

Измеритель теплового импеданса полупроводниковых приборов

Техническое описание
и инструкция по эксплуатации



ВВЕДЕНИЕ

Техническое описание и инструкция по эксплуатации содержат описание принципа действия измерителя теплового импеданса, его устройства и порядка работы. Приведены алгоритмы функционирования управляющей программы и программы обработки результатов измерений.

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

Прибор предназначен для измерения теплового импеданса полупроводниковых приборов. Данный параметр характеризует степень разогрева активной области кристалла (*p-n*-перехода) относительно корпуса или окружающей среды в процессе эксплуатации объекта измерений и может быть использован для оценки качества его теплоотвода. Дополнительно прибор позволяет определить компоненты теплового сопротивления. Имеется возможность измерения прямой ветви вольтамперной характеристики.

2. ОБЪЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Объектами измерения могут быть мощные диоды и транзисторы (биполярные, MOSFET, IGBT), тиристоры, силовые транзисторные модули, светодиоды, светодиодные матрицы, солнечные батареи и др.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Измеритель реализован в двух конструктивных вариантах, отличающихся основными техническими характеристиками и предназначенными для измерения теплового импеданса разных объектов:

- ***Rth Meter*** – для диодов, транзисторов, транзисторных силовых модулей и др.
- ***LED Meter*** – для светодиодов, светодиодных матриц, солнечных батарей и др.

Технические характеристики ***Rth Meter***

Диапазон измерения модуля теплового импеданса – от 0,02 до 100 К/Вт.

Максимальный греющий ток – 20 А.

Максимальное напряжение на объекте – 5 В.

Частота модуляции греющей мощности – от 0,01 до 1000 Гц.

Погрешность измерения модуля теплового импеданса – не более 5 %

Интерфейс обмена данными с компьютером – USB.

Питание – от сети 220 В.

Потребляемая мощность – не более 300 Вт.

Габариты прибора – 440x200x120 мм³.

Вес – 5,5 кг.

Технические характеристики ***LED Meter***

Диапазон измерения модуля теплового импеданса – от 0,01 до 100 К/Вт.

Максимальный греющий ток – 5000 мА.

Максимальное напряжение на объекте – 50 В.

Частота модуляции греющей мощности – от 0,01 до 1000 Гц.

Погрешность измерения модуля теплового импеданса – не более 5 %.

Интерфейс обмена данными с компьютером – USB.

Питание – от сети 220 В.

Потребляемая мощность – не более 300 Вт.

Габариты прибора – 420x370x170 мм³.

Вес – 7 кг.

4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

4.1. Принцип действия

В приборе реализованы методы измерения теплового сопротивления полупроводниковых приборов, изложенные в ОСТ 110944-96 «Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. Методы расчета, измерения и контроля теплового сопротивления». В приборе также реализован метод измерения теплового импеданса, использующий широтно-импульсную модуляцию греющих импульсов, что позволяет существенно снизить влияние нагрева корпуса объекта измерения и повысить, тем самым, точность измерения теплового импеданса. В приборе имеется возможность автоматического измерения зависимости теплового импеданса от частоты модуляции греющей мощности, что позволяет определить компоненты теплового сопротивления всех звеньев теплового пути: *p-n*-переход – теплоотвод – корпус – радиатор – окружающая среда.

4.2. Структурная схема

Структурная схема измерителя представлена на рис. 1. Работа прибора осуществляется под управлением микроконтроллера (МК). Формирователь измерительного тока $I_{изм}$ реализован на основе операционного усилителя (ОУ), в обратную цепь которого включен полевой транзистор. Величина $I_{изм}$ определяется напряжением на неинвертирующем входе ОУ и сопротивлением токозадающего резистора в цепи стока транзистора. По аналогичной схеме реализован и формирователь импульсов греющего тока $I_{гр}$, но напряжение на неинвертирующем входе ОУ устанавливается программно от МК с помощью цифрового потенциометра (ЦП) и преобразователя уровней напряжения (ПУ). С помощью переключателя напряжения (Кл) осуществляется широтно-импульсная модуляция $I_{гр}$.

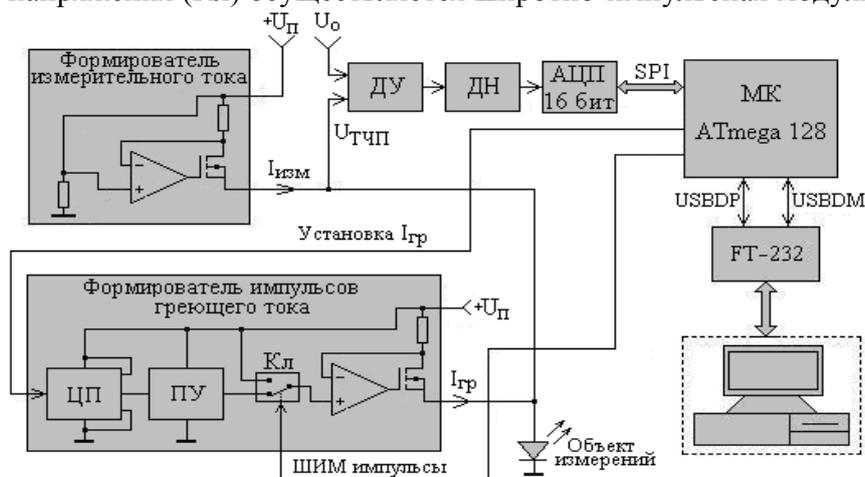


Рис. 1. Структурная схема измерителя теплового импеданса

Напряжение с объекта измерения (температурочувствительный параметр – $U_{тчп}$), измеряемое в паузах между греющими импульсами, в зависимости от объекта может варьироваться в широких пределах, а именно, для светодиодов оно составляет несколько вольт, для светодиодных матриц – десятки вольт. Поэтому с помощью дифференциального усилителя (ДУ) из напряжения $U_{тчп}$ вычитается постоянная составляющая – опорное напряжение U_0 , величина которого устанавливается оператором. Напряжение с выхода ДУ поступает на делитель напряжения (ДН) и затем на вход 16-разрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Передача результатов преобразования с выхода АЦП в МК производится с помощью скоростного последовательного интерфейса SPI. Все результаты измерений записываются в оперативную память микроконтроллера и по окончании измерения пересылаются в компьютер для последующей обработки. Взаимодействие микроконтроллера с компьютером осуществляется посредством USB-интерфейса, для реализации которого используется конвертор «RS-USB» на основе микросхемы FT-232.

4.3. Программное обеспечение

Программное обеспечение включает в себя *управляющую программу* для микроконтроллера и *программу LED Meter* для компьютера, осуществляющую обработку результатов измерений, установку режимов работы, контроль за процессом измерения и т. д.

Управляющая программа обеспечивает решение следующих задач:

- формирование микроконтроллером последовательности ШИМ импульсов греющего тока заданной амплитуды, периода следования и частоты модуляции;
- измерение напряжения на объекте во время прохождения через него греющих импульсов, что позволяет определять величину греющей мощности;
- измерение $U_{TЧП}$ в паузах между греющими импульсами, что позволяет определять переменную составляющую температуры $p-n$ перехода объекта;
- передачу результатов измерения в компьютер для их последующей обработки.

Кроме этого, управляющей программой осуществляется контроль функционирования измерителя теплового импеданса, формирование специальных сигналов в случае возникновения нештатных ситуаций и передача кодов ошибок в компьютер для их распознавания.

Программа LED Meter обеспечивает решение следующих задач:

- формирование и передачу в измеритель информационного пакета данных с параметрами измерения (амплитуда и период следования импульсов греющего тока, частота модуляции и ряд других параметров, определяющих режимы измерения);
- вычисление модуля и фазы теплового импеданса и их зависимостей от частоты модуляции греющей мощности, что позволяет определять компоненты теплового импеданса;
- отображение результатов измерения и их обработки в текстовом и графическом виде, навигацию по базе данных и ряд других сервисных функций.

Главное окно программы *LED Meter* показано на рис. 2. В строке меню можно установить нужный режим работы: режим однократного измерения, режим сканирования, тестовый режим, режим ОСТ 110944-96, режим измерения ВАХ.

Основными режимами работы являются режим однократного измерения, режим сканирования по частоте модуляции и режим ОСТ 110944-96. Первый режим предназначен для измерения теплового импеданса при заданной частоте модуляции греющей мощности и величине греющего тока (рис. 2).

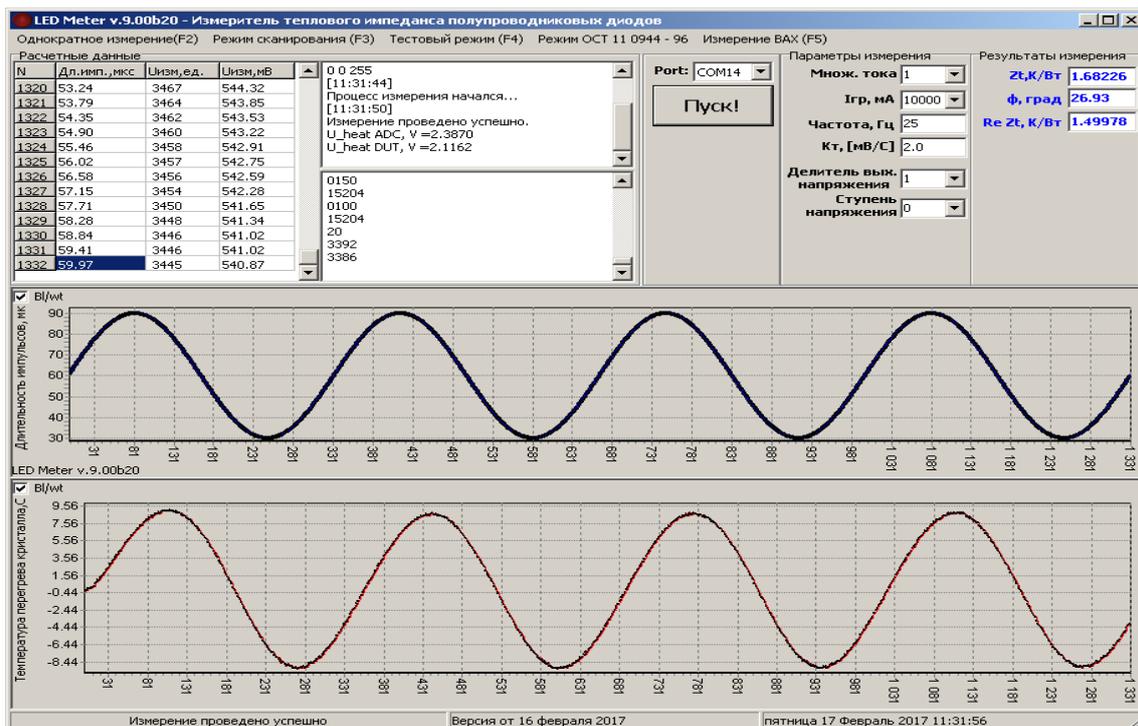


Рис. 2. Главное окно программы *LED Meter* (режим однократного измерения)

В верхнее графическое окно на рис. 2 выводится временная зависимость длительности греющих импульсов, определяющая характер модуляции греющей мощности; в нижнее окно – временная зависимость температуры p - n -перехода. В текстовые окна выводятся устанавливаемые параметры измерений, результаты измерений теплового импеданса, а также информация, позволяющая контролировать ход процесса измерения. Данный режим предназначен для измерения теплового импеданса одного или нескольких однотипных образцов, при фиксированной частоте модуляции и греющем токе.

Режим сканирования по частоте позволяет получать зависимость модуля $Z_{th}(f)$ и фазы $\phi(f)$ теплового импеданса, а также его вещественной части $Re Z_{th}(f)$ от частоты модуляции греющей мощности (рис. 3). Компоненты теплового сопротивления проявляются в виде пологих участков или точек перегиба на частотной зависимости $Z_{th}(f)$ и $Re Z_{th}(f)$, а также экстремумов или точек перегиба на частотной зависимости фазы $\phi(f)$.

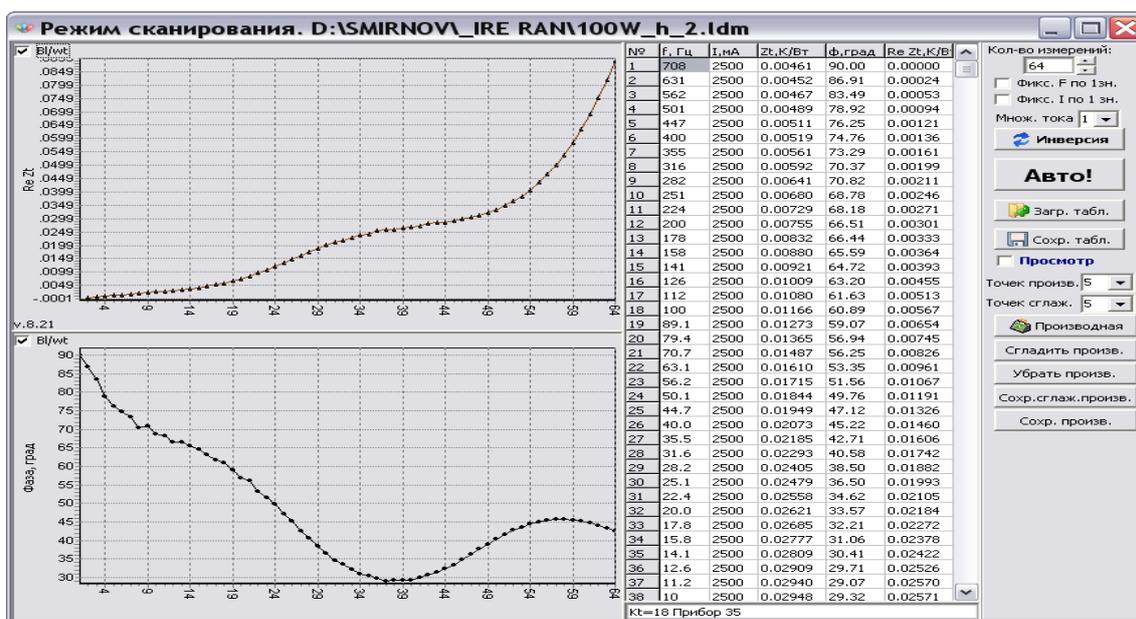


Рис. 3. Результаты измерений частотной зависимости теплового импеданса

Анализ частотных зависимостей позволяет определить вклад отдельных элементов конструкции объекта измерения в его полное тепловое сопротивление. Для решения этой задачи разработана методика обработки экспериментальной зависимости $Re Z_{th}(f)$, которая включает в себя процедуру сглаживания зависимости $Re Z_{th}(f)$ методом «скользящего среднего», вычисления производной $dRe Z_{th}/df$ и построения зависимости $(dRe Z_{th}/df)^{-1}$ от теплового сопротивления R_{th} . Компоненты теплового сопротивления определяются по положению максимумов относительно оси абсцисс (рис.4).

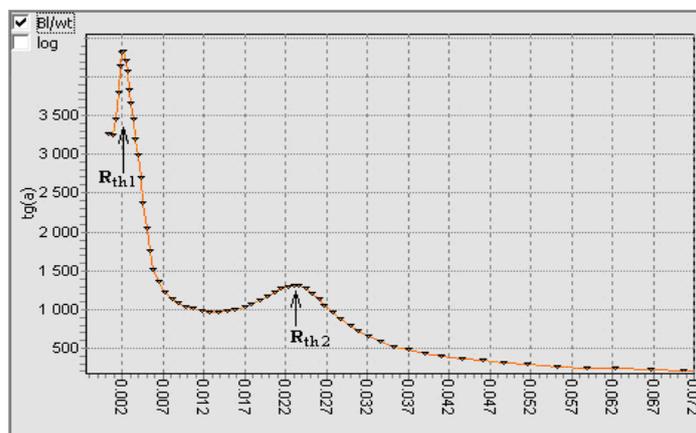


Рис. 4. Результаты обработки частотной зависимости $Re Z_{th}(f)$

В режиме ОСТ 110944-96 измеряется тепловое сопротивление «переход - корпус» на основе разогрева объекта серией импульсов греющего тока с установленными амплитудой, длительностью и скважностью. В паузах с временной задержкой измеряется ТЧП и экстраполируется к моменту окончания греющего импульса, что позволяет определить изменение температуры перехода, вызванное каждым греющим импульсом и вычислить тепловое сопротивление объекта.

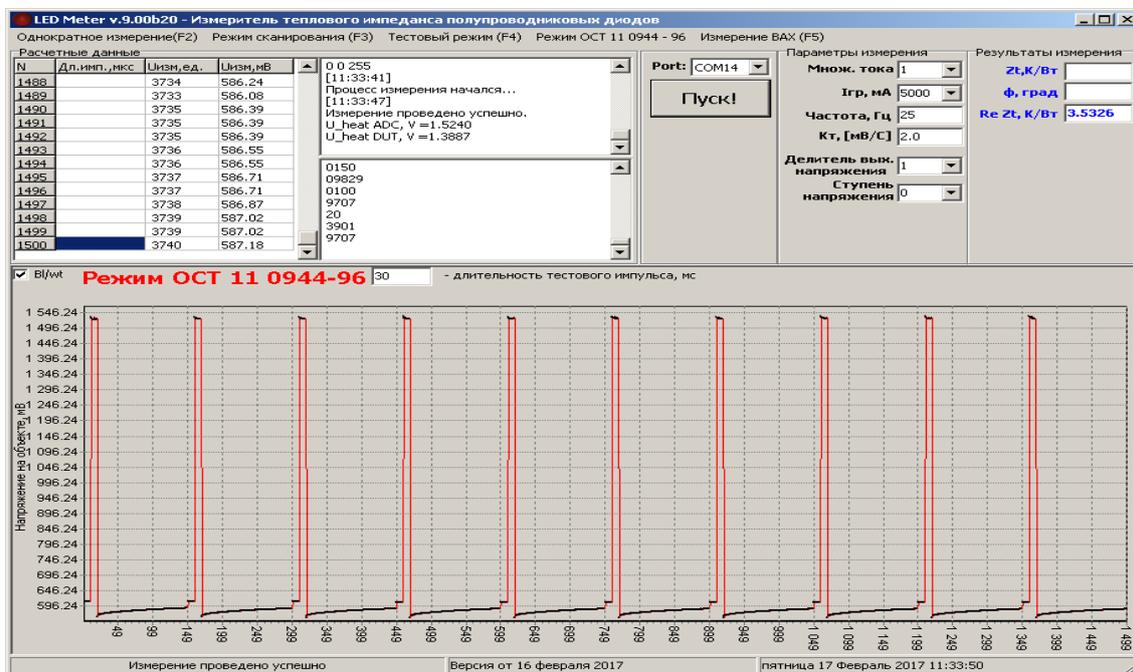


Рис. 5 Окно программы **LED Meter** в режиме ОСТ 110944-96

Тестовый режим позволяет сформировать однократный импульс греющего тока заданной длительности. Этот режим используется при калибровке или поверке прибора.

Выбор следующего пункта меню позволяет измерить прямую ветвь вольтамперной характеристики (ВАХ) транзистора или диода при дискретных значениях тока, установленных в файле **values.ini**.

Примечание. Работа с программой **LED Meter** приведена в «Руководстве пользователя»

4.4. Конфигурационный файл **values.ini**

Конфигурационный файл содержит в себе калиброванные значения греющего тока, уникальные для каждого экземпляра прибора, а также ряд других значений, которые «по умолчанию» определяют режим работы измерителя.

В первых 16 строках файла **values.ini** содержатся возможные значения греющего тока, которые может задать пользователь (колонка 1), фактические значения греющего тока, полученные в результате индивидуальной калибровки прибора (колонка 2) и соответствующий код для цифрового потенциометра, передаваемый из компьютера в микроконтроллер. Корректировка этих значений может производиться только после поверки прибора, если результаты поверки отличаются от приведенных в файле более, чем на 2 %.

В строке 18 устанавливается значение периода следования греющих импульсов.

В строке 20 устанавливается значение температурного коэффициента напряжения K_t для измеряемого объекта.

В строке 22 устанавливается скважность тестовых импульсов в режиме ОСТ 110944 – 96.

В строке 24 устанавливается длительность тестовых импульсов в тестовом режиме или режиме ОСТ 11 0944 – 96.

В строках 26 и 28 устанавливаются значения единицы младшего разряда АЦП в милливольтгах при двух различных значениях делителя выходного напряжения,

устанавливаемых на лицевой панели прибора и в главном окне программы **LED Meter**. Для **Rth Meter** делитель выходного напряжения один, поэтому оба значения в строках 26 и 28 одинаковы.

В строке 30 устанавливается значение КПД светодиода $K\eta$, выраженное в процентах. Если $K\eta = 0$, то измеряется "электрическое" тепловое сопротивление светодиода или светодиодной матрицы. Для других объектов величина $K\eta = 0$.

В строке 32 устанавливается значение ступени опорного напряжения, определяемое индивидуально для каждого прибора. Для **Rth Meter** это значение равно 0.

В строке 34 содержится фактическое значение множителя тока на 2-ом диапазоне. Значение множителя определяется индивидуальной калибровкой прибора. Для **Rth Meter** переключателя диапазона токов нет, поэтому значение множителя равно 1.

В строке 36 устанавливается число N , задающее время t (в секундах) предварительного разогрева объекта постоянным током: если $N \leq 100$, то $t = 0,01 * N$; если $N > 100$, то $t = N - 100$.

В строке 38 устанавливается временная задержка (в микросекундах) между окончанием греющего импульса и началом измерения температурочувствительного параметра.

В строке 40 устанавливается число, определяющее ток прогрева объекта во время пересылки данных (в процентах от $I_{гр}$).

В строке 42 устанавливается номер точки, с которой начинается экстраполяция значения ТЧП к моменту $t = 0$ (к моменту окончания греющего импульса).

В строке 44 устанавливается сопротивление соединительного кабеля и разъема для подключения объекта к прибору, которое определяется индивидуально для каждого прибора.

Строка 46 – резервный байт.

В строке 48 устанавливается язык интерфейса программы: RUS или ENG.

В строке 50 устанавливается множитель тока «по умолчанию».

В строке 52 устанавливается номер виртуального Com-порта для USB-интерфейса «по умолчанию». Это значение вводится оператором после того, как установлен драйвер USB-COM-порта (см. п. 5.1).

В строке 54 устанавливается ступень напряжения «по умолчанию». Для **Rth Meter** это значение равно 0.

Примечание. В случае внесения каких-либо изменений в файл **values.ini**, новые значения конфигурационных параметров вступают в силу только после сохранения файла и перезагрузки программы **LED_Meter**.

4.5. Органы управления

На лицевой панели прибора расположены следующие органы управления.

- Выключатель питания с индикацией.
- Галетный переключатель ступени опорного напряжения, позволяющий устанавливать номера ступени в диапазоне от 0 до 9. Для **Rth Meter** галетный переключатель служит для установки напряжения на затворе MOSFET- или IGBT-транзисторов.
 - Переключатель «Шунт», устанавливающий два режима использования шунта: основной режим «Авто» и режим «Откл», позволяющий принудительно отключать шунт, что необходимо при калибровке прибора и его поверке. Для **Rth Meter** переключатель «Шунт» отсутствует.
 - Переключатель «Множитель $I_{гр}$ », устанавливающий один из двух диапазонов греющего тока. Для **Rth Meter** переключатель «Множитель $I_{гр}$ » отсутствует.
 - Переключатель «Делитель $U_{вых}$ », устанавливающий один из двух коэффициентов деления напряжения с выхода ДУ. Для **Rth Meter** переключателя «Делитель $U_{вых}$ » нет.
 - Разъем для подключения кабеля с адаптером, к которому подсоединяется объект измерения. Для **Rth Meter** имеется дополнительный вывод «Затвор», позволяющий подавать различные напряжения на затвор MOSFET- или IGBT-транзисторов.

На задней стенке расположен разъем для подключения сетевого питания (220 В/50 Гц) и разъем USB для подключения кабеля, соединяющего прибор с компьютером.

Примечание. Для *Rth Meter* имеется возможность измерения у силовых транзисторных модулей «перекрестных» тепловых сопротивлений. В этом случае импульсы греющего тока пропускаются через одни транзисторы модуля, а температура измеряется у соседних транзисторов. Для реализации такой возможности служат переключатель « $I_{гр} + I_{изм}$ » и разъем « $U_{ТЧП}$ ». Особенности таких измерений следует уточнить у разработчика приборов. При обычных измерениях переключатель « $I_{гр} + I_{изм}$ » находится в замкнутом положении, а к разъему « $U_{ТЧП}$ » ничего не подключается.

5. ПОРЯДОК РАБОТЫ

5.1. Установка программного обеспечения

Для начала установки запустите исполняемый файл дистрибутива «LED Meter 8 install.exe» и нажмите кнопку «Extract». Программное обеспечение установится в каталог Program Files, а на рабочем столе появится ярлык для запуска программы.

Перед подключением прибора необходимо дополнительно установить драйвер USB-COM-порта. Для этого достаточно запустить прилагаемый файл CDM20824_Setup.exe или скачать драйвер с [сайта производителя](#).

Примечание. Во время установки драйвера устройство должно быть отключено от компьютера!

5.2. Подготовка прибора к измерениям

Осмотрите прибор на предмет обнаружения механических повреждений. Подключите к разъему на задней стенке прибора шнур питания.

Соедините кабелем выходной разъем на задней стенке прибора с USB-портом компьютера.

Подключите к разъему на лицевой панели прибора шнур с адаптером для подключения объекта измерения.

Установите переключатель «Шунт» в положение «Авто».

Установите переключатель «Степень напряжения» в положение с максимальным номером. Для *Rth Meter* последние два действия не исполняются.

5.3. Проведение измерений

Подключите прибор к сети 220В и включите его. Звуковой сигнал покажет, что прибор готов к работе.

Включите компьютер и запустите программу обработки результатов измерений **LED_Meter.exe**. После появления на экране монитора компьютера главного окна программы установите номер виртуального COM-порта. Если в конфигурационном файле (строка 52) нужный номер COM-порта уже задан, установка порта производится автоматически.

Подключите к адаптеру объект измерения анодом к клемме А, катодом к клемме К. Если объектом является IGBT-транзистор, то на затвор необходимо подать напряжение с разъема «Затвор», установив нужное значение напряжения $U_{затвор}$ с помощью галетного переключателя.

Выберите в строке меню один из двух режимов измерения: однократный или «Режим сканирования».

При работе в режиме однократного измерения (рис. 2) установите требуемые значения множителя тока, величины греющего тока $I_{гр}$, частоты модуляции греющей мощности и температурного коэффициента напряжения K_t объекта. Значения K_t для конкретного типа объекта выбирается либо из его технической документации, либо определяется экспериментально согласно стандарту JESD51-1. Выбор величины греющего тока производится из дискретного ряда значений $I_{гр}$. Установка частоты модуляции и величины K_t осуществляется с помощью клавиатуры компьютера. Необходимо учесть, что

при наборе не целочисленных значений необходимо использовать десятичную точку, а не запятую.

Если требуемая величина тока $I_{гр}$ превышает 2500 мА, необходимо в главном окне или в окне «Режим сканирования» установить множитель тока, равный 2 (только для **LED Meter**). При этом на приборе переключатель множителя тока также необходимо установить в положение «2». Если установленный программно множитель тока не соответствует положению переключателя множителя тока на приборе, то прибор выдаст в компьютер сообщение об ошибке. Для **Rth Meter** переключатель множителя тока отсутствует.

Установите требуемый номер ступени напряжения на лицевой панели прибора и в главном окне программы. Это позволяет устанавливать значение опорного напряжения U_0 на входе ДУ (см. рис. 1) таким, чтобы на входе АЦП напряжение не превышало 5 В. Величина U_0 равна произведению среднего напряжения одной ступени (примерно 5,6 В) на номер ступени. Например, для 100-ваттных матриц с напряжением питания около 25 В номер ступени равен 4 ($U_0 \approx 22,4$ В), для светодиодов – 0 ($U_0 \approx 0$). При неправильной установке ступени напряжения микроконтроллер выдаст в компьютер сигнал ошибки. Для **Rth Meter** переключатель ступени напряжения отсутствует.

Установите делитель выходного напряжения ДН в положение 1. В этом случае на вход АЦП поступает примерно 75 % напряжения с выхода ДУ (см. рис. 1). При необходимости (например, для светодиодных матриц и модулей с количеством последовательно соединенных светодиодов более 10) следует установить делитель выходного напряжения в положение 2. В этом случае на вход АЦП поступает примерно 25 % напряжения с выхода ДУ. Для **Rth Meter** переключатель «Делитель $U_{вых}$ » отсутствует.

Иницилируйте процесс измерения клавишей «Пуск!». Процесс измерения заканчивается звуковым сигналом в приборе и пересылкой результатов в компьютер. Результаты измерений модуля Z_t и фазы φ теплового импеданса, а также вещественной части импеданса $Re Z_t$ индицируются в соответствующем текстовом окне. В графические окна выводятся временные зависимости длительности греющих импульсов и переменной составляющей температуры p - n -перехода. Для детального просмотра графиков выделите нужный фрагмент с помощью мыши при нажатой левой клавише. Для возврата к исходному масштабу графиков при нажатой левой клавише мыши сделайте движение курсором в направлении верхнего левого угла. При нажатой правой клавише мыши график в окне можно перемещать.

При выборе режима «Сканирование» открывается окно интерфейса, изображенное на рис. 3. Установите количество измерений, после чего – значения частоты модуляции и величины греющего тока (вторая и третья колонки в таблице). Если в базе данных имеется рабочая таблица с требуемым диапазоном частот, загрузите ее клавишей «Загр. табл.». Установите в ней нужный греющий ток. Если один или оба параметра имеют фиксированные значения, воспользуйтесь опциями «Фикс. F по 1 зн.» и «Фикс. I по 1 зн.», которые позволяют установить значения частоты или тока по значению параметра в 1-ой строке.

Примечание. К программному обеспечению прилагаются файлы **Blank.ldm** с пустыми таблицами для измерения частотных зависимостей, в которых задаваемые значения частот модуляции равномерно отстоят друг от друга по логарифмической шкале. С помощью клавиши «Инверсия» и обрезания нижней части таблицы путем варьирования количества измерений в окне «Кол-во измерений», можно сформировать рабочую таблицу с нужным диапазоном частот модуляции и сохранить ее. В дальнейшем в качестве рабочей таблицы можно использовать таблицы с полученными ранее результатами измерений. Новые результаты измерений (модуль Z_{th} и фаза φ теплового импеданса, а также его вещественная часть $Re Z_{th}$) будут записываться поверх старых результатов.

Иницилируйте процесс измерений в режиме «Сканирование» нажатием клавиши «Авто!». Обновление новых параметров измерения (частоты модуляции и величины греющего тока) и пересылка их в прибор будет осуществляться автоматически. Результаты измерения модуля теплового импеданса, его фазы и вещественной части будут отображаться в таблице и выводиться в виде графиков в графических окнах.

При необходимости сохранения в памяти компьютера результатов измерения частотных и токовых зависимостей теплового импеданса используйте клавишу «Сохран. табл.». При необходимости добавить в сохраненные файлы дополнительную информацию, используйте окно для ввода комментария.

Для определения компонент теплового сопротивления используйте процедуру сглаживания частотной зависимости $\operatorname{Re} Z_{th}(f)$ с последующим ее дифференцированием (клавиша «Производная»). В результате такой обработки компоненты теплового сопротивления будут отображаться в виде пиков, изображенных на рис. 4. Экспериментально подберите оптимальное количество точек, используемых при процедуре сглаживания и дифференцирования. При необходимости сохраняйте результаты такой обработки в файле табличного формата, используя функциональную клавишу «Сохран. произв.».

Для завершения работы отключите объект от адаптера и выключите питание прибора.

Примечание. При включении и выключении питания прибора на выходе импульсного источника питания возможны резкие скачки напряжения, что может вызвать негативные последствия для объекта измерения. Для их предотвращения используется шунт, который отключается автоматически только при проведении измерений или принудительно при проведении калибровки прибора и его поверке. Тем не менее, при включении и выключении питания прибора рекомендуется отключать объект от адаптера.

6. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

По требованиям электробезопасности прибор относится к классу защиты 1 (ГОСТ Р 51350-99 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования).

Заземление корпуса прибора обеспечивается посредством сетевой вилки с заземляющим контактом. До начала работы прибор должен быть заземлен путем надежного соединения земляной шины помещения с зажимом защитного заземления прибора.

Аварийная защита прибора от перегрузки обеспечивается автоматической системой выключения импульсного источника питания. Кроме этого, возникновение короткого замыкания в объекте измерения диагностируется микроконтроллером, в компьютер посылается соответствующий код ошибки, после чего процесс измерения прекращается.

Нештатные ситуации, вызванные неправильными действиями оператора (неверная полярность подключения объекта или его отсутствие в адаптере, превышение напряжения на объекте предельно допустимого значения, неверная установка множителя тока или ступени опорного напряжения), диагностируются микроконтроллером с последующей передачей кода ошибки в компьютер, после чего процесс измерения прекращается.

Напряжение на клеммах адаптера при подсоединении объекта измерения составляет 5 В при включенном шунте и не превышает 65 В при принудительно выключенном шунте. Поэтому при подключении объекта измерения к адаптеру рекомендуется устанавливать переключатель шунта в положение «Авто» (только для измерителя *LED Meter*).

При проведении измерений теплового импеданса во избежание воздействия на глаза оператора оптического излучения от мощных светодиодов и светодиодных матриц необходимо закрывать объекты светонепроницаемым кожухом или экраном.

7. КОМПЛЕКТНОСТЬ ПРИБОРА

В состав измерителя теплового импеданса входит непосредственно сам прибор, а также кабель для подключения к сети 220В, кабель с адаптером для подключения объекта, кабель для подключения к USB-порту компьютера. Прилагается также носитель с программным обеспечением, техническим описанием и руководством пользователя.