

## ВЛИЯНИЕ КОММУТАТОРА НА ПОГРЕШНОСТЬ ТЕСТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Лисенков Б.Н., Грицев Н.В.

*Открытое акционерное общество «МНИПИ», Минск, Республика Беларусь*

В автоматизированных системах тестирования изделий микроэлектроники испытательные сигналы на объект подверженный тестированию (ОПТ) подаются с помощью коммутатора, который оказывает существенное влияние на точность и чувствительность всей системы.

На измерение электрических величин влияют следующие параметры коммутатора:

- ток смещения, возникающий из-за гальванических наводок, из цепей управления;
- напряжение смещения, вызванное термоэлектрической разностью потенциалов на стыке разнородных металлов;
- сопротивление изоляции между цепями коммутатора;
- сопротивление канала коммутации.

Первые два параметра влияют на погрешность при измерении малых токов и малых напряжений, третий – при наличии в цепи больших сопротивлений, а четвертый – при измерении больших токов и малых сопротивлений.

Параметры коммутатора заметно ухудшаются в процессе эксплуатации. Это связано с износом и окислением контактов, старением и снижением изоляционных свойств материалов, с уменьшением поверхностного сопротивления корпусов реле, разъемов и печатных плат из-за постоянного загрязнения их поверхности веществами из окружающей среды.

Системы тестирования эксплуатируются в течение длительного времени, поэтому, из-за неизбежного ухудшения параметров коммутатора, необходима его периодическая проверка.

При тестировании изделий микроэлектроники широкое применение нашли матричные коммутаторы, которые, позволяют подключить любой испытательный сигнал к любому электроду ОПТ согласно заданной программе тестирования.

По сравнению с другими коммутаторами подобного назначения, матричный коммутатор выделяется сложной конструкцией и высокой стоимостью. Матрица коммутации состоит из множества узлов, в каждом из которых имеется, как минимум, по два ключевых элемента для коммутации испытательного сигнала и сигнала охраны.

Периодическая проверка матричного коммутатора занимает много времени из-за большого количества операций выполняемых вручную. Например, при сравнительно небольшом размере матрицы коммутации  $5 \times 48$ , проверка четырех параметров для каждого узла, требует выполнения порядка тысячи скрупулезных измерений

( $5 \times 48 \times 4 = 960$ ), что ведет к нежелательному простоя всей системы.

Из опыта проектирования различных типов коммутаторов, известно, что чем больше реле содержится в коммутаторе, тем затратнее обходится улучшение его параметров [1]. Отсюда следует, что матричные коммутаторы целесообразно использовать в области средних значений испытательных токов и напряжений, где погрешность измерений может быть снижена без чрезмерных затрат.

Однако, необходимость постоянного совершенствования изделий микроэлектроники, требует высокой точности измерения их параметров в граничных областях токов, напряжений и сопротивлений, которые и определяют качество и конкурентоспособность современных изделий. Например, в области малых токов и больших сопротивлений, или в области малых напряжений и малых сопротивлений, то есть там, где улучшение параметров громоздкого матричного коммутатора является сложным и затратным.

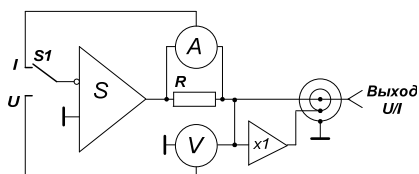
Нами разработан метод коммутации, который сочетает возможность автоматизации тестирования, с низким влиянием на параметры испытательного сигнала при коммутации малых токов и цепей с большим сопротивлением, или малых напряжений и цепей с малым сопротивлением, то есть обеспечивает высокую точность коммутации.

Предлагаемый метод основан на применении нескольких независимых каналов, каждый из которых предназначен для подключения испытательного сигнала лишь к одному электроду ОПТ, поэтому число каналов не может быть меньше чем количество электродов у объекта тестирования. Например, четыре канала коммутации достаточно для тестирования диодов, триодов и тетродов.

Канал коммутации состоит из двух каскадов. Первый каскад является источником испытательного сигнала и позволяет коммутировать вид испытательного сигнала – ток или напряжение. Второй каскад обеспечивает подключение испытательного сигнала выбранного вида к выходным портам коммутатора, которые соединены с электродами элементов, составляющих тестовый модуль.

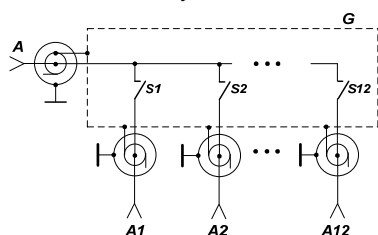
Первый каскад канала коммутации, для реализации предлагаемого способа, может быть выполнен на основе источника-измерителя (ИИ), который полностью соответствует предъявляемым требованиям. На рисунке 1 представлена структурная схема ИИ, на которой показан элемент коммутации вида формируемого сигнала S1.

Второй каскад коммутации, согласно предлагаемому способу, целесообразно выполнить в виде мультиплексного модуля (платы) коммутации, структурная схема которого представлена на рисунке 2.



A – измеритель тока, V – измеритель напряжения, S – источник сигнала на основе мощного операционного усилителя, S1 – переключатель обратной связи по току или по напряжению

Рисунок 1 – структурная схема первого каскада коммутации



A – условное наименование модуля коммутации, A1–A12 – выходные порты модуля A, S1–S12 – ключевые элементы (герконы), G – экранирующая охранный поверхность, эквипотенциальная сигналу (Guard)

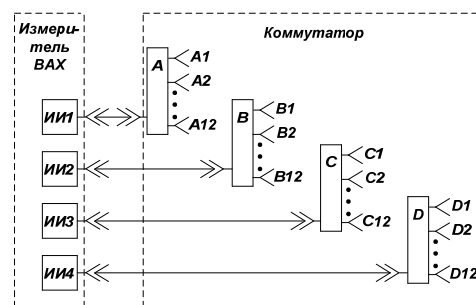
Рисунок 2 – структурная схема мультиплексного модуля коммутации

Коммутатор, реализующий новый метод, содержит известные средства формирования испытательного сигнала и известные средства коммутации, однако, как единое целое он не может быть отнесен ни к одному из описанных ранее типов коммутаторов [1]. Чтобы подчеркнуть разнородную структуру включенных последовательно каскадов коммутации, будем в дальнейшем называть его гибридным.

Как видно из рисунка 2, в измерительной цепи гибридного коммутатора будет замкнут лишь один ключевой элемент, то есть, последовательное включение двух каскадов не увеличивает его погрешность.

На рисунке 3 представлена структурная схема разработанного гибридного коммутатора, который содержит 4 модуля по двенадцать портов,

общее количество портов коммутатора составляет  $4 \times 12 = 48$ .



A, B, C, D – модули коммутации, A1–A12, B1–B12, C1–C12, D1–D12 – выходные порты мультиплексного коммутатора

Рисунок 3 – структурная схема разработанного гибридного коммутатора

Узлы гибридного коммутатора на его структурной схеме объединены не по каналам коммутации, а по функциональным признакам. В частности, четыре ИИ объединены в измеритель ВАХ, в качестве которого может быть использован измеритель ИППП-1, а четыре модуля – в мультиплексный коммутатор.

В ОАО «МНИПИ» изготовлен макет мультиплексного коммутатора, образующий вместе с ИППП-1 гибридный коммутатор, представленный на рисунке 3, и разработано соответствующее программное обеспечение.

Подготовка гибридного коммутатора к работе с тестовым модулем включает:

- установку программы тестирования,
- подключение присоединительного устройства, например зондовой установки, к портам коммутатора согласно установленной программе вручную.

Программа тестирования готовится заранее и должна учитывать, что электроды каждого ОПТ следует подсоединять к портам разных модулей (A, B, C, D).

Составление программы тестирования не требует специальных знаний в области программирования.

### Литература

1. Switching Handbook. A Guide to Signal Switching in Automated Test Systems / 6th Edition, Keithley Instruments, Inc., 2008. – USA. – 131 p.

УДК 531.385

## ГИРОСТАБИЛИЗАТОР ГРАВИМЕТРА С КОМБИНИРОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И САМОНАСТРОЙКОЙ ПАРАМЕТРОВ Малютин Д.М.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Российская Федерация

В настоящее время продолжают активные исследования в области гравиметрии. Если в глобальном плане гравитационное поле Земли известно по результатам спутниковых съемок,

то крупномасштабные карты отдельных участков практически отсутствуют, хотя в них имеется большая потребность [1–5]. Задача повышения точности гравиметрических измерений является