



ИЗМЕРЕНИЯ ПО ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ В USB-ЛАБОРАТОРИИ

(по материалам журнала "Контрольно-измерительные приборы и системы")

Афонский А.А., Суханов Е.В.

Итак, комбинированный прибор АСК-4106 (рис. 1): осциллограф + генератор сигналов. Конечно, АСК-4106 сохраняет все возможности двух его предшественников: АСК-3106 (цифровой запоминающий осциллограф) и АНР-3121 (генератор сигналов произвольной формы), - но, кроме того, он может использоваться и в качестве универсального измерительного комплекса. Совмещая под единым управлением компьютерной программы источник испытательных сигналов и прибор для их измерения, АСК-4106 позволяет в автоматическом режиме измерять амплитудно-частотные (АЧХ), амплитудные, фазочастотные (ФЧХ) и переходные характеристики испытываемого устройства.



Рис. 1. Комбинированный прибор АСК-4106

Общая схема испытаний "черного ящика"

Сформулируем задачу. Пусть имеется некое радиоэлектронное устройство с одним аналоговым входом и одним аналоговым выходом, которое представлено в виде "черного ящика" (ЧЯ). Его внутреннее устройство в общем случае неизвестно (недоступно или не имеет значения для данного процесса). Требуется определить характеристики этого устройства.

В статье рассматривается пример комбинирования приборов входящих в состав USB-лаборатории "АКТАКОМ", дающей приборам качественно новые возможности, превышающие простую сумму возможностей составляющих его частей.

Упрощенная блок-схема измерения этих характеристик показана на рис. 2.



Рис. 2. Блок-схема измерения характеристик "черного ящика"

На вход ЧЯ (исследуемого изделия) с выхода соответствующего генератора подается тестирующий сигнал с необходимыми параметрами (T_1). С выхода ЧЯ с помощью соответствующего регистратора (измерителя) снимается результат такого воздействия - отклик (O_1) и анализируются числовые значения выбранного параметра или характеристики.

На рис. 3 показан макет измерительной системы на базе комбинированного прибора АСК-4106. Ко входу ЧЯ подключен выход канала А модуля генератора сигналов АСК-4106, а выход ЧЯ - ко входу канала А модуля осциллографа. Таким образом, подавая с помощью генератора различные испытательные сигналы (ИС), можно увидеть реакцию исследуемого устройства. Для того чтобы скомпенсировать собственные искажения прибора (например, неравномерность АЧХ осциллографа), будем также пода-

вать тот же испытательный сигнал с канала В генератора напрямую на канал В осциллографа. Теперь, сравнивая измененные сигналы по обоим каналам, обнаружим только влияние ЧЯ (пренебрегая тонкими различиями между каналами прибора).

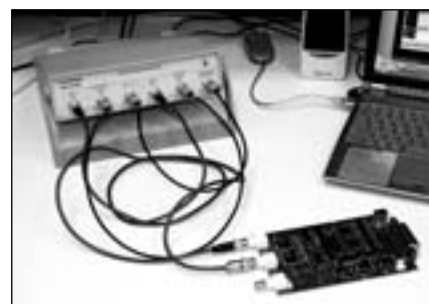


Рис. 3. Макет системы для измерения характеристик устройства

Траектории измерений

Для получения достаточно полной картины свойств испытываемого устройства необходимо провести большое количество измерений при различных параметрах тестового сигнала. Соответственно, программа измерительного комплекса должна обеспечивать пользователя средствами описания такой последовательности сигналов для проведения всего комплекса испытаний "списком".



В программе АСК-4106 для этой цели вводится понятие траектории измерений, представляющей собой последовательность точек измерений. Каждая точка измерений - это совокупность нескольких величин: частоты повторения испытательного сигнала, размаха напряжения, шаблона формы и флага использования этой точки при измерениях. Шаблон формы задает характер испытательного сигнала: синус, прямоугольник, дельта-импульс или любая произвольная форма. Флаг использования позволяет включать или исключать данную точку из текущей серии измерений, не удаляя ее из траектории.

Программа содержит удобные средства для работы с траекториями измерений (рис. 4). Пользователь может создавать траектории, сохранять их в файлы, загружать сохраненные, составлять новые траектории, соединяя несколько существующих, сортировать точки в составе траектории, вносить изменения в отдельные точки измерений или их группы и т. д.



Рис. 4. Программное окно для работы с траекториями измерений

Автоматические измерения и определяемые параметры сигналов

Подключив тестируемый ЧЯ к прибору и задав требуемую траекторию измерений, можно переходить непосредственно к процессу испытаний.

Программа позволяет запустить измерения в автоматическом или пошаговом (полуавтоматическом) режиме. В обоих режимах программа последовательно генерирует ИС, задаваемые очередной точкой траектории измерений (шаг измерений).

На каждом шаге измерений программа автоматически устанавливает длину буфера данных и скорость развертки осциллографа в соответствии с периодом повторения ИС в текущей точке измерений так, чтобы оказались захваченными несколько периодов ИС с достаточным временным разрешением. Далее автоматически подбираются оптимальные величины усиления и смещений по обоим измеряемым каналам и проводится несколько настроечных захватов сигнала. После настройки осциллографа производится результативный захват осциллограмм, по которым далее будут осуществляться вычисления. Все осциллограммы, получаемые для настройки и результативных измерений, отображаются по мере захвата на вкладке "Форма" главного окна программы (рис. 5).

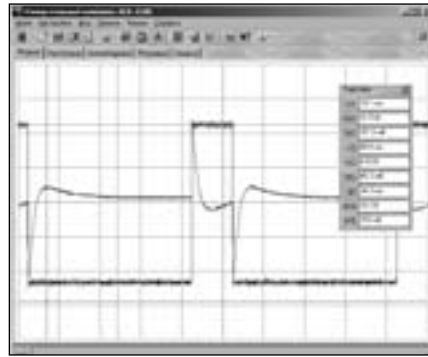


Рис. 5. Наблюдение осциллограмм измерений

Изображения осциллограмм нужны только для визуального контроля оператором качества настройки прибора на сигнал. Определение численных параметров измеренных сигналов проводится автоматически: программа сама выделяет в собранных данных целое число периодов повторения ИС, по каждому найденному периоду вычисляет размах сигнала, его среднеквадратическое значение (СКЗ), частоту и фазу, затем полученные величины усредняются по всем периодам. Результаты измерений сохраняются в таблице данных и отображаются в главном окне программы.

Автоматический и полуавтоматический режимы отличаются только тем, что в пошаговом режиме

программа после каждого этапа измерений и вывода результатов останавливается и ожидает команды пользователя для начала следующего шага измерений, давая возможность не спеша ознакомиться с полученными результатами. В автоматическом режиме переход к следующему шагу производится сразу, без дополнительного подтверждения.

Представление результатов измерений

После определения параметров в очередной точке измерений результаты заносятся в массив данных траектории и выводятся в графическом виде как амплитудно-частотная, амплитудная и фазочастотная характеристики, а также в текстовом виде в таблице "Сводка измерений".

Графики характеристик

Зависимость среднеквадратического значения амплитуды выходного сигнала от частоты входного сигнала (амплитудно-частотная характеристика) изображается на вкладке "Частотные" (рис. 6). Ось значений этого графика может работать в двух режимах. В первом режиме по этой оси откладывается измеренная величина коэффициента усиления (отношение СКЗ выходного сигнала к СКЗ входного сигнала), в линейном или логарифмическом масштабе. Во втором режиме дополнительно включается возможность использования опорного уровня. При этом выводится отношение измеренного в данной точке коэффициента усиления к некоторому фиксированному уровню, либо к уровню, определенному на указанной частоте, либо к уровню, введенному в явном виде.

На вкладке "Амплитудные" (рис. 7) отображается зависимость СКЗ амплитуды выходного сигнала от СКЗ амплитуды входного сигнала (амплитудная характеристика). Если текущая траектория измерений служит для определения АЧХ и амплитуда входного сигнала поддерживается постоянной во всех измеряемых точках, этот график бу-

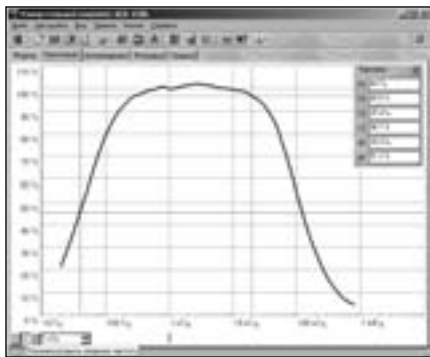


Рис. 6. Амплитудно-частотная характеристика

дет не слишком наглядным, представляя собой вертикальную линию. В этом случае пользователь может запретить программе строить ненужный график. Это же относится и к графикам АЧХ и ФЧХ при измерении амплитудной характеристики (когда измерения проводятся при фиксированной частоте ИС).

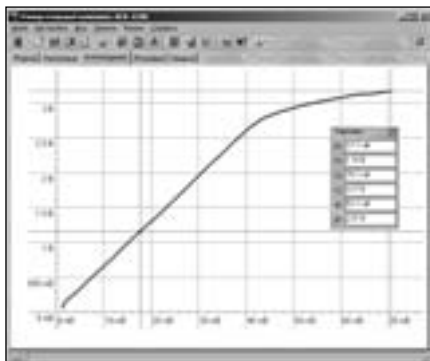


Рис. 7. Амплитудная характеристика

Фазочастотная характеристика отображается на графической вкладке "Фазовые" (рис. 8). На этом графике выводится зависимость величины угла сдвига фаз выходного сигнала относительно входного от частоты входного ИС. Величины углов могут по выбору пользователя отображаться в градусах, радианах, градиентах или долях полного круга.

Программа позволяет выбрать один из трех методов определения фазового сдвига: геометрический, метод "косинуса потерь" и спектральный. При использовании геометрического метода определяют моменты перехода сигнала через его среднее значение. Поэтому если, например, на вход ЧЯ подается синусоидальный сигнал, а на выходе

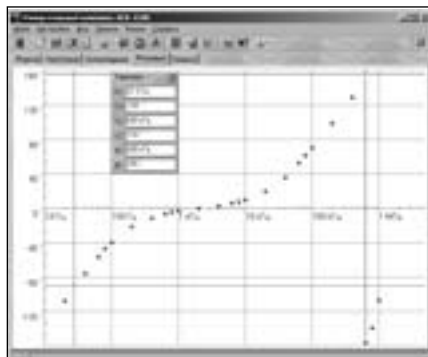


Рис. 8. Фазочастотная характеристика

наблюдается тот же синус, но ограниченный сверху или снизу, величина сдвига фаз будет искажаться за счет смещения средней линии. В этом случае целесообразнее использовать спектральный метод. При этом программа с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье раскладывает исследуемые сигналы в спектр, определяет главные гармоники (по условию максимума амплитуды) и показывает разность фаз между ними.

Если ЧЯ кардинально изменяет форму ИС, можно попытаться определить величину сдвига фаз на основе формулы мощности потерь. Здесь слово "определить" надо понимать не только как "найти", но и как "дать определение". Действительно, что считать сдвигом фаз для сигналов, изображенных на рис. 9? А между тем этот рисунок - иллюстрация к реальной задаче определения сдвига фаз между сигналами напряжения и тока при измерении параметров петли гистерезиса магнитопроводов.

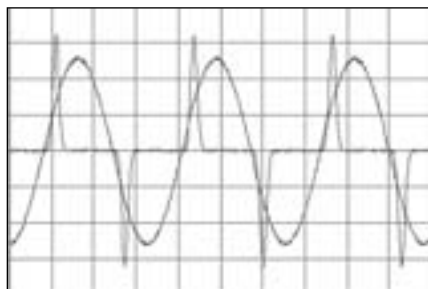


Рис. 9. Определение сдвига фаз для сигналов разной формы

Итак, пусть по одному каналу измеряется напряжение некоторого сигнала, по второму - ток этого же сигнала (в виде напряжения с шун-

та). Так как мощность этого сигнала можно выразить как произведение действующих значений напряжения и тока и косинуса угла сдвига фаз между ними, а также как интеграл произведения мгновенных значений напряжения и тока, можем записать:

$$\cos \varphi = \frac{\int_0^T U_A \cdot U_B dt}{T \cdot (U_{ARMS} \cdot U_{BRMS})}$$

где U_A, U_B - мгновенное значение сигнала по каналу А, В;

U_{ARMS}, U_{BRMS} - среднеквадратическое значение сигнала по каналу А, В;

T - длительность периода измеряемого сигнала.

Недостатком метода является невозможность определения знака угла сдвига фаз, поскольку измерения по разным каналам входят в формулу симметрично. Метод дает лишь абсолютное значение (модуль) угла.

Для всех графиков реализована возможность курсорных измерений. Для каждого графика пользователь может установить наиболее удобные настройки с помощью специального диалогового окна (рис. 10). Здесь можно выбрать наиболее подходящие цвета для всех элементов графика, настроить стиль графиков, установить параметры осей (масштаб, шаг сетки, вид - линейная или логарифмическая). Каждый график настраивается независимо.

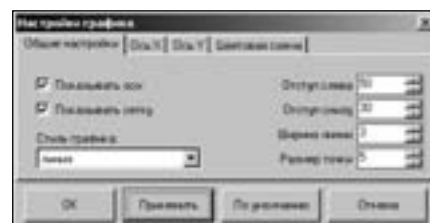


Рис. 10. Диалоговое окно настройки вида графиков

Сводная таблица результатов

Просмотреть исходные данные для построения графических характеристик в числовом виде можно



в таблице на вкладке "Сводка" (рис. 11). Для каждой точки измерений в эту таблицу построчно заносятся: "N" - номер точки измерений, "Частота ->" - заданная частота ИС, "Амплитуда ->" - заданная пиковая амплитуда ИС, "СКЗ ->" - измеренное среднеквадратическое значение амплитуды входного сигнала, "Частота <-" - измеренное значение частоты выходного сигнала, "Фаза <-" - угол сдвига фазы выходного сигнала относительно входного, "СКЗ <-" - измеренное среднеквадратическое значение амплитуды выходного сигнала.

Рис. 11. Сводная таблица результатов

Все результаты измерений, в том числе и содержимое этой таблицы, могут быть сохранены в текстовом файле в формате "CSV". Затем этот файл может быть либо вновь открыт самой программой измерительного комплекса, либо использован для дальнейшей обработки данных внешними приложениями (Microsoft Excel или подобными). Кроме того, все графики программы можно сохранить в файлы в виде изображений в растровой или векторной форме. Наконец, содержимое любой вкладки результатов измерений пользователь может снабдить собственным коммента-

рием и вместе с ним отправить на печать.

Модуль анализа формы

Для изучения переходных характеристик испытываемых устройств пользователь может либо просто воспользоваться курсорными измерениями на графике формы сигналов, либо дополнительно использовать возможности автоматических измерений модуля анализа формы

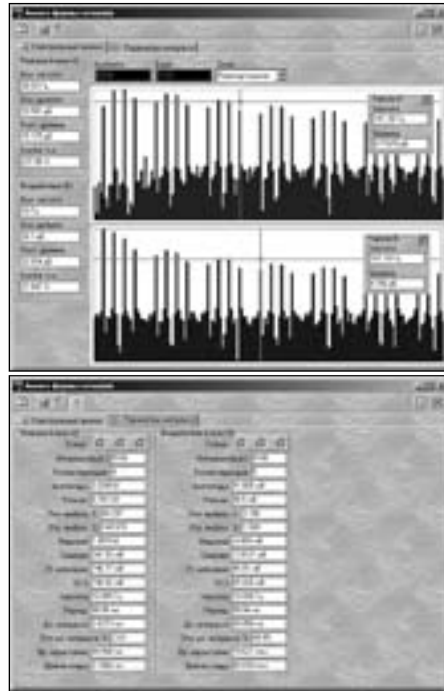


Рис. 12. Спектральный анализ сигналов

сигнала (рис. 12). Этот модуль объединяет возможности спектрального анализа (разложение сигналов в гармонические ряды, изображение спектров сигналов и их параметров: частот и амплитуд гармоник, коэффициента нелинейных искажений) и алгоритмов автоматического определения параметров импульса (частоты, длины импульса,

времени нарастания и спада, величины выброса и т. д.).

Таким образом, совмещение источника испытательных сигналов и прибора для наблюдения и измерения выходных параметров исследуемого электронного устройства превращает АСК-4106 в мощную наладочную и измерительную станцию при экономии пространства на рабочем месте.

Преимуществами этого высокопроизводительного измерительного комплекса являются:

- **универсальность** - комплекс позволяет измерять одновременно амплитудно-частотные, амплитудные, фазочастотные и переходные характеристики;
- **гибкость** - возможно использование самых разных испытательных сигналов, начиная от стандартных форм и заканчивая произвольно нарисованными, при этом возможно также использование в качестве испытательных реально измеренных сигналов, записанных этим же прибором в режиме осциллографа;
- **автоматизация** - весь цикл измерений по однажды заданной траектории измерений может проводиться без участия оператора;
- **возможность модификации** - полное программное управление прибором позволяет пользователю с помощью предоставляемых библиотек разработчика (см. КИПиС № 6, 2003) создавать собственные программы, предназначенные для решения конкретных производственных или исследовательских задач в любой необходимой степени.

КОМФОРТ

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К КЛИЕНТУ

журнал для специалистов
ИНФОРМОСТ
радиоэлектроника и телекоммуникации