

2.11. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.5 КОНТРОЛЬ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ: КОНТРОЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Цель работы: ознакомление с принципами применения технологии АСА для локализации неисправности на смонтированных печатных платах на компонентном уровне, не имея принципиальной схемы и рассматривая контролируемый печатный узел, как черный ящик.

Задание по работе

При выполнении лабораторной работы необходимо освоить принципы применения технологии АСА для локализации неисправности на смонтированных печатных платах на компонентном уровне, не имея принципиальной схемы и даже не зная того, как работает этот контролируемый печатный узел.

Теоретическая часть

Аналоговый сигнатурный анализ (АСА) — это безопасный метод поиска неисправностей путем сравнения вольт-амперных характеристик исследуемой платы или микросхемы с характеристиками эталонной. Подходит для тестирования цепей и с пассивными, и с активными компонентами, для него не требуется подача питания на элементы, он не повреждает электрические цепи и компоненты.

Принцип работы:

Прибор является активным, т.е. самостоятельно подает на электрическую схему тестовый сигнал и регистрирует отклик схемы. В связи с этим, прибором работают только со схемами без подачи питания и предварительно разряженными конденсаторами.

Тестовый сигнал представляет собой двуполярный синусоидальный сигнал с изменяемыми параметрами напряжения, силы тока и частоты.

Измерения проводятся двумя щупами между любыми произвольными узлами (точками) схемы. Как правило (но не обязательно) один из щупов располагают на общей шине, в этом случае можно говорить о сигнатуре в точке (т.е. относительно общей шины). В общем же случае сигнатура может быть записана для любого двухполюсника.

Зарегистрированный отклик двухполюсника в ответ на тестовый сигнал, по сути, представляет собой Вольт-Амперную Характеристику (ВАХ) анализируемого двухполюсника. ВАХ зависит от электрических параметров двухполюсника и однозначно характеризует его. В англоязычной литературе ВАХ обозначается VI (Volt — Intensité de courant (фр.)), отсюда и англоязычное название VI-tester. По аналогии мы можем называть данный тип приборов ВАХ-тестер.

Программное обеспечение позволяет мгновенно в автоматическом режиме сравнить две сигнатуры (ВАХ) и просигнализировать о величине отклонения их формы на основании чего мы можем сделать вывод об идентичности электрических параметров рассматриваемых двухполюсников.

Транзисторы имеют два полупроводниковых перехода (один - между базой и коллектором, а второй – между базой и эмиттером), соединенных друг с другом.

На рисунках 2.51-2.53 представлены типовые характеристики n-p-n транзисторов (эмиттер и коллектор изготовлены из полупроводника N-типа, а база имеет P-тип).

Сигнатура база-эмиттер аналогична сигнатуре стабилитрона.

Не рекомендуется выполнять тестирование маломощных импульсных транзисторов в частотном диапазоне 2 кГц в течение продолжительного времени.

Длительное смещение перехода база-эмиттер в обратном направлении может повредить полупроводник.

Сигнатура перехода база-коллектор аналогична сигнатурам обычных полупроводниковых диодов.

Сигнатура перехода коллектор-эмиттер аналогична сигнатурам стабилитрона. Когда тестирующее напряжение положительно (правый квадрант), переход коллектор-база смещен в обратном направлении, а база-эмиттер - в прямом. Смещенный в обратном направлении, переход коллектор-эмиттер препятствует прохождению тока, что на сигнатуре отражается в виде горизонтальной линии (отсутствие контакта).

Когда напряжение тестирования отрицательно (левый квадрант), переход коллектор-база смещен в прямом направлении, а база-эмиттер - в обратном. Переход база-эмиттер отображается аналогично пробоем стабилитрона – в виде пологой линии параллельной оси абсцисс. Обратите внимание на необходимость осторожного обращения с обратно смещенным переходом база-эмиттер.

Сигнатуры транзисторов типа р-п-р являются зеркальными отображениями сигнатур транзисторов п-р-п.

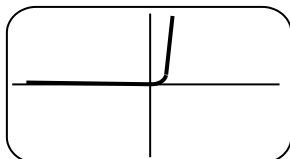


рис. 2.60. транзистор п-р-п переход база-эмиттер; диапазон напряжений - med; частотный диапазон - 50 гц.

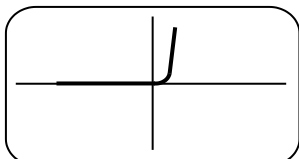


рис. 2.61. транзистор п-р-п переход база-коллектор; диапазон напряжений - med; частотный диапазон - 50 гц.

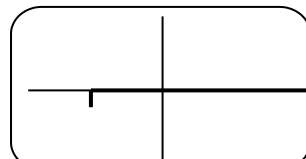


рис. 2.62. транзистор п-р-п переход эмиттер-коллектор; диапазон напряжений - med; частотный диапазон - 50 гц.

Определение выводов (цоколевки) транзистора

Выводы неизвестного транзистора могут быть определены следующим образом:

- Установите диапазон напряжений LOW, частотный диапазон –100 Гц.
- Соедините выход СОМ с одним из выводов транзистора, а щупом пробника последовательно коснитесь двух оставшихся выводов.
- Снимайте сигнатуры, добиваясь их соответствия с сигнатурами для п-р-п транзисторов.

Если полученные вами характеристики зеркальны характеристикам настоящего руководства – тестируемый транзистор имеет структуру р-п-р.

Измерение ВАХ биполярного транзистора.

Для биполярного транзистора в схеме с общей базой активный режим (на эмиттерном переходе - прямое напряжение, на коллекторном - обратное) является основным. Эмиттерный переход работает в прямом направлении, и через него происходит инжекция неосновных носителей в базу: дырок в транзисторе р-п-р типа и электронов в транзисторе п-р-п. База должна иметь достаточно малую толщину (по сравнению с диффузионной длиной), чтобы инжектированные неосновные носители не успевали рекомбинировать. Коллекторный переход, нормально смещенный в обратном направлении "собирает" инжектированные носители, прошедшие через слой базы. В зависимости от того, какой электрод является общим для входной и выходной цепей, различаются три схемы включения транзистора:

Схема с общим эмиттером (ОЭ) Схема с ОЭ является наиболее распространенной, так как она дает наибольшее усиление по мощности;

Схема с общей базой (ОБ). Эта схема дает меньшее усиление по мощности, чем схема с ОЭ, но она значительно лучше по частотным и температурным свойствам;

Схема с общим коллектором (ОК). Эта схема включения отличается большим входным сопротивлением и малым выходным. Т.к. она усиления по току не дает, ее называют эмиттерным повторителем.

Основными характеристиками биполярного транзистора являются входные и выходные характеристики. Что считать входом и выходом транзистора как усилительного элемента зависит от схемы его включения. Наибольшее применение нашла схема включения с общим эмиттером, т. к. она дает наибольший коэффициент усиления по мощности и имеет вполне приемлемые значения входного и выходного сопротивления. Поэтому именно для этой схемы включения проведем исследования входных и выходных характеристик. Входной цепью для схемы ОЭ является цепь эмиттер–база, а выходной – цепь эмиттер–коллектор. Выходной характеристикой является зависимость тока коллектора I_k от напряжения между эмиттером и коллектором при неизменной величине тока базы I_b

Рассмотрим ВАХ биполярного транзистора BC548 в режиме с общим эмиттером. Схема измерения представлена на рисунке 2.63.

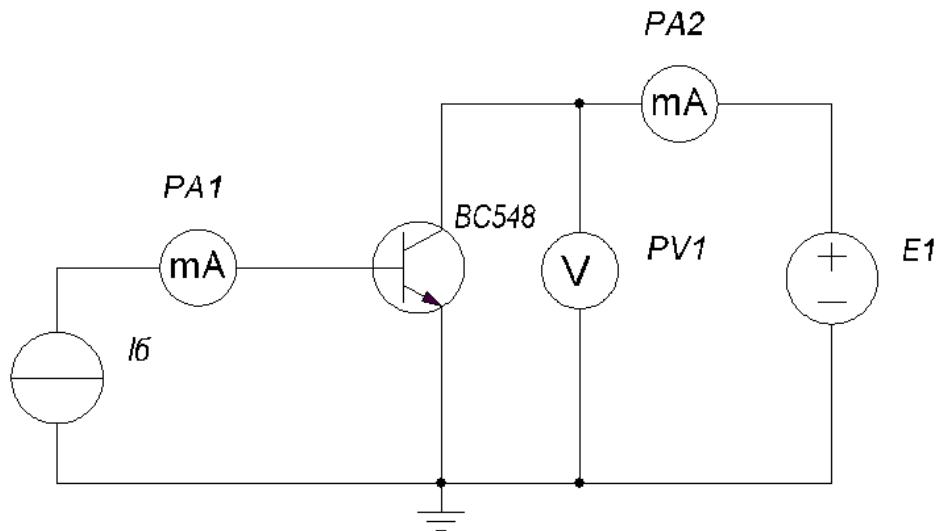


Рис. 2.63. Схема исследования ВАХ биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером

Результаты измерений занесены в таблицу 2.16.

Таблица 2. 16

Результаты измерений транзистора BC548

$I_b=0,2 \text{ мА}$		$I_b=0,5 \text{ мА}$		$I_b=1 \text{ мА}$		$I_b=2 \text{ мА}$	
$U_{кэ}, \text{В}$	$I_{к}, \text{мА}$	$U_{кэ}, \text{В}$	$I_{к}, \text{мА}$	$U_{кэ}, \text{В}$	$I_{к}, \text{мА}$	$U_{кэ}, \text{В}$	$I_{к}, \text{мА}$
0	0	0	0	0	0	0	0
0,3	29,2	0,3	65	0,3	23,2	0,3	84
0,6	35,51	0,6	76	0,6	32,6	0,6	102
1	43,4	1	84	1	39,5	1	121
1,5	51,8	1,5	94,1	1,5	45,4	1,5	131
2	59,6	2	103,7	2	50	2	140
2,5	68	2,5	112	2,5	56	2,5	149
3	75	3	120	3	58	3	158
3,5	79	3,5	126,3	3,5	59	3,5	163
4	80	4	128	4	60	4	165
4,5	81	4,5	129	4,5	61	4,5	166
5	82	5	130	5	61	5	

Результаты измерения, занесенные в таблицу, можно обработать с помощью программного обеспечения для графического представления. Обработывая таким образом результаты измерения, получаем вольт - амперную характеристику транзистора BC548. На рис. 2.64 представлена вольт - амперная характеристика транзистора BC548. По оси абсцисс лежит значение тока, а по оси ординат – значение напряжения. Показана зависимость изменения тока коллектора при изменении тока подаваемого на базу транзистора.

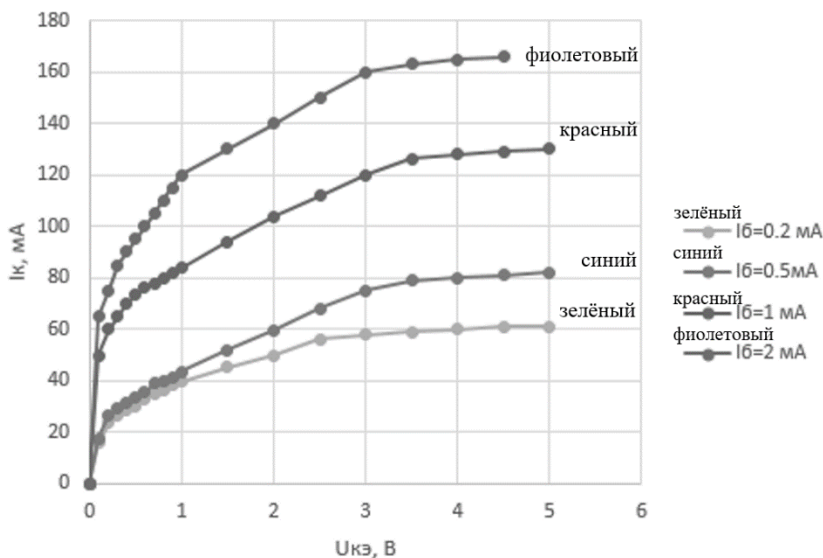


Рис. 2.64. ВАХ транзистора BC548

Результаты измерений совпадают с ожидаемыми результатами, полученными схемотехническим моделированием.

Рассмотрим ВАХ биполярного р-п-р транзистора BC557 в режиме с общим эмиттером. Схема измерения представлена на рисунке 2.65.

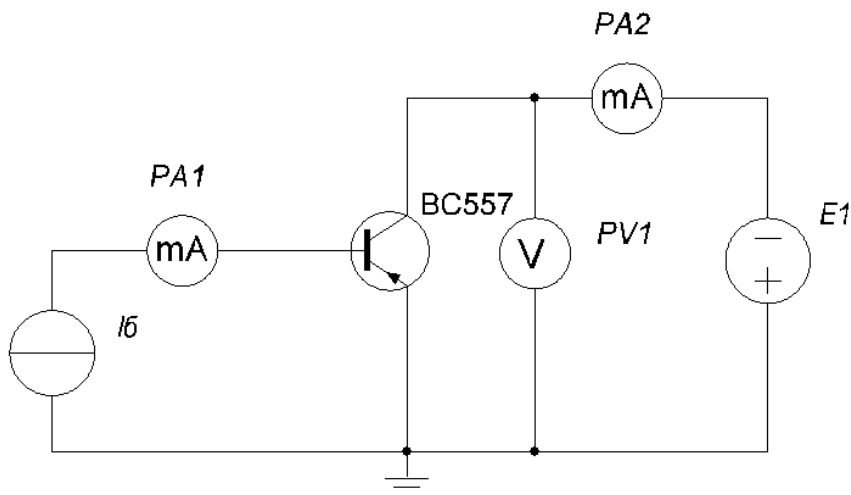


Рис. 2.65. Схема исследования ВАХ биполярного р-п-р транзистора в схеме с общим эмиттером

Результаты измерений занесены в таблицу 2.17.

Таблица 2.17

Результаты измерений транзистора BC557

I _б =100 мкА		I _б =200 мкА		I _б =300 мкА	
U _{кэ} ,В	I _к ,мкА	U _{кэ} ,В	I _к ,мкА	U _{кэ} ,В	I _к ,мкА
0	0	0	0	0	0
-0,5	-8	-0,5	-10	-0,5	-15
-1	-12	-1	-18	-1	-25
-1,5	-13	-1,5	-19,5	-1,5	-28
-2	-13,5	-2	-21	-2	-30
-2,5	-14	-2,5	-21,5	-2,5	-30,5
-3	-14,5	-3	-22	-3	-31
-3,5	-15	-3,5	-22,5	-3,5	-31,5
-4	-15,3	-4	-22,8	-4	-32
-4,5	-15,4	-4,5	-23	-4,5	-32,3
-5	-15,5	-5	-23,1	-5	-32,5

Результаты измерения, занесенные в таблицу, можно обработать с помощью программного обеспечения для графического представления. Обработывая таким образом результаты измерения, получаем вольт-амперную характеристику транзистора BC557. На рис. 2.66 представлена вольт - амперная характеристика транзистора BC557. По оси абсцисс лежит значение тока, а по оси ординат – значение напряжения. Показана зависимость изменения тока коллектора при изменении тока подаваемого на базу транзистора.

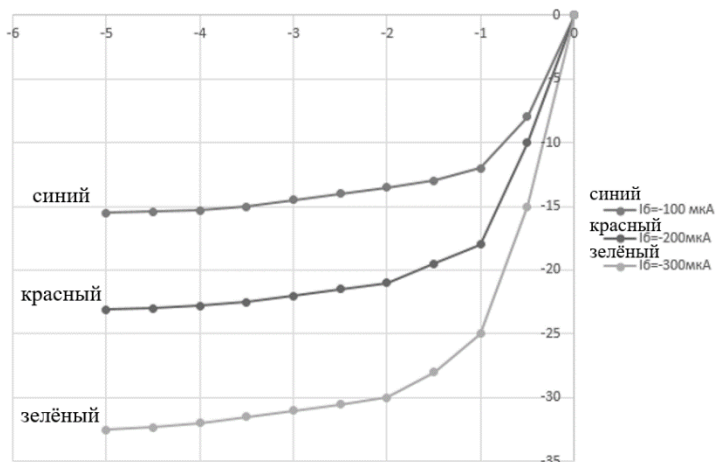


Рис. 2. 66. Семейство ВАХ транзистора BC557

Результаты измерений совпадают с ожидаемыми результатами, полученными схемотехническим моделированием.

Сигнатурный анализ биполярного транзистора

Тестирование работоспособности транзистора заключается в подаче на базу транзистора управляющего напряжения и дальнейшего наблюдения за изменением проводимости между коллектором и эмиттером.

Для этого необходимо собрать схему подключения к локализатору неисправностей аналогичной схеме измерения ВАХ биполярного транзистора с ОЭ, указанной на рисунке 2.67.

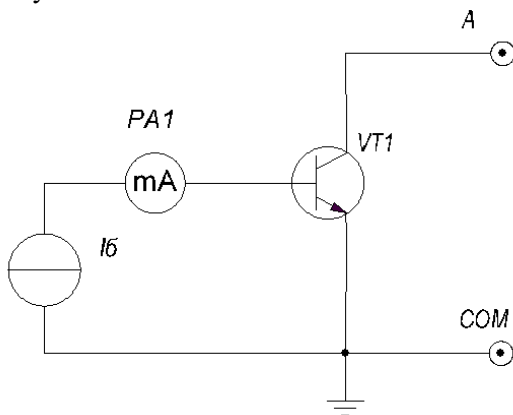


Рис. 2.67. Схема исследования ВАХ биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером методом сигнатурного анализа

В данной необходимо соединить коллектор с каналом А локализатора неисправностей, эмиттер с каналом СОМ, а на базу подавать положительный ток от внешнего источника питания.

Результаты измерения ВАХ n-p-n транзистора BC548 на сигнатурном анализаторе представлены на рисунке 2.68.

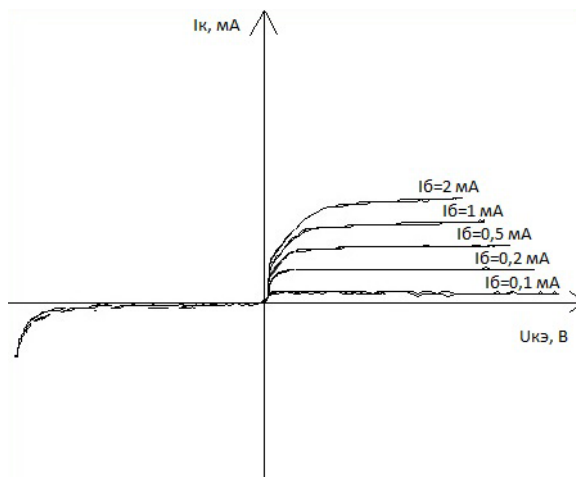


Рис. 2.68. Сигнатуры транзистора BC548 при различном токе базы I_B

При последовательном увеличении подаваемого тока на базу транзистора ($I_B=0,1, 0,2, 0,5, 1, 2 \text{ mA}$) можно наблюдать увеличение коллекторного тока.

Для измерения ВАХ биполярного p-n-p транзистора BC557 необходимо собрать схему, представленную на рисунке 2.69.

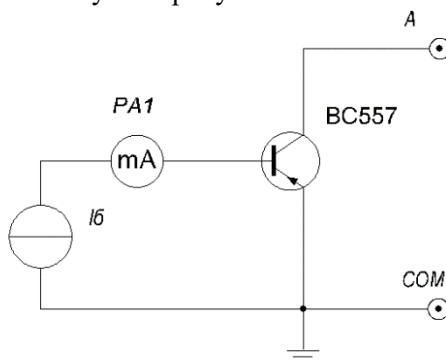


Рис. 2. 69. Схема исследования ВАХ биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером методом сигнатурного анализа

В данной схеме необходимо соединить коллектор с каналом А локализатора неисправностей, эмиттер с каналом СОМ, а на базу подавать отрицательный ток от внешнего источника питания.

Результаты измерения ВАХ n - p - n транзистора BC548 на сигнатурном анализаторе представлены на рисунке 2.70.

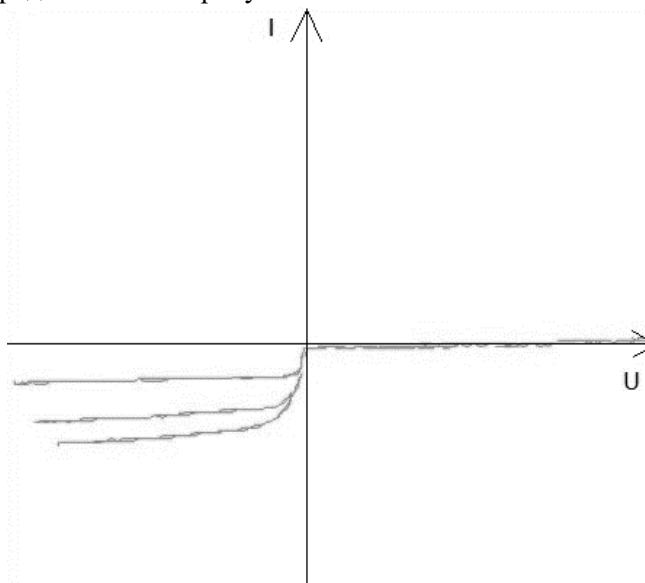


Рис. 2.70. Сигнатуры транзистора BC557 при различном токе базы I_b

При последовательном увеличении подаваемого тока на базу транзистора ($I_b=100, 200, 250$ мкА) можно наблюдать увеличение коллекторного тока.

Выводы:

Согласно результатам измерений вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов полученных ручным методом и методом аналогового сигнатурного анализа, можно сделать выводы:

Время протекания больших токов на пике синусоиды, при измерении ВАХ с помощью сигнатурного анализа, в отличие от ручного метода измерения ВАХ, мало. Нагревания полупроводникового прибора не происходит, за счёт этого, возможно проводить измерения на сравнительно высоких токах без искажения характеристик ввиду нагрева, а также без риска вывести исследуемый элемент из строя;

Вольт-амперные характеристики полупроводниковых компонентов, измеренные методом сигнатурного анализа и ручным методом, совпадают по форме и соответствуют заявленным в документации полупроводниковых

приборов параметрам. Моделированием в программе PSpice были получены характеристики, несколько отличающиеся по форме, однако в целом соответствующие параметра исследованных приборов. Различия можно объяснить «идеальностью» виртуальных моделей, использованных при моделировании;

Программа нормирует центр сигнатуры на центр оси, что не позволяет определить абсолютные значения тока и напряжения, однако сохраняется форма характеристики.

Описание стенда приведено в лабораторной работе № 5 «Локализация неисправностей компонентов на смонтированных коммутационных структурах».

Подготовка к работе

1. Перед началом работы необходимо проанализировать электрическую схему устройства по варианту задания и сделать необходимые теоретические расчеты согласно рабочей тетради к работе.

2. Сформировать комплект элементов из набора модульного электронного конструктора.

3. Электронный модульный конструктор обеспечивает сборку схемы без применения пайки за счет механических креплений. Перед началом сборки схемы согласно варианту задания разместить на рабочем столе антистатический коврик, на нем разместить центральную коммутационную плату.

4. Изучить особенности коммутационной платы модульного конструктора, принципы монтажа на ней ЭРЭ, продумать компоновку элементов на коммутационной плате. Размещение элементов рекомендуется проводить от центра коммутационной платы к периферии, наиболее связанные элементы располагать в центре, менее связанные элементы по периферии. При компоновке необходимо следить, чтобы вес монтируемых элементов был распределен равномерно по всей коммутационной плате.

5. Разместить ЭРЭ на коммутационной плате.

6. Провести коммутацию ЭРЭ соединительными проводниками (перемычками), число которых в наборе ограничено, необходимо заранее продумать компоновку схемы с позиции минимизации внутренних связей.

7. Собрать схемы, приведенные в журнале лабораторных работ.

8. Провести необходимые измерения, указанные в рабочей тетради к работе, записать результаты экспериментов. сравнить расчетные и экспериментальные данные и сделать выводы.

Порядок оформления отчета по лабораторной работе

В отчете по выполненной работе должны быть представлены:

1. Цель и задачи экспериментального исследования;
2. Электромонтажная схема стенда и ее описание;
3. Краткий конспект теоретической части и теоретические расчеты;
4. Комплектность собираемой схемы (перечень элементов);
5. Методика проведения измерений;
6. Результаты экспериментальных исследований, оформленные согласно рабочей тетради к лабораторному практикуму;
7. Выводы по итогам сравнения расчетных и экспериментальных показателей;
8. Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Дайте определение АСА?
2. Назовите основные сигнатуры?
3. Чем отличается схема включения амперметра и вольтметра в электрическую цепь?
4. Что такое короткое замыкание?
5. Чем можно объяснить различия между теоретическими расчетами и показаниями прибора?
6. Объясните принцип работы анализатора SFL1500?
7. Опишите составляющие стенда.