \omega C. \qquad (2)$$

Сравнение выходных мощностей источника при работе на емкостную нагрузку (1) и на контур (2) показывает, что в последнем случае требуется мощность примерно в Q раз меньше:

$$\frac{S}{P} = Q.$$

Следует учесть, что мощность, потребляемая источником от сети, также уменьшается, и, следовательно, значительно облегчается задача охлаждения выходного каскада мощности.

Описываемая установка для испытаний конденсаторов на звуковых частотах представляет собой мощный генератор низкой частоты, нагруженный на контур, емкостным элементом которого является испытываемая группа конденсаторов $C = \sum_{i=1}^{n} C_i$ (рис. 2). Максимальная емкость этой группы — 10 *мкф*.

В зависимости от принятой программы испытаний может быть установлена одна из восьми испытательных частот (100, 200, 400, 500, 1000, 2500, 5000, 10000 *гц*) при регулируемом выходном уровне напряжения. В момент пробоя одного из конденсаторов при испытаниях установка автоматически выключается и после удаления из схемы пробитого конденсатора снова может быть включена для продолжения испытаний.

Установка состоит из нескольких функциональных блоков (рис. 2). Интерес представляет усилитель мощности, выполненный на двух пентодах ГУ-80, включенных в параллель для уменьшения внутреннего сопротивления каскада. Выход выполнен по трансформаторной схеме.

Для каждой испытательной частоты $f_к$ индуктивность вторичной обмотки L выбрана такой величины, что при емкости 10 *мкф* образуется контур, настроенный на частоту $f_к$. Поскольку испытываются конденсаторы различных номиналов и общая емкость группы конденсаторов, включенных в контур, может отличаться от 10 *мкф*, для настройки в резонанс имеется внутренний двухдекадный магазин емкостей с декадами 1 *мкф* $\times$ 9 и 0,1 *мкф* $\times$ 9. Емкость магазина $C_м$ устанавливают такой, чтобы емкость группы испытываемых конденсаторов C дополнилась до 10 *мкф*, при этом выходной контур оказывается настроенным в резонанс. Дискретность ΔC младшей декады выбирается так, что выходной контур настраивается с погрешностью не выше 1%.

Как известно, относительная расстройка контура $\frac{\Delta f}{f}$ связана с относительным изменением контурной емкости $\frac{\Delta C}{C}$ соотношением (при небольших расстройках)

$$\frac{\Delta f}{f} \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta C}{C},$$

где C — емкость контура при резонансе.

Следовательно, для обеспечения 1%-ной точности настройки контура на испытательную частоту $f_к$ емкость в контуре должна быть подобрана с точностью не ниже

$$\Delta C = 2C \cdot \frac{\Delta f}{f_к} = 2 \cdot 10 \cdot 0{,}01 = 0{,}2 \text{ } мкф.$$

С двукратным запасом по точности дискретность младшей декады принята $\Delta C = 0{,}1$ *мкф*.

Реализация выходного контура с коэффициентом перекрытия по частоте, равным 100, при сохранении приемлемых частотных характеристик является невыполнимой задачей. Поэтому в установке применено две выходных катушки: на железном сердечнике для испытательных частот 100, 200, 400, 500 *гц* и воздушная катушка для частот 1000, 2500, 5000 и 10000 *гц*. Добротность катушки с сердечником — около 9, добротность воздушной катушки — порядка 30.

Коэффициенты связи выходного контура с лампами усилителя мощности различны для каждой частоты и выбраны из условия получения максимального напряжения звуковой частоты на контуре и, следовательно, на испытываемых конденсаторах. Неравномерность максимального выходного напряжения по диапазону испытательных частот на емкости 10 *мкф* равна 7 ($U_{макс} = 1400$ *в* при частоте 100 *гц* и $U_{макс} = 210$ *в* при частоте 10000 *гц*).

Плавное регулирование испытательного напряжения от нуля до максимального значения осуществляется изменением напряжения возбуждения усилителя мощности. Потребляемая установкой мощность от сети составляет около 2,4 *ква* при выходном испытательном напряжении 500 *в* на частоте 1000 *гц*.

Конструктивно установка выполнена в виде стойки блочной конструкции, на передней панели выведены все органы управления и установлены контрольно-измерительные приборы. Контролируется режим питания выходного каскада, выходное напряжение и режим питания других каскадов. Для выходных ламп усилителя мощности применяется принудительное воздушное охлаждение. Установка обеспечивает круглосуточную непрерывную работу, что позволяет проводить длительные испытания конденсаторов на надежность.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Луцкий. Расчет надежности и эффективности радиоэлектронной аппаратуры. Изд-во «Наукова думка», Киев, 1966.
2. К. И. Дроздов. Работа мощного усилителя низкой частоты на комплексную нагрузку. Связьиздат, 1939.

О СПОСОБАХ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОУСТОЙЧИВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Н. Я. Какурин, Ю. А. Василенко
Харьков

Большинство существующих преобразователей цифровой информации построено на двоичных элементах. Это в значительной степени объясняется двумя причинами: наличием хорошо разработанного математического аппарата для описания работы двоичных схем — аппарата булевой алгебры, а также высоконадежных в работе физических элементов, имеющих два устойчивых состояния.

Одним из наиболее важных и перспективных направлений в создании методов и устройств эффективной переработки информации является разработка теоретических и практических вопросов проектирования многозначных элементов и систем. Это подтверждают более чем сто авторских свидетельств на изобретения по многозначным элементам (некоторые из них запатентованы за границей), а также опубликованные в последнее время научные работы.

Применение многоустойчивых элементов при конструировании основных устройств цифровых вычислительных машин позволяет уменьшить разрядность машины и одновременно повысить надежность, так как количество элементов цифровых машин резко снижается с увеличением числа устойчивых состояний. Уменьшаются также габариты машин, их вес, потребляемая энергия.

Основные задачи в области теории синтеза устройств, использующих многозначные элементы, сводятся к разработке следующего:

1) функционально полных систем многозначных логических элементов, использующих различные физические способы представления информации и наиболее полно удовлетворяющих особенностям функционирования физических схем;

2) принципов построения устройств переработки информации на многозначных элементах;

3) структурной теории синтеза цифровых автоматов на многозначных элементах с учетом их физических характеристик.

Необходимость в элементах с бо́льшим числом состояний, чем в двоичных элементах, обычно удовлетворяется путем схемного или конструктивного объединения, комбинирования двоичных элементов, что требует соответственно усложнения электрической схемы или конструкции