

ЦИФРОВЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ АКТАКОМ ЭКОНОМ-КЛАССА СО ВСТРОЕННЫМ ЦИФРОВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ СИГНАЛОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ

АКТАКОМ LOW-END DIGITAL STORAGE OSCILLOSCOPES WITH BUILT-IN DIGITAL SIGNAL GENERATOR AND THEIR APPLICATION TO MEASURING TASKS

Афонский А.А. (A. Afonskiy), Главный редактор

Как хорошо известно, инженеры любят многофункциональные приборы. Такие приборы экономят место на рабочем столе, стоят, как правило, дешевле двух или трех приборов и что важно, всегда под рукой несколько различных измерительных функций. Но, тем не менее, эти свойства не самое главное в многофункциональных осциллографах АКТАКОМ АСК-6xx9. Эти цифровые запоминающие осциллографы АКТАКОМ стали одними из первых, представленных в России, осциллографов эконом-класса со встроенным цифровым генератором сигналов (рис. 1).

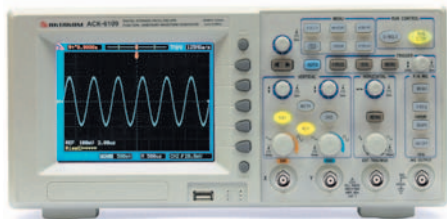


Рис. 1. Двухканальный цифровой запоминающий осциллограф АКТАКОМ АСК-6109 с полосой 100 МГц со встроенным цифровым генератором сигналов

Серия цифровых осциллографов АКТАКОМ АСК-6xx9 представлена тремя моделями с полосами пропускания 60 МГц (АСК-6069), 100 МГц (АСК-6109), 200 МГц (АСК-6209). Следует заметить, что в качестве базовых моделей для АСК-6xx9 была взята серия осциллографов АСК-5xx9 с аналогичными значениями полос пропускания: АСК-5069, АСК-5109, АСК-5209 (рис. 2).

Цифровые запоминающие осциллографы, серий АКТАКОМ АСК-6xx9 и АСК-5xx9 являются двухканальными моделями с максимальной частотой дискретизации до 1 Гвыб/с и глубиной

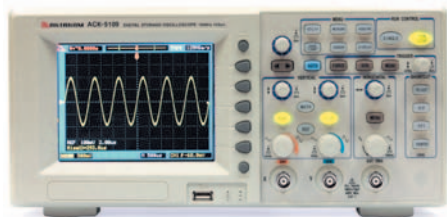


Рис. 2. Двухканальный цифровой запоминающий осциллограф АКТАКОМ АСК-5109 с полосой 100 МГц



записи 2,4 миллиона точек (1,2 млн. точек на канал при использовании двух каналов одновременно). Данные серии приборов АКТАКОМ отличаются высокой надежностью и при невысокой стоимости и имеют хорошие функциональные возможности, среди которых можно выделить:

- курсорные измерения: ручные, слежение, авто
- автоматические измерения: 28 типов
- хранение: 10 осциллограмм, 10 установок
- синхронизация по фронту, видеосигналу, длительности импульса, а также предполагается и поочередный запуск
- цифровые фильтры: НЧ, ВЧ, полосовой, режекторный
- встроенный интерполятор: $\sin(x)/x$, линейный
- математические операции: сложение, вычитание, умножение, деление
- быстрое преобразование Фурье для



Рис. 3. Интерфейсы дистанционного управления у цифровых запоминающих осциллографов АКТАКОМ АСК-6109

анализа спектра; пять встроенных окон: Rectangle, Blackman, Hanning, Hamming, Flattop; БПФ 1024 точки [1]

- режимы растяжки
- режим X-Y
- режим самописца
- автоматический покадровый регистратор: 1000 кадров
- встроенный 5-разрядный частотомер
- режим послесвечения
- тестирование в пределах («годен-негоден») — встроенный модуль Pass/Fail
- форматы сохранения: осциллограмма, данные, изображение, настройки
- сохранение данных на внешнее USB-устройство.

Цифровые осциллографы АКТАКОМ серий АСК-6xx9 и АСК-5xx9 имеют интерфейсы дистанционного управления USB-device, RS-232 и LAN.

Главное достоинство серии осциллографов АКТАКОМ АСК-6xx9 заключается в наличии встроенного генератора, что дает возможность объединения систем запуска осциллографа и генератора, а также обеспечивает встроенную синхронизацию обоих приборов. И таким образом, осциллографы АКТАКОМ АСК-6xx9 можно применить для решения измерительных задач, выполнение которых при использовании отдельных приборов затруднительно. Примеры таких измерительных задач представлены в данной статье.

УПРАВЛЕНИЕ ВСТРОЕННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ

Органы управления и выход генератора в АСК-6xx9 размещены в правой части лицевой панели, где обычно в цифровых осциллографах находится система управления запуском осциллографа (область «Trigger») или кнопки быстрого запуска (область «Shortcut») (рис. 4).

Встроенный в осциллограф генератор использует технологию прямого цифрового синтеза (DDS) [2], которая позво-



Рис. 4. В цифровых осциллографах АКТАКОМ АСК-6xx9 органы управления и выход генератора размещены в правой части лицевой панели

ляет формировать сигналы с высокой стабильностью, точностью установки частоты (50 ppm) и малым уровнем искажений (коэффициент нелинейных искажений <0,2%). Для генерации сигналов различных форм во встроенном генераторе в серии осциллографов АКТАКОМ АСК-6xx9 используется быстродействующий ЦАП с высоким разрешением 14-бит. При этом максимальная частота дискретизации составляет 200 Мвыб/с, а дли-

на памяти при формировании сигналов произвольной формы — 8 К точек. Особенно следует выделить возможности встроенных генераторов по генерации сигналов различных форм и типов. В приборах предусмотрена возможность формирования тридцати стандартных форм сигналов записанных во внутреннюю память прибора (таблица 1). И, что особенно удобно, при нажатии кнопки

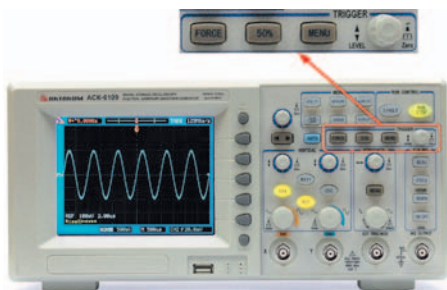


Рис. 5. В цифровых осциллографах АКТАКОМ АСК-6хх9 органы управления запуском располагаются горизонтально над органами управления горизонтальной и вертикальной системой

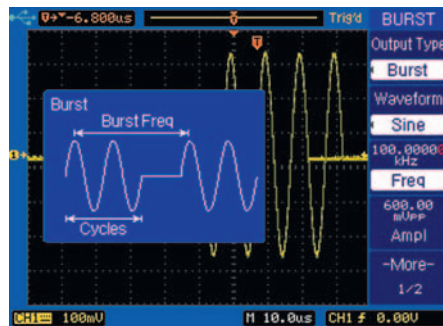


Рис. 6. Отображение на экране графического представления формы сигнала, и их основных параметров (при нажатии кнопки GRAPH)

GRAPH в органах управления генератором, на экране отображается графическая подсказка показывающая как саму форму сигнала, так и основные параметры, которые могут быть установлены для данного типа сигнала (рис. 6).

В зависимости от модели прибора максимальная частота генерации сигналов также различается. Так, для приборов с полосой пропускания осциллографа 100 МГц

(АСК-6109) и 200 МГц (АСК-6209), максимальная частота генерации на синусоидальном сигнале составляет 40 МГц, а для осциллографа с полосой пропускания 60 МГц (АСК-6069) максимальная рабочая частота генератора составляет 20 МГц. И, эти значения, кстати, существенно выше аналогичных значений у конкурентных моделей (см. таблицу 3).

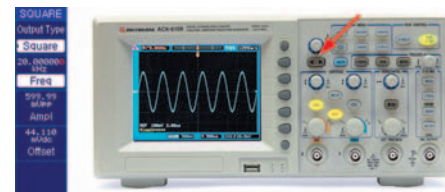


Рис. 7. Активный для изменения разряд установки значения параметра амплитуды или частоты отмечается красным цветом

Для импульсного сигнала максимальная частота генерации для всех моделей составляет 10 МГц, а для остальных типов сигналов — 1 МГц.

Говоря о рабочей частоте генерации, следует также указать и такой важный

Таблица 1

ФОРМЫ СТАНДАРТНЫХ ТИПОВ СИГНАЛОВ И ИХ ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

Название	Подсказка	Описание	Название	Подсказка	Описание
Sine		Синус	SQRT		Квадратный корень
Square		Прямоугольный	EXP		Экспонента
Triangle		Треугольный	LOG		Логарифм
Up ramp		Пила нарастающая	Semicircle		Полукруг
Down ramp		Пила спадающая	Tanh		Тангенс
Pos-pulse		Положительный импульс	Sinc		Кардиотон
Neg-pulse		Отрицательный импульс	Noise		Шумовой
Pos-bipulse		Положительный двойной импульс	Duty 10%		Импульсный, со скважностью 10%
Neg-bipulse		Отрицательный двойной импульс	Duty 90%		Импульсный, со скважностью 90%
Pos-DC		Положительное смещение	Up Step		Ступеньки вверх
Neg-DC		Отрицательное смещение	Down Step		Ступеньки вниз
Full Wave		Выпрямленный синус	Tri-pulse		Тройной импульс
Half Wave		Выпрямленный полусинус	Trapezia		Трапеция
Clipped Sine		Ограниченный синус	Cos		Косинус
Gate sine		Стробированный синус	SCR		Симистор

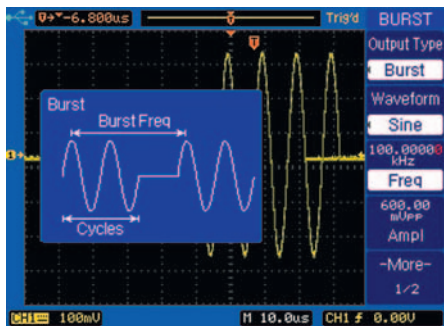


Рис. 8. Графическое представление в режиме формирования пачек импульсов и свипирования (качания) по частоте

параметр, как разрешение по частоте, т.е. минимальное значение, на которое может изменяться значение частоты при установке. Это значение для встроенных генераторов для АСК-6хх9 также выглядит достойным и не уступающим стационарным моделям генераторов. Так, для синусоидального, импульсного и прямоугольного сигналов наилучшее разрешение составляет 1 мГц, а для других типов сигналов — 1 МГц. Во встроенном генераторе для всех моделей АКТАКОМ АСК-6хх9 можно установить выходную амплитуду сигнала (на открытом контуре) от 2 мВпик до 20 Впик для частот до 20 МГц и до 6 Впик на частотах свыше 20 МГц. При установке числовых значений того или иного параметра, в том числе частоты и амплитуды, активный для изменения разряд отмечается красным цветом (см. рис. 7).

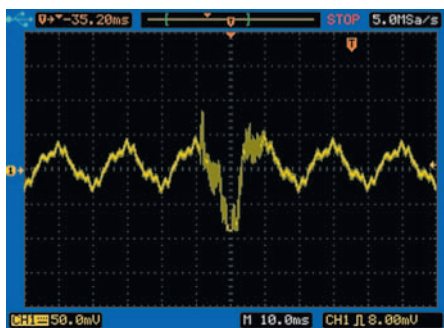


Рис. 9. Исходная для запоминания форма сигнала на экране осциллографа АКТАКОМ АСК-6209

Изменение значения разряда производится поворотным регулятором \odot , а переход от одного разряда к другому производится нажатием кнопки $\blacktriangleleft \blacktriangleright$.

Представляя возможность формирования различных форм сигналов, следует отметить, что приборы серии АКТАКОМ АСК-6хх9 могут генерировать не только стандартные (в основном, гармонические) формы сигналов, но и имеют широкие возможности по формированию модулированных сигналов, как с частотной, так и цифровой модуляцией (манипуляцией). Кроме того, встроенный генератор в цифровых осциллографах АКТАКОМ АСК-6хх9 может работать в режиме формирования пачек импульсов и свипирования (качания) по частоте.



Рис. 10. Выбор режима генератора для работы с пользовательской формой сигнала на экране осциллографа АКТАКОМ АСК-6209



Рис. 11. Выбор режима сохранения пользовательской формы сигнала в осциллографе АКТАКОМ АСК-6209

Во всех вышеперечисленных случаях, как и при работе со стандартными формами сигнала, по нажатию кнопки GRAPH пользователь может увидеть графическую подсказку (см. табл. 2).

Кроме того, встроенный функциональный генератор, работает также и как генератор сигналов произвольной формы, для этого достаточно выбрать пункт меню «User ARB», а затем можно сохранять и загружать пользовательскую форму сигнала, как во внутреннюю, так и во внешнюю память прибора.

Использование этой функции на примере осциллографа со встроенным генератором АСК-6209 представлено на рис. 9-15.

1. Проведя измерения, получим на экране осциллографа со встроенным генератором АКТАКОМ АСК-6209 сигнал, показанный на рис. 9.

2. Далее заходим в меню встроенного генератора в осциллографе АКТАКОМ АСК-6209 и выбираем работу с пользовательской формой сигнала в меню (User ARB) (рис. 10).

3. Переходим на вторую страницу меню и выбираем элемент Capture/Storage (рис. 11).

4. Сохранить форму сигнала можно как во внутреннюю память, так и на внешний USB носитель. В качестве примера, сохраним форму сигнала во внутреннюю память. Выбираем элемент Internal Storage и сохраняем данные в энергонезависимую память, в ячейку User03. Сама процедура сохранения формы сигнала в данную ячейку начнется по нажатию функциональной кнопки Save (рис. 12).

Форма сигнала с осциллографа сохранена во внутреннюю память прибора. Чтобы убедиться, что форма сигнала с осциллографа может быть использована в качестве пользовательской формы встроенного генератора АСК-6хх9, подключаем (пятый этап) на выход генератора кабель, соединяем его со входом CH1 осциллографа и нажимаем кнопку включения выхода генератора WG Output (рис. 13).



Рис. 12. Сохранение формы сигнала с осциллографа во внутреннюю память генератора осциллографа АКТАКОМ АСК-6209

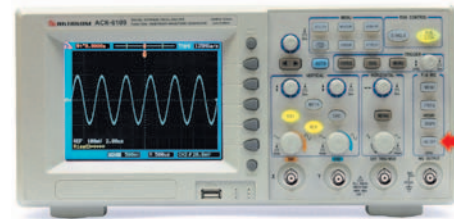


Рис. 13. Включение выхода генератора для формирования сигнала из внутренней памяти генератора осциллографа АКТАКОМ АСК-6209

Таблица 2

ТИПЫ МОДУЛЯЦИИ (МАНИПУЛЯЦИИ) И ИХ ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

Название	Подсказка	Описание	Название	Подсказка	Описание
AM		Амплитудная модуляция	Sweep		Свипирование
FM		Частотная модуляция	Burst		Формирование пачек импульсов
PWM		Широтно-импульсная модуляция	FSK		Частотная манипуляция
DCOM		DCOM-модуляция	PSK		Фазовая манипуляция

5. Повторяем п. 2-п. 4, но выбираем загрузку сохраненной формы — элемент Load (рис. 14).

6. Получаем на дисплее цифрового осциллографа сигнал пользовательской формы со встроенного генератора, который по форме аналогичен, захваченному ранее, осциллографом.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОСЦИЛЛОГРАФА СО ВСТРОЕННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ АКТАКОМ АСК-6209

Рассмотрим примеры эффективного использования осциллографа АКТАКОМ АСК-6xx9.

1. Типичная задача: построение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и ее решение на примере снятия характеристики пассивного пробника.

В качестве примера, возьмем пассивный пробник HP-9060 с полосой пропускания 60 МГц (на коэффициенте деления 1:10). Далее, проведем согласование пробника.

Переклечим коэффициент деления в состояние 1:1. Подключим выход генератора на вход пробника, а выход пробника — на вход осциллографа.

Установим на встроенном генераторе режим линейного качания частоты (SWEEP). Начальная частота равна 1 Гц, конечная частота свипирования — 10 МГц. Размах амплитуды сигнала выберем равной 4 В. Максимальная рабочая частота пробника определяется по уровню (-3 дБ), что составляет 2,8 В размаха амплитуды. Установим курсоры на такой размах (ΔУ). Активируем выход генератора и смотрим, что у нас получилось (рис. 17).

Видно, что хотя АЧХ пробника HP-

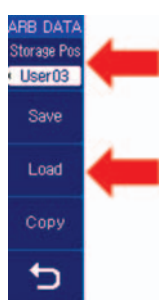


Рис. 14. Выбор загрузки сохраненной формы сигнала из внутренней памяти генератора осциллографа АКТАКОМ АСК-6209



Рис. 15. Воспроизведенная форма произвольного сигнала, который по форме аналогичен захваченному ранее осциллографом АКТАКОМ АСК-6209

9060 имеет спад на верхних частотах, но АЧХ не пересекает заданную курсором область. Далее установим конечную частоту свипирования 12 МГц.

На рис. 18 видно, что в этом режиме уже имеются точки пересечения АЧХ и курсоров. Таким образом, после снятия



Рис. 16. Подключение пробника HP-9060 для снятия АЧХ

АЧХ при помощи осциллографа со встроенным генератором АКТАКОМ АСК-6209 можно видеть, что полоса пропускания пробника HP-9060 с делителем 1:1 ограничена величиной 12 МГц [3].

2. Следующим примером измерительной задачи является снятие вольт-амперной характеристики (ВАХ) ста-

билитрона. Для снятия ВАХ соберем схему подключения (рис. 19) [4].

В качестве источника переменного напряжения будет выступать встроенный генератор осциллографа АСК-6209. Включим осциллограф в режим X-Y и подключим вход канала CH1 к точке, обозначенной на схеме X, а вход канала CH2 — к точке Y.

Во встроенном генераторе установим форму сигнала — пилообразный, а амплитуду равной 16 Вп-п. Включим выход генератора. На экране осциллографа АСК-6209 можно наблюдать ВАХ стабилитрона.

3. Еще одной интересной измерительной задачей может стать снятие характеристики намагниченности, например, катушки с ферритовым наконечником.

Соберем простую схему подключе-

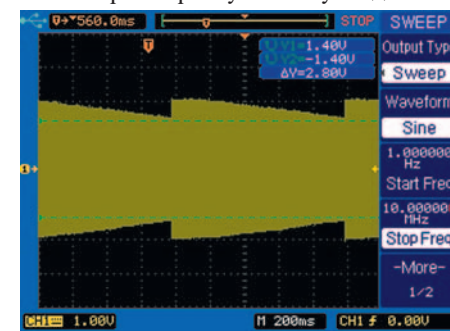


Рис. 17. АЧХ пробника HP-9060 на верхних частотах до 10 МГц



Рис. 18. Полоса пропускания пробника HP-9060 с делителем 1:1 ограничена величиной 12 МГц

Таблица 3

ОСЦИЛЛОГРАФЫ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СО ВСТРОЕННЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ

Серия	АСК-6xx9	InfiniiVision 2000 X	GDS-72xxx
Торговая марка	АКТАКОМ	Agilent	GW Instek
Полоса пропускания осциллографа	60 МГц / 100 МГц / 200 МГц	70 МГц / 100 МГц / 200 МГц	60 МГц / 100 МГц / 200 МГц / 300 МГц
Количество каналов	2	2 или 4	2 или 4
Макс. объем памяти	2400 К точек	100 К точек	2000 К точек
Макс. частота дискретизации	1 Гвыб/с	2 Гвыб/с	2 Гвыб/с
Встроенный генератор	Штатно установлен	Дополнительная опция	Дополнительная опция
Полоса генератора (синус)	1 мкГц...40 МГц (АСК-6109/6209) 1 мкГц...20 МГц (АСК-6069)	100 мГц...20 МГц	100 мГц...3 МГц
Встроенных форм сигналов	30	7	3
Вых. уровень (50 Ом)	1 мВпик-пик...10 В пик-пик	10 мВпик-пик...2,5 Впик-пик	30 мВпик-пик...1,5 Впик-пик
Модуляция	АМ, ЧМ, ШИМ, DCOM, ЧМн, ФМн	Нет	Нет
Сви́пирование/ Пачки	Есть / Есть	Нет / Нет	Нет / Нет
Запись формы сигнала	Есть	Нет	Нет
Интерфейсы (штатно)	USB, RS-232, LAN	USB, LAN, XGA	USB, RS-232
Цена *	41949 руб.	83744 руб.	49647 руб.
Включение в Госреестр средств измерений	АСК-6069, АСК-6109	Да	Нет

*Цена приведена на июнь 2013 года на двухканальную модель осциллографа с полосой пропускания 100 МГц со встроенным генератором.

ния для наблюдения петли намагниченности, приведенную на рис. 21.

Используем встроенный генератор в осциллографе АСК-6209 в качестве источника переменного напряжения. Далее, подключаем пробник одного канала

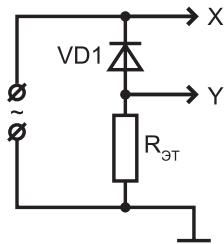


Рис. 19. Схема подключения для снятия ВАХ стабилитрона

осциллографа в точки для снятия напряжения U_x , а пробник, подключенный ко второму каналу осциллографа — в места для снятия напряжения U_y . Естественно, осциллограф должен также находиться в режиме X-Y.

В результате на дисплее осциллографа АКТАКОМ АСК-6209 можно увидеть классическую характеристику намагниченности катушки в виде петли (гистерезиса).

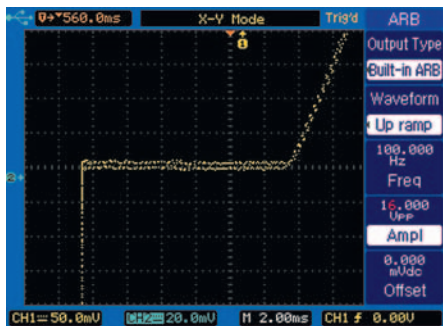


Рис. 20. ВАХ стабилитрона на экране осциллографа АКТАКОМ АСК-6209

Выше приведено всего три примера измерительных задач, но даже на них видно, насколько полезным помощником может оказаться осциллограф со встроенным генератором АКТАКОМ серии АСК-6xx9.

В последнее время на рынке измерительной техники появились несколько приборов сочетающих в себе функции осциллографа и встроенного генератора. Но, на момент выхода таких приборов на рынок именно приборы АКТАКОМ АСК-6xx9 с функциями осциллографа и

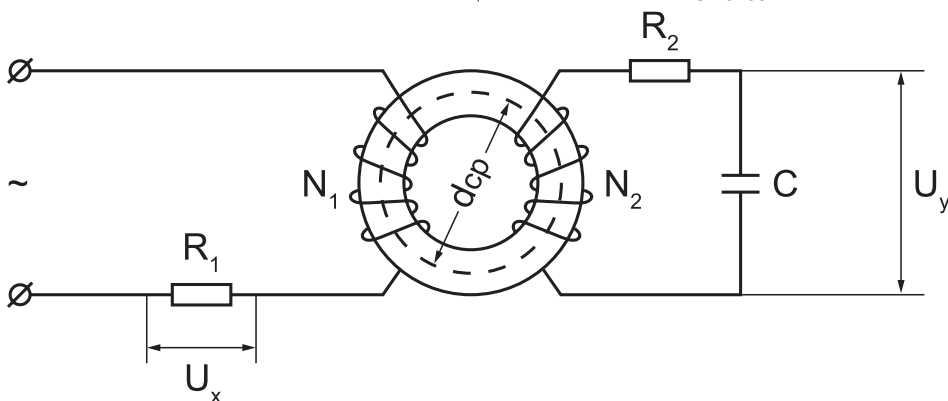
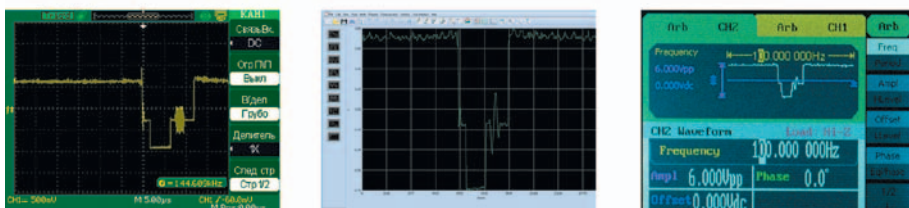


Рис. 21. Схема подключения для наблюдения петли намагниченности

ЭКСПОРТ ДАННЫХ ФОРМЫ СИГНАЛА В ДРУГИХ МОДЕЛЯХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

Функция экспорта данных о форме волны и ранее реализовывалась в различных моделях осциллографов. Делалось это по-разному. Например, осциллографы Rigol серии DS1000E/D и генераторы Rigol серий DG1000, DG2000, DG3000 непосредственно соединялись между собой через интерфейс USB. В то время как у осциллографов АКТАКОМ АОС-51xx (АОС-5106, АОС-5110 и т.д.) и аналогичных им моделях и цифровых генераторов АКТАКОМ АWG-4xxх (АWG-4105/4110/4150) экспорт данных производился через персональный компьютер при помощи программного обеспечения.



Однако во всех случаях для экспорта требовалось два-три устройства или прибора. В случае использования осциллографов со встроенным генератором АКТАКОМ АСК-6xx9, функция передачи данных о форме сигнала реализована значительно проще и дополнительных устройств или приборов уже не требуется.

встроенного генератора были первыми цифровыми осциллографами эконом-класса в этой группе. В завершении следует отметить, что приборы этой серии прошли испытания типа и включены в Государственный реестр средств измерений, что позволяет использовать их в сфере государственного метрологического контроля и надзора.

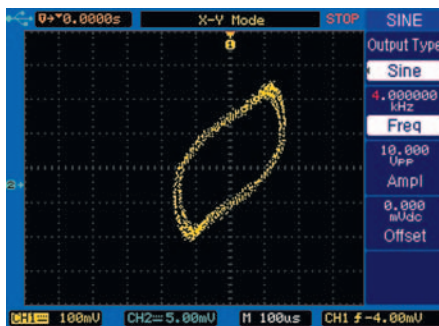


Рис. 22. Классическая характеристика намагниченности катушки в виде петли гистерезиса на экране осциллографа АКТАКОМ АСК-6209

ЛИТЕРАТУРА

1. Фурье-анализ и синтез периодических функций. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс, 2007, раздел 3.1.3-3.1.6.
2. Энциклопедия измерений. Сайт журнала «Контрольно измерительные приборы и системы» (www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=8880).
3. Пробники с коррекцией частотной характеристики. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: ДМК пресс, 2011, раздел 6.1.4, стр. 360.
4. Измерительная схема тестирования диодов. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: ДМК пресс, 2011, раздел 9.1.2, стр. 578.

It is well-known that engineers prefer multifunctional devices. Such devices save space at their desks, usually cost cheaper than two or three devices and what's the most important — always provide several different measuring functions ready at hand. But nevertheless these features are not the main ones in AKTAKOM multifunctional oscilloscopes АСК-6xx9. These digital storage oscilloscopes have become among the first ones low-end oscilloscopes with built-in digital signal generator presented in Russia. The article gives several examples of efficient use of AKTAKOM АСК-6xx9 digital oscilloscopes with built-in signal generator.