

# Программный комплекс LED Meter

## Руководство пользователя



Ульяновск 2018

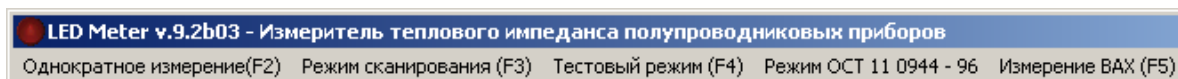
## Общие сведения

Программа **LED Meter** предоставляет пользователю полный спектр необходимых функций для работы с измерителем теплового сопротивления полупроводниковых приборов, а именно:

- установка режимов работы и формирование информационного пакета данных, задающих параметры измерения;
- приём результатов измерения и дополнительной информации, поступающей из измерителя;
- обработка результатов измерения в соответствии с заданными режимами;
- отображение результатов измерения и обработки в текстовом и графическом виде, удобном для последующего анализа;
- ведение базы данных измерений и навигацию по дереву каталогов жесткого диска;
- фильтрацию полученных данных и сглаживание графиков;
- статистическую обработку результатов измерения;
- определение частотной и токовой зависимостей теплового импеданса и вычисление компонент теплового сопротивления.

### 1. Основные режимы работы

Основными режимами работы являются режим однократного измерения, режим сканирования по частоте модуляции и режим ОСТ 110944-96. Выбор режима осуществляется с помощью главного меню:



Для каждого режима указаны горячие клавиши быстрого доступа, например, в «Режим сканирования» можно перейти с помощью клавиши F3.

#### 1.1. Режим однократного измерения теплового сопротивления

Режим однократного измерения автоматически активизируется при запуске программы **LED Meter**. Данный режим предназначен для измерения теплового импеданса при заданной частоте модуляции греющей мощности и величине греющего тока.

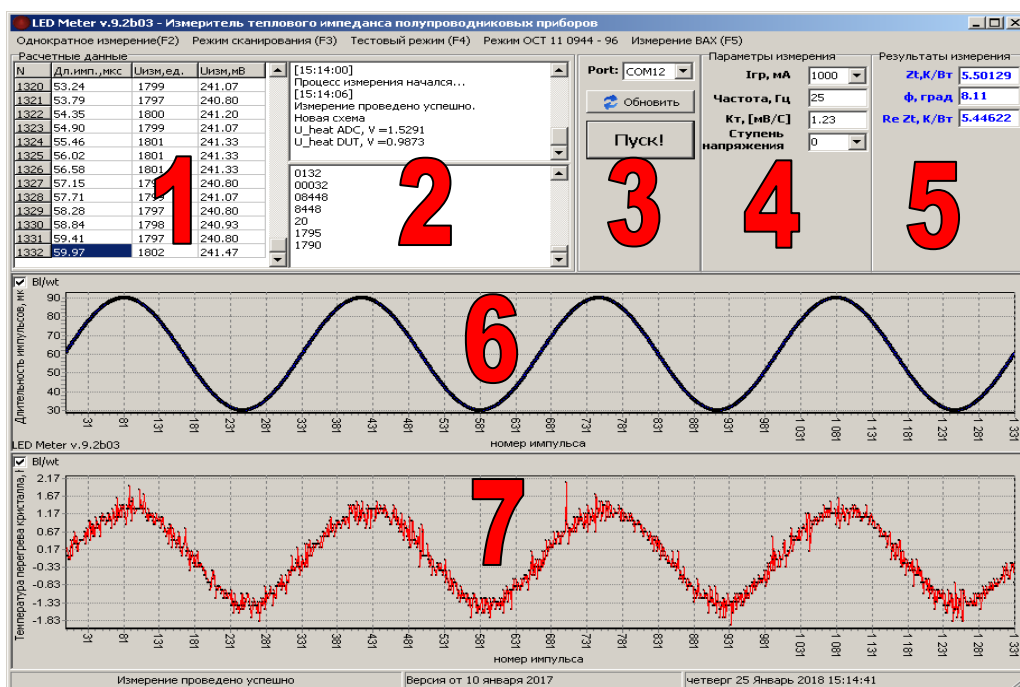


Рис. 1. Главное окно программы **LED Meter**

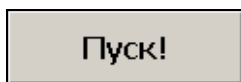
На рис. 1 цифрами отмечены следующие элементы главного окна:

1. Таблица с расчетными данными. Содержит столбцы с номерами греющих импульсов, их длительностью, напряжением в паузе между греющими импульсами в единицах АЦП и в милливольтках.
2. Информационное поле, отображающее содержимое посылки в прибор, ход процесса измерения и данные, поступающие из прибора в компьютер.
3. Поле выбора порта и запуска измерения в однократном режиме.

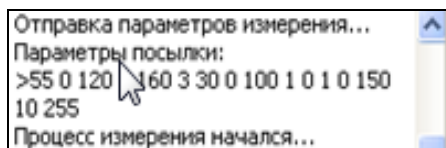
**Примечание:** список COM-портов формируется при запуске программы *LED Meter*. Если питание на прибор было подано после апуска *LED Meter*, то нужно обновить список портов.

4. Поле с параметрами, которые пользователю необходимо установить перед началом измерения.
5. Поле с результатами измерения. Здесь отображаются значения модуля и фазы теплового импеданса, а также его вещественной части при установленной частоте модуляции греющей мощности.
6. График, отображающий зависимость длительности греющих импульсов от номера импульса.
7. График, отображающий зависимость переменной составляющей температуры *p-n*-перехода объекта от номера импульса.

Перед началом работы пользователю необходимо задать обязательные параметры измерения: величина греющего тока, частота модуляции, температурный коэффициент напряжения  $K_T$ , степень напряжения. После этого можно инициировать начало измерения кнопкой «**Пуск**» (можно также использовать клавишу **Enter** или **F5**).

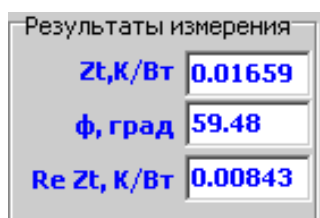


В информационном окне (3) программы появится сообщение о начале измерения.



Если прибор за некоторый интервал времени, составляющий около 30 секунд, не прислал подтверждение приема или код ошибки нештатной ситуации, программа выдаст пользователю сообщение о том, что прибор не подключен к компьютеру и измерение провести невозможно.

Результаты измерений модуля  $Z_t$  и фазы  $\phi$  теплового импеданса, а также его вещественной части  $Re Z_t$ , отображаются в поле (4).



На график в поле (7) выводится результат измерения переменной составляющей температуры *p-n*-перехода в процессе нагрева мощностью, модулированной по гармоническому закону. Для детального просмотра графиков следует выделить нужный фрагмент с помощью мыши при нажатой левой клавише. Для возврата к исходному масштабу графиков при нажатой левой клавише мыши следует сделать движение курсором в направлении верхнего левого угла графического окна.

В строке статуса, в нижней части главного окна, отображается статус измерения, версия программы, а также текущая дата и время.

## 1.2. Режим сканирования по частоте модуляции греющей мощности

Выбрав опцию «Режим сканирования», пользователь получает возможность в автоматическом режиме провести серию измерений с заданным набором параметров нагрева. Этот режим позволяет получить зависимость модуля и фазы теплового импеданса от частоты модуляции греющей мощности и на основе ее анализа – информацию о вкладе отдельных компонент в полное тепловое сопротивление объекта измерения.

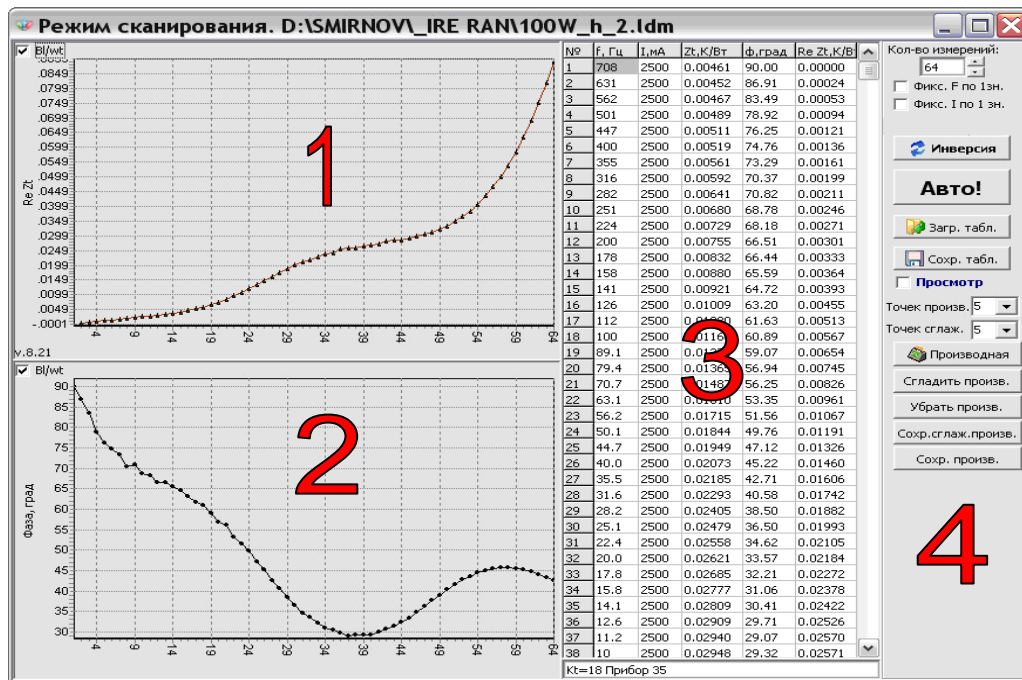


Рис. 2. Окно программы *LED Meter* в режиме сканирования

Окно режима сканирования, представленное на рис. 2, содержит следующие основные элементы:

1. График зависимости вещественной части теплового импеданса  $Re Zt$  от номера измерения.
2. График зависимости фазы теплового импеданса от номера измерения.
3. Таблица с результатами измерений, содержит заданные значения частоты модуляции, греющего тока и результаты измерений модуля  $Zt$  и фазы  $\phi$  теплового импеданса, вещественной части теплового импеданса  $Re Zt$ .
4. Поле конфигурации режима сканирования содержит следующие поля ввода:
  - **Кол-во измерений** – задает число измерений теплового импеданса при заданном наборе значений частоты модуляции или греющего тока.
  - **Фикс. F по 1 зн.** – заполняет колонку частот значениями из первой ячейки.
  - **Фикс. I по 1 зн.** – заполняет колонку токов значениями из первой ячейки.
  - **Инверсия** – инвертирует таблицу, т.е. меняет порядок строк на обратный.
  - **Авто!** – запуск серии измерений с заданными в таблице параметрами
  - **Загрузить таблицу** – загрузка таблицы с результатами измерений.
  - **Сохранить таблицу** – сохранение таблицы в памяти компьютера.
  - **Просмотр** – открывает окно навигации по дереву каталогов, что удобно для просмотра большого количества результатов измерений.
  - **Точек производной, Точек сглаживания** – количество точек для расчета производной и сглаживания исходного графика.
  - **Производная** – производит расчет производной  $Re Zt$  по частоте модуляции.
  - **Сгладить производную** - сглаживание графика производной.
  - **Убрать производную** – скрывает график производной.

- **Сохранить сглаженную производную** – сохранение сглаженного графика производной на диск в текстовом формате.
- **Сохранить производную** – позволяет сохранить график производной в текстовом формате в памяти компьютера.

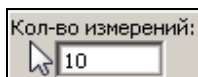
Для удобства в заголовке окна во время проведения измерений выводится название текущего загруженного файла таблицы и продолжительность текущего измерения.

*Пример.* Для того чтобы получить частотную характеристику теплового импеданса исследуемого объекта необходимо:

1. Войти в **«режим сканирования»**.



2. Задать количество циклов измерения в поле **«Кол-во измерений»**.



3. Заполнить графу частот в таблице,

№	f, Гц	I, мА
1	692	700
2	331	700
3	562	700
4	501	700
5	447	700
6	400	700
7	355	700
8	316	700
9	282	700
10	251	700

или загрузить готовую таблицу с помощью клавиши **«Загр. таблицу»**. Рекомендуется задавать значения частоты модуляции с равномерным шагом по логарифмической шкале частот.

4. Ввести значение греющего тока в первой строке колонки **«I, мА»**

№	f, Гц	I, мА
1	692	700
2	631	700
3	562	700
4	501	700
5	447	700
6	400	700
7	355	700
8	316	700
9	282	700
10	251	700

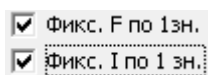
и установить флаг **«Фикс. I по 1зн.»**



чтобы заполнить колонку значениями из первой ячейки.

5. Нажать клавишу **«Авто!»** для старта. Таблица и графики будут заполняться в процессе проведения измерений.

Если установить оба флага **«Фикс. I по 1зн.»** и **«Фикс. F по 1зн.»**, а количество измерений больше 10,



то включится режим определения СКО и среднего значения  $Z_t$ :

Ср. Re Zt:	
СКО Re Zt:	

После окончания серии измерений в этом режиме в соответствующие поля будет выведено СКО и среднее значение Re Zt.

После окончания серии измерений пользователь получает полную картину зависимости теплового сопротивления от частоты модуляции греющей мощности. Полученные зависимости можно сохранить в виде текстовой таблицы, которая может быть также использована для обработки в мощных программах математической и статистической обработки, таких как MathCAD, Matlab, Excel и других. Таблица имеет следующий формат. В каждую строку записываются значения частоты, греющего тока, модуля теплового импеданса Zt, фазы и вещественной части теплового импеданса Re Zt, разделенные символом табуляции. В последней строке записывается комментарий к проведенному измерению и значение температурного коэффициента напряжения объекта.

### 1.3. Тестовый режим

В данном режиме прибор генерирует однократный импульс греющего тока заданной амплитуды и длительности. Амплитуда греющего тока определяется значением из выпадающего списка в поле «**Параметры измерения**». Длительность импульса в миллисекундах задаётся в поле «**Длительность тестового импульса**» в графическом окне (рис.3).

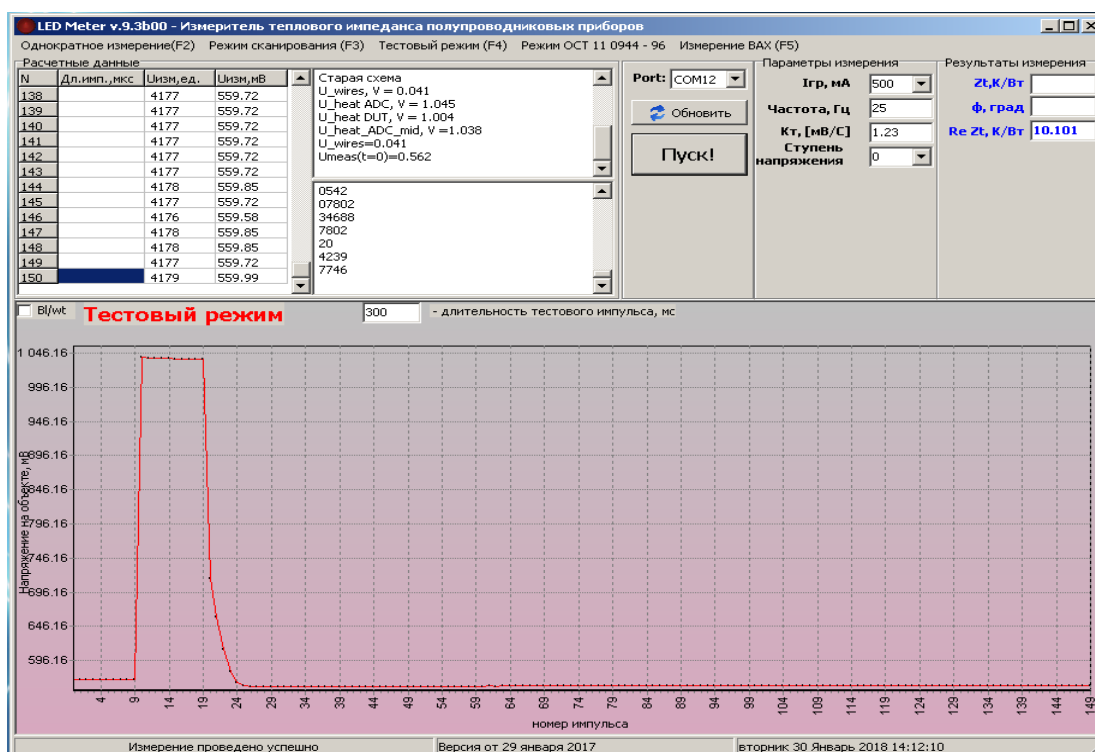


Рис. 3. Окно программы **LED Meter** в тестовом режиме

Тепловое сопротивление определяется как отношение разности температур объекта до и после греющего импульса к величине рассеиваемой в объекте мощности.

### 1.4. Режим OCT 110944-96

В режиме OCT 110944-96 тепловое сопротивление «переход - корпус» измеряется на основе разогрева объекта серией импульсов греющего тока с заданными значениями амплитуды, длительности и скважности. Амплитуда и длительность импульсов устанавливается пользователем в окне программы «Режим OCT 110944-96» (рис. 4).

Скважность устанавливается в строке 22 конфигурационного файла (см. п 4.4 Технического описания). В паузах с временной задержкой, устанавливаемой в строке 38 конфигурационного файла, измеряется  $U_{TЧП}$  и экстраполируется к моменту окончания греющего импульса. Это позволяет определить изменение температуры  $p-n$ -перехода, вызванное каждым греющим импульсом и вычислить тепловое сопротивление объекта. Для экстраполяции используется корневая зависимость  $U_{TЧП}$  от времени. В строке 42 конфигурационного файла устанавливается номер точки, с которой начинается экстраполяция значения  $U_{TЧП}$  к моменту окончания импульса.

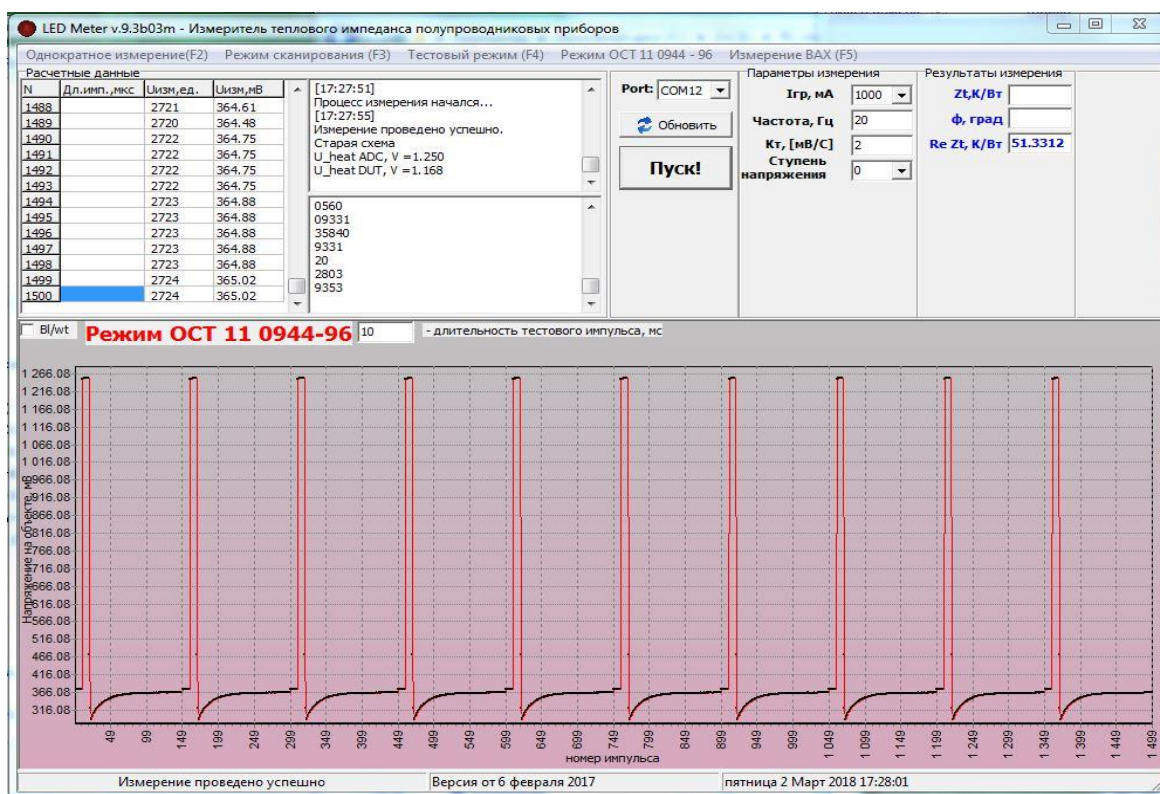


Рис. 4. Окно программы *LED Meter* в режиме OCT 110944-96

### 1.5. Режим измерения вольт-амперной характеристики

В данном режиме прибор определяет падение напряжения на исследуемом объекте при протекании через него импульсов тока заданной амплитуды. Результаты измерений отображаются на графике и заносятся в таблицу (рис. 5), которую можно сохранить в текстовом файле.

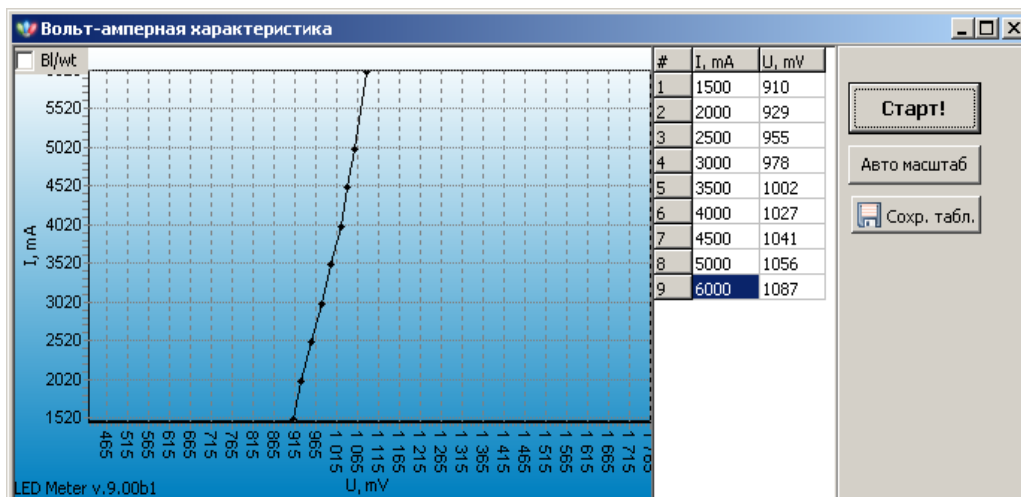


Рис. 5. Окно программы *LED Meter* в режиме измерения ВАХ

Начало измерений ВАХ инициируется клавишей «Старт!». По окончании измерений можно для удобства просмотра можно развернуть график по осям кнопкой «Авто масштаб». Результаты измерений сохраняются в текстовом файле кнопкой «Сохранить табл.»

## 2. Обработка результатов измерения и навигация по базе данных

Режим сканирования по частоте позволяет получать зависимость модуля  $Z_t(f)$  и фазы  $\varphi(f)$  теплового импеданса, а также его вещественной части  $\text{Re } Z_t(f)$  от частоты модуляции греющей мощности (см. рис. 2). Компоненты теплового сопротивления проявляются в виде пологих участков или точек перегиба на частотной зависимости  $Z_t(f)$  и  $\text{Re } Z_t(f)$ , а также экстремумов или точек перегиба на частотной зависимости фазы  $\varphi(f)$ .

Для выявления этих особенностей разработана методика обработки экспериментальной зависимости  $\text{Re } Z_t(f)$ , которая включает в себя процедуру сглаживания зависимости  $\text{Re } Z_t(f)$  методом «скользящего среднего», вычисления производной  $d\text{Re } Z_t/df$  и построения зависимости  $(d\text{Re } Z_t/df)^{-1}$  от теплового сопротивления  $R_t$ . Компоненты теплового сопротивления определяются по положению максимумов относительно оси абсцисс (рис. 6).

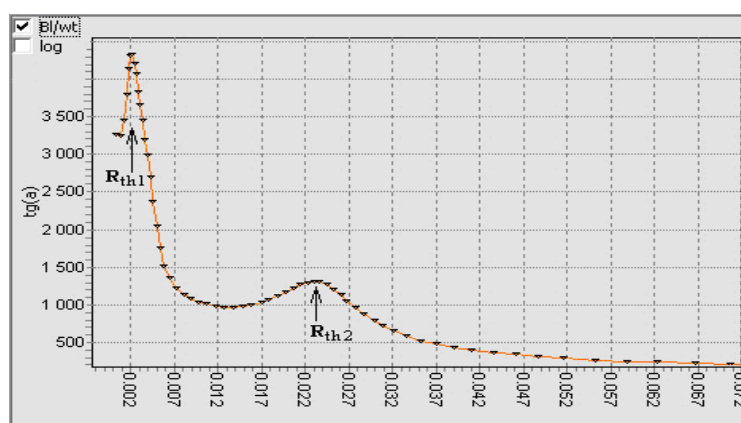
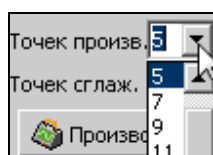
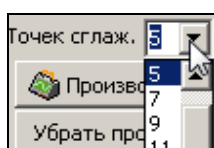


Рис. 6. Результаты обработки частотной зависимости  $\text{Re } Z_t(f)$

Производная вычисляется методом наименьших квадратов, количество точек при ее вычислении задается с помощью клавиши «Производная» в соответствующем выпадающем списке:



Если график не является гладким и содержит случайные флуктуации, то перед дифференцированием зависимости  $Z_t(f)$  необходимо произвести процедуру сглаживания графика. При этом количество точек, по которым производится сглаживание, указывается в соответствующем выпадающем списке:



Для оперативного просмотра результатов измерений, сохраненных в памяти компьютера, имеется модуль браузера, инициируемый установкой флага «Просмотр». Он предоставляет пользователю легкую навигацию по дереву каталогов жесткого диска, автоматическую фильтрацию типов файлов и отображение результатов ранее



проведенных измерений. Внешний вид модуля для просмотра базы данных представлен на рис. 7.

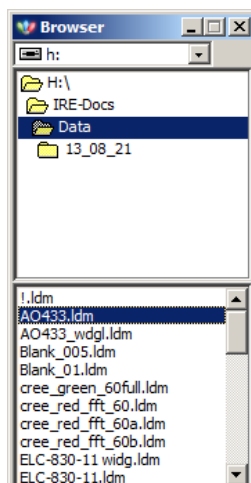


Рис. 7. Окно навигации по дискам компьютера

В верхней части окна отображено дерево каталогов жесткого диска компьютера, в нижней части – список файлов с результатами измерений. При перемещении по списку файлов в нижнем графическом окне программного модуля «Режим сканирования» отображаются результаты измерений, сохраненные в выбранном файле.