

PowerGraph

Часть 5 - анализ сигналов

Измайлов Д.Ю., Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Россия

Благодаря поддержке широкого спектра оборудования наряду с мощными функциями цифровой обработки и анализа сигналов, программный продукт PowerGraph становится все более популярным у украинских заказчиков. Во многом способствуют этому и публикации о PowerGraph на страницах журнала ПИКАД. В выпусках №4 2008, №1 и №2 2009 были освещены вопросы обработки сигналов, а в текущем и следующем будет рассмотрен анализ сигналов в PowerGraph, включающий статистический и спектральный анализ, построение параметрических графиков и гистограмм распределения, а также анализ и редактирование сигналов с помощью специальных графических инструментов.

Для обозначения вычислительных операций с данными применяются два термина - "обработка" и "анализ", но различия между ними не всегда понятны и очевидны. PowerGraph работает с сигналами, и каждый из этих терминов имеет определенное значение. "Обработка" - изменение самого сигнала или получение подобного сигнала, а "Анализ" - получение качественно новой или обобщающей информации о сигнале. Примерами обработки сигналов являются калибровка и нормализация, частотная и амплитудная фильтрация, арифметические операции, а к анализу сигналов относятся спектральный и статистический анализ.

Таблицы значений

PowerGraph предоставляет возможность хранить в файлах не только сигналы, полученные с помощью различных измерительных устройств, но и результаты анализа этих сигналов. У каждого блока данных есть дополнительная **таблица значений**, которая может содержать до 32 килобайт произвольной текстовой информации. Текстовый формат, как наиболее универсальный, позволяет свободно редактировать и форматировать содержимое таблиц значений, а также переносить эти данные в любые другие программы для дальнейшего анализа и составления отчетов.

Для работы с таблицами значений в PowerGraph используется диалоговое окно **Таблица значений** (рис. 1), которое вызывается соответствующей командой в меню **Анализ**. В левой части этого окна располагается список всех блоков открытого файла, а справа отображается таблица значений выбранного в списке блока. Окно **Таблица значений** включает собственную библиотеку математических и информационных функций, предназначенных для анализа сигналов и автоматического заполнения таблиц значений. Эти функции объединены в следующие категории:

- **Statistic** - функции статистического анализа сигналов: количество анализируемых значений, максимальное и минимальное значения, время в максимуме и минимуме, среднее арифметическое и среднее квадратичное значения, мода, медиана, дисперсия, стандартное отклонение и др.;

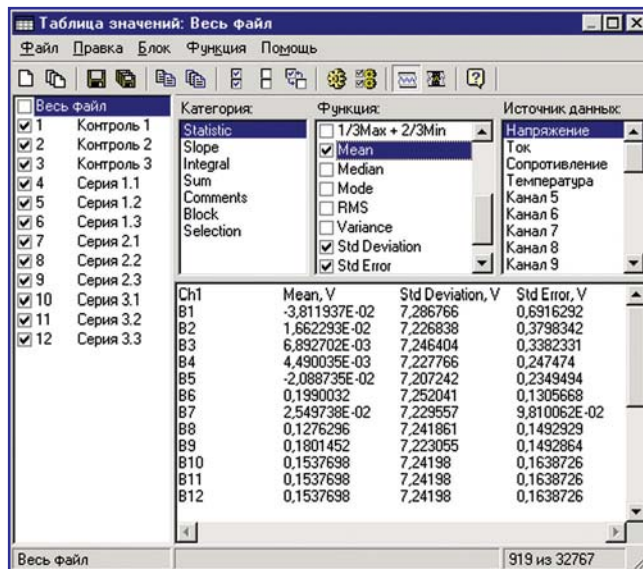


Рис.1. Окно "Таблица значений"

- **Slope** - функции вычисления дифференциальных параметров сигналов: средний дифференциал (угол наклона линейного тренда), максимальный и минимальный дифференциал;

- **Integral** - функции вычисления интегральных параметров сигналов: интегралы относительно нуля, первого и минимального значений, интегралы положительных и отрицательных значений;

- **Sum** - функции вычисления суммы исходных, абсолютных, положительных и отрицательных значений сигнала;

- **Comments** - функции статистического анализа сигналов в точках комментариев: количество анализируемых комментариев, максимальное и минимальное значения, разность максимального и минимального значений, среднее арифметическое значение и стандартное отклонение, максимальный и минимальный интервал между комментариями, среднее арифметическое и стандартное отклонение интервалов между комментариями;

- **Block** - информационные функции блока данных: название, тип устройства, дата и время начала регистра-

ции, частота регистрации, длительность, размер и объем данных;

■ **Selection** - информационные функции выделенной области данных: параметры начальной и конечной точек, длительность, размер и объем выделенных данных.

Для анализа сигналов с помощью этих функций необходимо выполнить следующие действия:

- в списке блоков выбрать блок анализируемых данных;
- в списке **Категория** выбрать категорию функций;
- в списке **Функция** выбрать одну функцию или с помощью переключателей отметить несколько функций;
- в списке **Источник данных** выбрать канал, содержащий анализируемые данные.

Для запуска вычислений используются команды меню **Функция**:



Вычислить - вычисления только одной функции, выбранной в списке;

Вычислить все - последовательные вычисления нескольких функций, отмеченных в списке.

Результаты вычислений автоматически добавляются к текущему содержимому таблицы значений, при этом указывается не только численный результат, но и название канала, имена функций, а также единицы измерения полученных результатов. Все эти данные добавляются в табличной форме, удобной для дальнейшей обработки и составления отчетов.



Вычисления могут осуществляться не только для анализа данных всего блока, но и для любого произвольного участка данных внутри блока. Для этого необходимо в главном окне PowerGraph выделить участок данных с помощью мыши, а в окне **Таблица Значений** отметить пункт **Выделенная область** в меню **Блок**. После этих действий в вычислениях будут использоваться только данные, содержащиеся в области выделения. Информационные функции категории **Selection** также доступны только при наличии области выделения в выбранном блоке.

Автоматизация анализа сигналов не ограничивается только применением нескольких функций к данным одного блока, автоматические вычисления также могут осуществляться во всех блоках файла или в любых выбранных блоках. Кроме индивидуальных таблиц значений каждого блока, в PowerGraph предусмотрена дополнительная таблица значений всего файла. Содержимое этой таблицы значений отображается при выборе в списке блоков первого элемента - **Весь файл**. В таблицу значений всего файла добавляются результаты вычислений во всех блоках, отмеченных в списке блоков с помощью переключателей.

Рассмотрим представленный на рисунке пример анализа серии однотипных измерений, содержащихся в одном файле. Требуется провести статистический анализ сигналов первого канала во всех блоках. Для решения этой задачи следует открыть окно **Таблица значений** и выполнить следующие действия:

- В списке блоков выбрать первый элемент **Весь файл** и отметить переключателями все анализируемые блоки.
 - В списке **Категория** выбрать категорию статистических функций **Statistic**.
 - В списке **Функция** выбрать функции анализа сигналов, например, **Mean** (среднее арифметическое значение), **Std Deviation** (стандартное отклонение), **Std Error** (стандартная ошибка среднего).
 - В списке **Источник данных** выбрать первый канал.
 - В меню **Функция** вызвать команду **Вычислить все**.
- В результате этих действий будет сформирована таблица значений всего файла, в которой каждая строка содер-

жит результаты анализа одного блока, а каждый столбец содержит результаты вычислений для одной функции. Номера блоков указываются в первом столбце каждой строки, а имена используемых функций в первой строке каждого столбца.

Кроме результатов анализа в таблицу значений могут быть добавлены отдельные значения сигналов в определенных точках шкалы времени. Для этого в главном окне PowerGraph достаточно поместить курсор над графиками и, удерживая клавишу CTRL, нажать и отпустить левую кнопку мыши. После этих действий в таблицу значений блока будут добавлены значения всех видимых сигналов в точке под курсором. Эти данные добавляются в виде двух строк: строка заголовков, содержащая названия каналов, и строка численных значений сигнала. Чтобы добавить в таблицу только строку численных значений без строки заголовков, при нажатии левой кнопки мыши следует одновременно удерживать две клавиши CTRL и ALT.

Содержимое таблиц значений автоматически сохраняется в файлах PowerGraph и не требует повторных вычислений. Для экспорта содержимого таблиц значений в другие программы и файлы могут быть использованы следующие команды:



Сохранить или **Сохранить все** в меню **Файл** - сохранить в текстовый файл таблицы значений одного выбранного блока или нескольких блоков, отмеченных в списке;



Копировать или **Копировать все** в меню **Правка** - копировать в буфер обмена таблицы значений одного выбранного блока или нескольких блоков, отмеченных в списке.

Графические инструменты анализа сигналов

Получение численных результатов является основной целью анализа сигналов, но для полного понимания изучаемых процессов не всегда достаточно одних лишь цифр. Кроме стандартных математических вычислений PowerGraph предлагает новые возможности анализа и редактирования сигналов с помощью специальных графических инструментов. Эти инструменты позволяют визуализировать результаты анализа в виде дополнительных графических построений - проекций, касательных, трендов и других линий.



Для работы с графическими инструментами анализа сигналов в PowerGraph используется диалоговое окно **Анализ сигнала** (рис. 2), которое вызывается соответствующей командой в меню **Анализ**. В этом окне отображается график одного из каналов, а также дополнительные графические построения, соответствующие выбранному инструменту. Выбор графического инструмента осуществляется командами меню **Инструменты** или кнопками панели инструментов, расположенной у левой границы окна. Графические инструменты включают две основные группы:

- инструменты анализа отдельных точек сигнала;
- инструменты анализа участков сигнала.

Для использования инструментов анализа отдельных точек следует поместить курсор над графиком сигнала и нажать левую кнопку мыши. Эта группа включает три инструмента:



Маркер в точке - построение проекций на оси X и Y;



Касательная в точке - построение касательной. Угол наклона касательной равен углу наклона прямой, проходящей через две соседние точки;

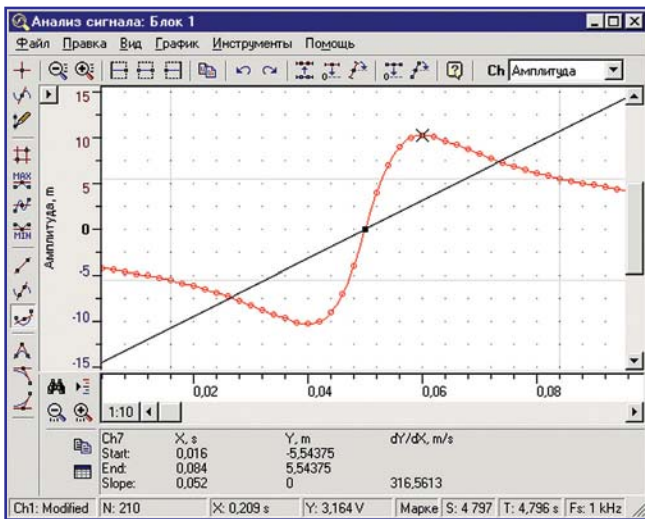


Рис.2. Окно "Анализ сигнала"



Редактирование точки - изменение значений сигнала с помощью мыши. Вертикальное перемещение курсора мыши при нажатой левой кнопке проводит к смещению выбранной точки вдоль шкалы амплитуды и соответствующему изменению значения сигнала в этой точке.

Использование инструментов анализа участков сигнала предполагает выделение анализируемого участка с помощью мыши. Выделенный участок имеет начальную и конечную точки, через которые проводятся проекции на оси X и Y. Часть графических инструментов этой группы также имеют **активную точку**, которая может совпадать с одной из точек сигнала или иметь независимые координаты, полученные в результате вычислений. Эта группа включает следующие инструменты:



Участок - построение проекций на оси X и Y, проходящих через начальную и конечную точки выделенного участка;



Максимальное на участке - поиск максимального значения на участке и построение его проекции на ось Y. *Активная точка:* совпадает с максимальным значением выделенного участка сигнала;



Среднее на участке - вычисление среднего арифметического значения на участке и построение его проекции на ось Y. *Активная точка:* располагается в центре выделенного участка на уровне среднего арифметического значения;



Минимальное на участке - поиск минимального значения на участке и построение его проекции на ось Y. *Активная точка:* совпадает с минимальным значением выделенного участка сигнала;



Линия - построение прямой, проходящей через две произвольные точки, расположенные на границах выделенного участка. Для изменения координат произвольных точек следует, удерживая клавиши CTRL (начальная точка) или SHIFT (конечная точка), перемещать курсор мыши при нажатой левой кнопке;



Соединительная линия - построение прямой, проходящей через начальную и конечную точки выделенного участка;



Линейный тренд - построение линейного тренда на выделенном участке сигнала (линейная интерполяция данных). Линейный тренд строится на основе вычислений среднего арифметического значения и среднего дифференциала выделенных данных. *Активная точка:* располагается на линии тренда в центре выделенного участка на уровне среднего арифметического значения;



Касательные в точках - построение касательных, проходящих через начальную и конечную точки выделенного участка. *Активная точка:* является точкой пересечения касательных;



Максимальное и Касательная - поиск максимального значения и построение касательной, проходящей через конечную точку участка. *Активная точка:* является точкой пересечения касательной и проекции максимального значения;



Минимальное и Касательная - поиск минимального значения и построение касательной, проходящей через конечную точку участка. *Активная точка:* является точкой пересечения касательной и проекции минимального значения.

На рис. 3 представлено несколько примеров графических инструментов:

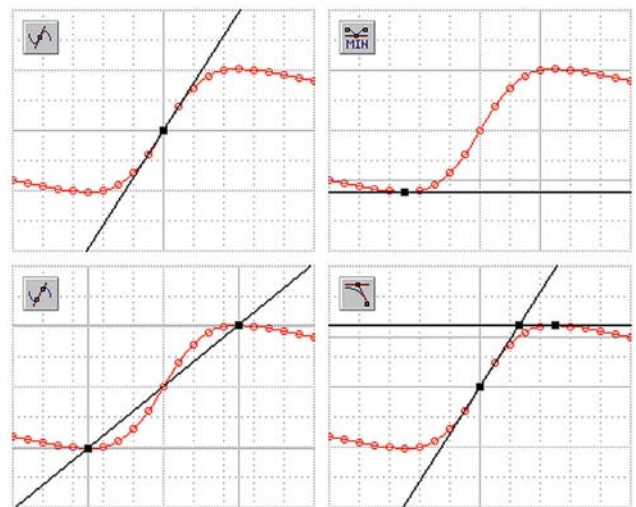


Рис.3. Примеры графических инструментов: 1-касательная в точке, 2-минимальное на участке, 3- соединительная линия, 4-максимальное и касательная

В нижней части окна располагается текстовая таблица, которая содержит численные результаты анализа сигнала, используемые для дополнительных графических построений. В этой таблице отображаются координаты начальной и конечной точек анализируемого участка сигнала, а также специфичные для каждого инструмента значения: среднее, минимальное и максимальное, угол наклона прямой и др.

Кроме визуализации результатов анализа графические инструменты могут быть использованы для редактирования сигналов, включающего замену значений, смещение и поворот. Редактирование сигналов осуществляется командами меню **Правка:**



Применить инструмент - значение каждой точки сигнала на выделенном участке заменяется значением точки, лежащей на расчетной прямой графического инструмента. Для комплексных инструментов, имеющих активную точку пересечения двух расчетных прямых, при замене значений используются обе прямые - до и после точки пересечения. *Пример использования:* устранение шумов и помех на линейных участках сигнала. Для замены исходных значений сигнала линейными значениями могут быть использованы инструменты "Линия", "Соединительная линия" и "Линейный тренд";



Сместить участок и Сместить канал - значение активной точки инструмента вычитается из значений выделенного участка сигнала или из всех данных канала. После смещения зна-

чение активной точки инструмента становится равным нулю. Пример использования: удаление постоянной составляющей или калибровка нуля по выделенному участку сигнала. Для вычисления среднего арифметического значения на участке сигнала могут быть использованы инструменты "Среднее на участке" и "Линейный тренд";



Повернуть участок и **Повернуть канал** - значения выделенного участка сигнала или все данные канала поворачиваются относительно активной точки инструмента "Линейный тренд" на угол, равный углу наклона линейного тренда. В результате поворота среднее арифметическое значение выделенного участка не изменяется, а угол наклона линейного тренда (средний дифференциал) становится равным нулю. *Пример использования* - удаление линейных изменений сигнала.

Двухкоординатный осциллограф

Кроме стандартных осциллограмм, отражающих зависимость входного сигнала от времени, PowerGraph позволяет строить графики зависимости одного сигнала от другого. Такие графики позволяют определить наличие взаимосвязи между несколькими сигналами, регистрируемыми одновременно.



Для построения графиков межсигнальных зависимостей в PowerGraph используется диалоговое окно **X-Y Осциллограф** (рис. 4), которое вызывается соответствующей командой в меню **Анализ** и выполняет функции двухкоординатного осциллографа. В качестве X координат графиков используются значения одного из каналов - **X Канал**. В списке **Y Каналы** выбирается произвольный набор каналов, для которых требуется построить графики зависимости от X. В поле **Размер** указывается количество точек каждого графика.

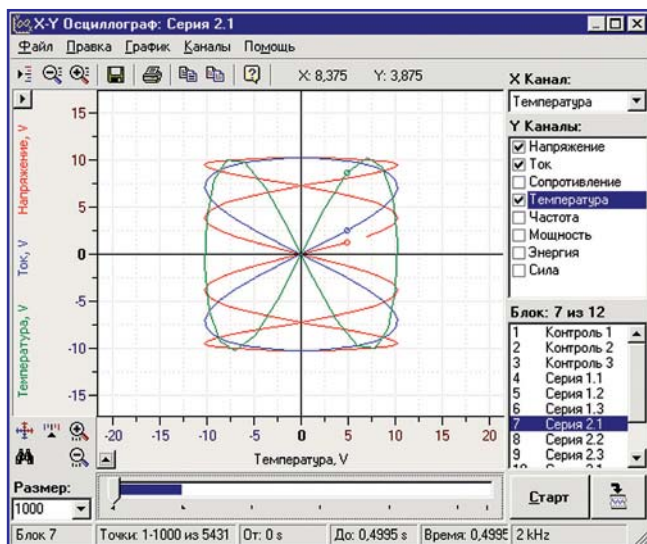


Рис.4. Окно "X-Y-осциллограф"

При анализе записанных данных в списке **Блок** следует выбрать блок анализируемых данных. Горизонтальный регулятор, расположенный под графиками, управляет положением анализируемого участка сигнала на шкале времени. Этот регулятор также позволяет изменить размер графиков с помощью правой кнопки мыши.

Для запуска регистрации новых данных и отображения графиков межсигнальных зависимостей в режиме реального времени следует нажать кнопку **Старт**, распо-

ложенную под списком блоков. Дополнительная кнопка-переключатель позволяет использовать два режима:

- мониторинг - построение графиков без сохранения данных;
- регистрация - запись данных в новый блок.

Распределение значений сигнала

PowerGraph предоставляет возможность анализа распределения значений сигнала с помощью гистограммы распределения. Такая гистограмма отражает количество значений (ось Y), принадлежащих различным диапазонам шкалы амплитуды (ось X).



Для построения гистограмм распределения в PowerGraph используется диалоговое окно **Гистограмма** (рис. 5), которое вызывается соответствующей командой в меню **Анализ**. Основным параметром гистограммы распределения является ширина столбцов, которая выбирается в поле **Шаг** и соответствует ширине диапазонов шкалы амплитуды, в которых подсчитывается количество значений сигнала.

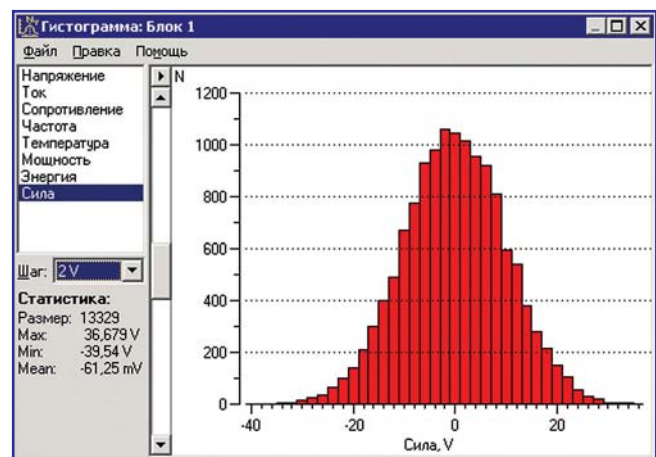


Рис.5. Окно "Гистограмма"

При построении гистограммы анализируются все данные активного блока или выделенный участок данных. Результаты построения гистограмм распределения можно сохранять в файл и копировать в буфер обмена в текстовом и графическом форматах.

КОНТАКТЫ:
 тел: 8-107-495-961-47-30
 e-mail: soft@powergraph.ru

В следующей статье цикла будут рассмотрены вопросы спектрального анализа сигналов в PowerGraph.

Демонстрационная версия, позволяющая протестировать

возможность применения PowerGraph для различных задач регистрации, обработки и анализа сигналов доступна в Интернете по адресу: www.power-graph.ru.

АКЦИЯ!
 Дополнительная лицензия на PowerGraph за публикацию о внедрении программного продукта в журнале "ПиКАД"