ООО ПЛ Инжиниринг

Z-МЕТР DX4090

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Москва, 2022

Версия 1.05

Редакция: Декабрь 2022

Все права защищены.
Воспроизведение любым способом, полностью или частично прямо запрещено без письменного разрешения ООО «ПЛ Инжиниринг». Информация, содержащаяся в настоящем документе, может быть изменена без предварительного уведомления.

ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

ООО «ПЛ ИНЖИНИРИНГ» гарантирует, что поставляемый продукт не имеет дефектов. Гарантийный срок – 1 год.

ООО «ПЛ ИНЖИНИРИНГ» также представляет гарантию на 3 месяца на следующие части, если они входят в комплект поставки: кабели, программные диски и документацию.

В течение гарантийного периода ООО «ПЛ ИНЖИНИРИНГ» производит ремонт или замену продукта или указанных частей поставки.

Для выполнения гарантийных обязательств потребитель может обращаться в офис ООО «ПЛ ИНЖИНИРИНГ» или его торгового представителя. Потребителю будет обеспечена немедленная поддержка.

Отремонтированное или замененный продукт или указанная часть поставки будет сохранять срок гарантии от начала гарантийного периода, или не менее 3 месяца.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Для технической поддержки и гарантийного и после гарантийного ремонта следует обращаться в офис ООО «ПЛ ИНЖИНИРИНГ» или его торгового представителя:

В России и СНГ

ООО «ПЛ ИНЖИНИРИНГ»
Москва 115230
Варшавское шоссе, 46.
Тел: +7-499-678-3231
Факс: +7-499-678-3258
e-mail:info@promln.com

В Европе, США и др. странах

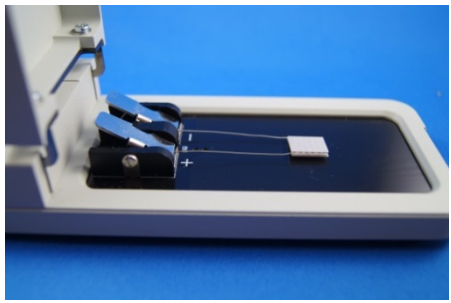
TEC Microsystems GmbH
Schwarzschildstrasse 8, Berlin
12489, Germany
Phone:+49-(0)30-6789-3314
Fax:+49-(0)30-6789-3315
e-mail: info@tec-microsystems.com

СОДЕРЖАНИЕ

ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА 3
ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА 3
СОДЕРЖАНИЕ 4
1. ВВЕДЕНИЕ 7
2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 9
2.1. Спецификация 9
2.2. Комплект поставки 10
2.3. Основные особенности 11
2.4. Конструкция 11
2.5. Системные требования 12
3. ПОРЯДОК РАБОТЫ 13
3.1. Установка драйверов 13
3.2. Установка управляющей программы 14
3.3. Подготовка 15
3.4. Измерения 16
3.4.1. Запустите программное обеспечение "Z-Meter II" 16
3.4.2. Подключение ТЭО 17
3.4.3. Предустановки 19
3.4.4. Измерения 21
3.4.5. Результаты измерений 22
4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 23
4.1. Введение 23
4.2. Главное окно 23
4.2.1. Строка меню 24
4.2.2. Ссылочная панель 24
4.2.3. Функциональные поля 25
4.3. Предустановки 28
4.3.1. Настройка температуры 28
4.3.2. Тип модуля ТЕ 28
4.3.3. Поправочные коэффициенты 29
4.3.4. Теплопроводность цоколя 30
4.4. Процедура измерения 30

4.5. History 32
4.5.1. File 32
4.5.2. Options 34
4.5.3. Report 34
4.6. Обновление базы данных ТЭО 35
5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ 37
6. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ 39
6.1. Измерение константы времени 39
6.2. Результаты интерполяции 40
6.3. Принцип измерения $\mathbf{Z}$ 42
6.3.1. $\boldsymbol{Z}$ однокаскадного ТЭО 42
6.3.2. $\boldsymbol{Z}$ двухкаскадного ТЭО 45
6.4. Альтернативная поправка 47
7. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ 47
7.1. Измерение сопротивления АС $\mathbf{R}$ 47
7.2. Измерение $\boldsymbol{U}$ и $\boldsymbol{U\alpha}$ телеметрии 48
7.3. Напряжения при измерении $\mathbf{Z}$ 49
7.4. Определение полярности модуля 50

1. ВВЕДЕНИЕ



Однопозиционный Z-метр модели DX4090 предназначен для измерения параметры термоэлектрических охладителей (ТЭО):

- Сопротивление АС (R)
- ТЭ добротность (Z)
- Максимальная разность температур[1] (ΔT_{max})
- Постоянная времени (τ)

Используя Z-метр, можно проводить измерения различных типов одно- и двухкаскадных ТЭО.

Можно также оценивать качество ТЭО с числом каскадов больше, чем два, с помощью измерения электрического сопротивления модуля.

Измерения проводятся при температуре окружающей среды. Прибор позволяет пересчитывать сопротивление и максимальную разность температур к другому значению температуры.

Z-метр управляется с помощью компьютера, работающего под управлением операционной системы MS Windows одной из версий: 98/2000/XP/Vista/7 и выше.

1

Для термоэлектрических охладителей (ТЭО) измеренная добротность Z позволяет рассчитать максимальный перепад температур ΔT_{max}обеспечиваемый ТЭО.

Такой расчет справедлив только для однокаскадных ТЭО. Для многокаскадных модулей величина ΔT_{max} по значению строго рассчитана быть не может.

ПРЕИМУЩЕСТВА

- ✓ *Экспресс измерения параметров одно- и многокаскадных ТЭО*
- ✓ *Измерение параметров ТЭО интегрированных в устройства (фотоприемники, лазеры и т.п.)*
- ✓ *Измерение постоянной времени*
- ✓ *Совместим со всеми приборами серии Z-метры компании «ПЛ Инжиниринг».*

ОСОБЕННОСТИ

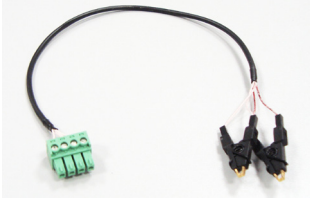
- ✓ *Рабочий измерительный ток, задаваемый в диапазоне 0...80 mA*
- ✓ *Измерения при двух направления постоянного тока*
- ✓ *Результаты измерений приводятся к заданной стандартной температуре*
- ✓ *Поправочные коэффициенты при измерении добротности* Z
- ✓ *Низкая потребляемая мощность*

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Спецификация

Параметры	Единицы	Значения
Электрическое сопротивление АС R		
Диапазон	Ом	0.1...100
Точность	%	0.6 (но >0.01Ом)
Повторяемость	%	0.3
ТЭ добротность Z		
Диапазон	10^{-3}/K	1...4
Точность	%	1.5
Повторяемость	%	0.4
Постоянная времени τ		
Диапазон	с	1...100
Точность	%	1.5
Повторяемость	%	1
Электропитание		
Напряжение DC	В	+5 (USB)
Ток	мА	250
Условия эксплуатации		
Диапазон температур	°C	+15...+35
Относительная влажность	%	0...95
Условия хранения		
Диапазон температур	°C	-20…+60
Относительная влажность	%	5…95
Механические параметры		
Габаритные размеры	мм	160x66x30
Масса	кг	0.24

2.2. Комплект поставки

	Z-Метр DX4090 1 шт.
	Зажим измерительный * 1 шт.
	Кабель USB AM / mini USB-B 1 шт.

2.3. Основные особенности

Z-метр имеет камеру для размещения ТЭО под измерениями. Всегда рекомендуется размещать ТЭО в этой камере. Если размер ТЭО не подходит для камеры, такой модуль может быть размещен снаружи и подключен к Z-метру с помощью внешнего кабеля.

В обоих случаях для обеспечения наиболее точных измерений используются четырехпроводные соединения. Обратите внимание, что требуется исключить конвекцию свободного воздуха вокруг ТЭО в случае измерений вне камеры.

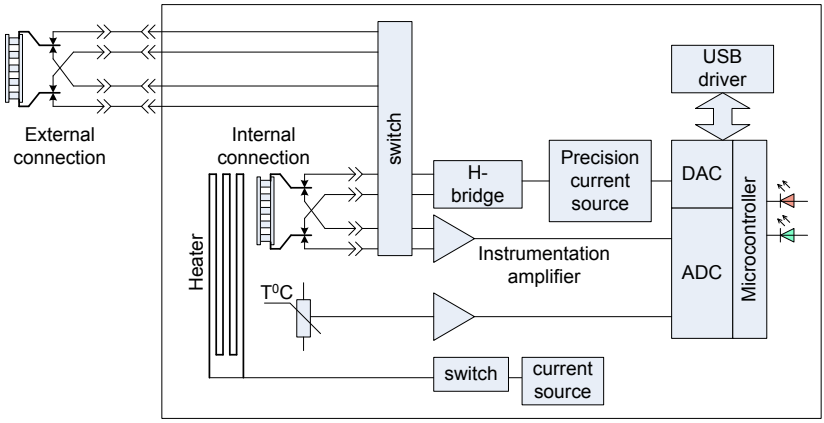
Z-измеритель позволяет проверять полярность ТЭО одновременно с измерением его параметров.

2.4. Конструкция

Z-метр представляет собой устройство с внутренней камерой для ТЭО. Крышка камеры имеет магнитный замок, который блокируется при закрытии или открытии. Камера представляет собой пассивный термостат, который обеспечивает постоянство температуры испытуемого ТЭО во время измерений. Клеммы внутри позволяют легко подключать испытуемые образцы ТЭО.

Температура внутри камеры измеряется датчиком температуры. Внутри камеры также есть нагреватель для измерения полярности ТЕС. Также имеется светодиод для визуального контроля состояния измерений.

Разъем USB для подключения к ПК и разъем для кабеля для внешних измерений ТЕС расположены на задней панели устройства.



Z-метр: вид сзади и функциональная схема

2.5. Системные требования

Z-метр работает под управлением программного обеспечения «Z-Meter». Программа «Z-Meter» дает возможность осуществлять все рабочие режимы прибора. «Z-Meter» имеет простой интерфейс и не требует от Пользователя особых знаний.

Программа «Z-Meter» поставляется вместе с прибором. Либо установочный пакет программы (ZMeterIISetup.exe) можно скачать с сайта производителя - https://promln.ru/docs/:

Для работы программы необходимо:

- Свободный порт USB;
- 20 MB свободного места на жестком диске (дополнительное место может потребоваться позднее, по мере роста базы данных);
- Компьютерная мышь или совместимое устройство.

3. ПОРЯДОК РАБОТЫ

3.1. Установка драйверов

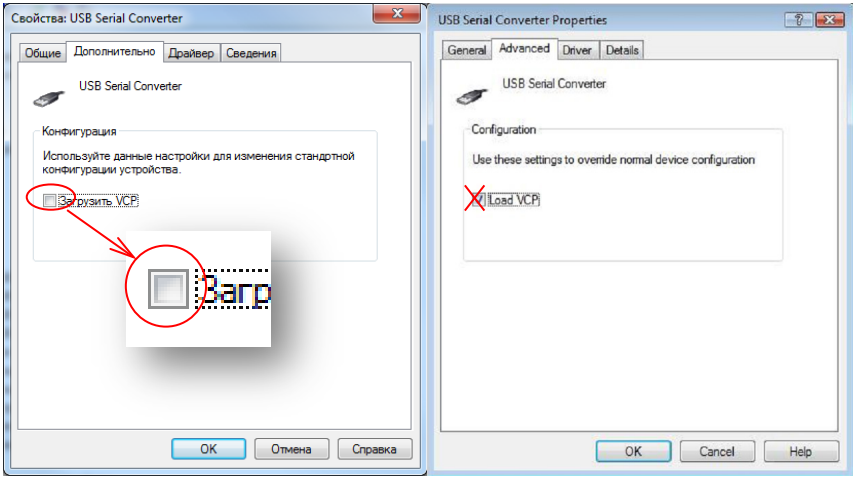
Для функционирования прибора необходимо установить драйвер.

Самый свежий драйвер, в зависимости от версии используемой операционной системы Windows можно найти на сайте http://www.ftdichip.com http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm .

С процедурой установки под конкретную версию Windows можно ознакомиться из документов, ссылки на которые даны на странице
http://www.ftdichip.com/Support/Documents/InstallGuides.htm

В списке диспетчера устройств Windows должен появиться USB Serial Converter.

Важно! *Для правильной работы программы необходимо в свойствах USB Serial Converter, на вкладке "Дополнительно" убрать галочку разрешающую виртуальный COM порт.*



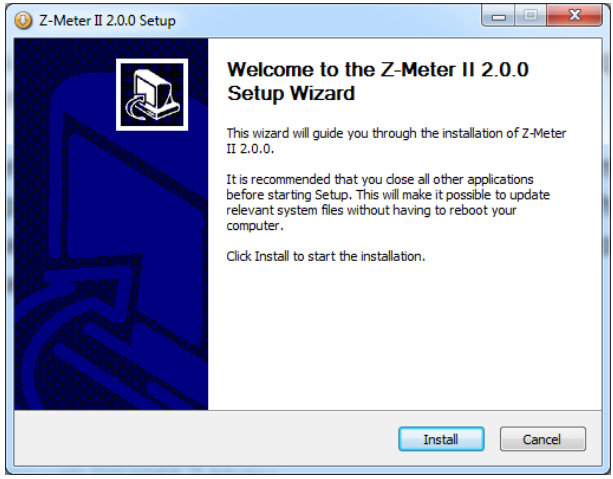
3.2. Установка управляющей программы

Управляющая программа распространяется в виде инсталляционного файла ZMeterIISetup.exe.

Самую новую версию программы можно взять на сайте компании ПЛ Инжиниринг https://promln.ru/docs/.

Для установки программы следует запустить указанный файл (с правами администратора) и следовать указаниям, появляющимся в процессе инсталляции.

Появится окно стандартного установщика Windows – см. ниже.



Нажмите «Установить» и следуйте инструкциям установщика.

Помните, что на выбранном логическом диске должно быть первоначально доступно не менее 20 МБ пространства, и что размер увеличится при добавлении новых ТЭО в базу данных с результатами измерений.

3.3. Подготовка

Внимание! *Если какой-либо Z-метр хранился при температуре ниже +10°C до проведения измерений, он должен выдержан в ожидаемых условиях испытаний в окружающей среде не менее 2 часов.*

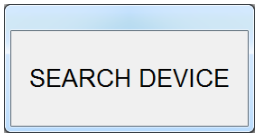
Подключите Z-метр к USB-порту вашего компьютера.

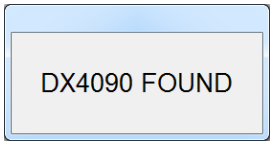
Подключите кабель для внешних измерений к разъему **Ext** , если вы планируете внешние измерения ТЭО. В противном случае этот кабель не следует отсоединять от Z-метра.

3.4. Измерения

3.4.1. Запустите программное обеспечение "Z-Meter II"

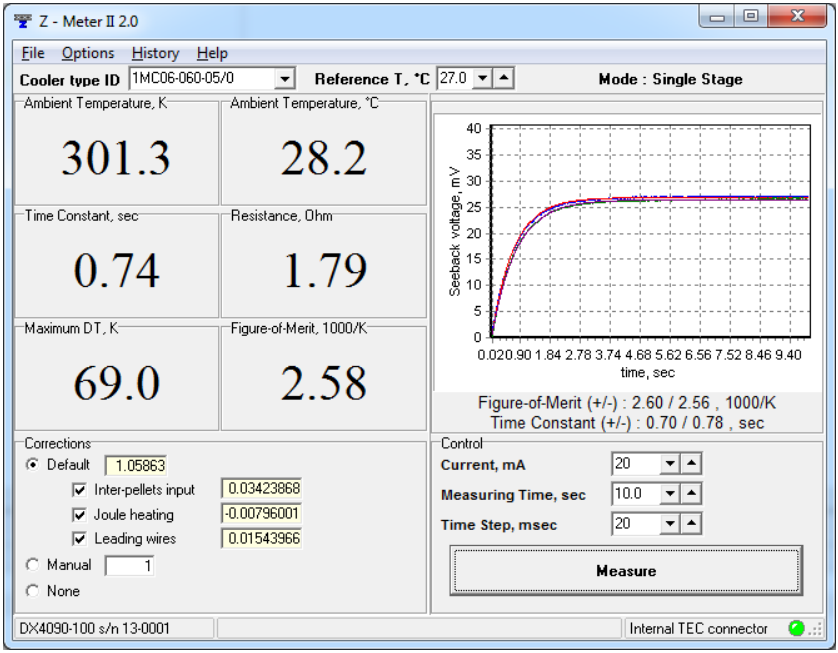
Следующие окна будут отображаться одно за другим в случае запуска программы Z-метра:





Если появится сообщение «DEVICE NOT FOUND», убедитесь, что устройство правильно подключено. Также проверьте, правильно ли установлены драйверы USB, и при необходимости повторите процедуру установки драйвера USB (см. п.3.1).

Появится главное окно:



3.4.2. Подключение ТЭО

Измерения ТЭО в камере

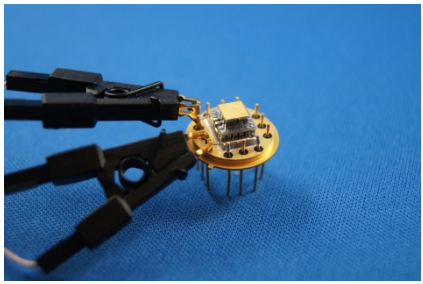
Откройте крышку Z-метра.

Надежно подключите испытуемый ТЭО к зажимам.

Закройте крышку и запустите программу Z-Meter.

Внешние измерения ТЭО

Надежно подключите ТЭО, как показано ниже.



Обеспечьте минимально возможную конвекцию воздуха в области измерения. Рекомендуется размещать ТЭО как можно ближе к Z-метру, сохраняя крышку камеры открытой.

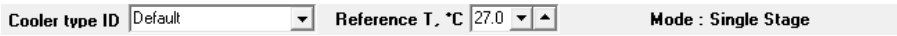
Помните, что датчик температуры расположен в камере, и значительная разница температур измеряемого ТЭО и термодатчика в камере приведет к ошибкам в измерениях и расчетах.

Внимание! *Опция проверки полярности ТЭО должна быть включена в случае внешних измерений.*

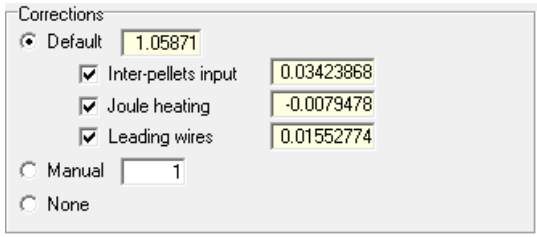
3.4.3. Предустановки

Cooler Type ID

Если тип ТЭО известен или идентифицирован (в случае тестирования образцов ТЭО производства компании ООО «ПЛ Инжиниринг»), установите тип изделия с помощью идентификатора **«Cooler Type ID»** в панели ссылок из предустановленной в программе базы данных.



После задания известного типа ТЭО в области поправок рабочего стола (**Corrections**) появятся значения поправок для измерений для выбранного типа ТЭО.



Если тип ТЭО неизвестен, состояние "**Default**", то поправок не будет.

Если тип ТЕС не указан в базе данных программного обеспечения, можно оставить поправочный коэффициент как 1 (единица), или установить собственные поправочные коэффициенты, если они известны, могут быть рассчитаны.

Reference Temperature

Установите требуемую эталонную температуру (**Reference T**) в программной строке. Температура устанавливается в градусах Цельсия.

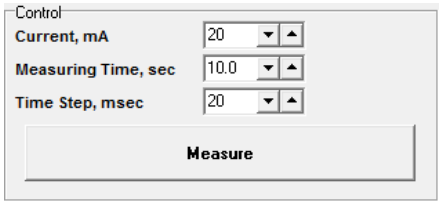
Внимание! По умолчанию - 27 °C (300K).

Параметры измерительного цикла

В поле "Control" можно задать параметры измерительного цикла

Current

Рекомендуемое значение рабочего измерительного цикла составляет 1% от I_{max} спецификации исследуемого образца ТЭО. Если максимальный ток ТЭО не неизвестен – используйте по умолчанию 5 мА для начала.



Measuring Time

Установка общего времени измерения.

Рекомендуемое значение – более 5-6 постоянных времени испытуемого ТЭО. Если значение постоянной времени неизвестно, установите значение по умолчанию – 10 секунд для

начала.

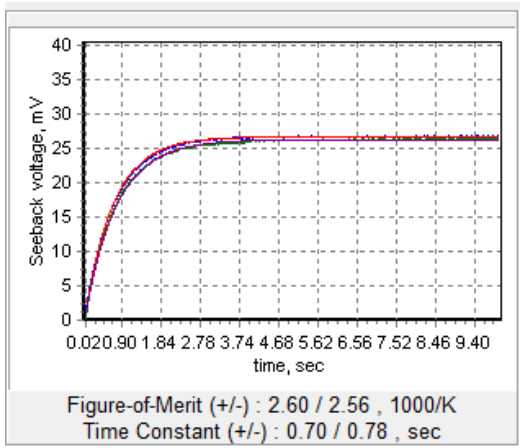
Time Step

Шаг по времени измерения. Рекомендуемое значение – 20 миллисекунд.

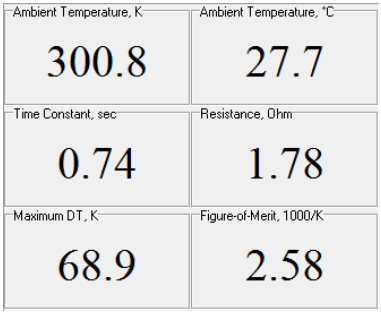
3.4.4. Измерения

Если сделаны все предустановки, то нажмите кнопку начала измерений ***«Measure»***.

На поле ***Graph*** вы будете наблюдать кривые измерения напряжения Зеебека во времени при приложенном рабочем токе.



После появления двух кривых (измерение при постоянном токе в обоих направлениях) программное обеспечение рассчитает усредненные измеряемые параметры.



3.4.5. Результаты измерений

Результаты каждого измерения сохраняются в файле. Вы можете просмотреть или очистить его с помощью команды ***"File"***.

С помощью команды ***«Print»*** вы можете сделать бумажную копию файла ***«History»*** на принтере по умолчанию.

Подменю ***«Export»*** поможет вам сохранить файл ***«History»*** в различных форматах:

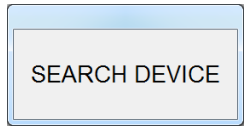
Более подробное описание работы с результатами и с программным обеспечением описано в разделе «Программное обеспечение»

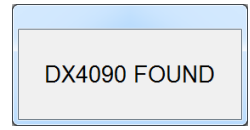
4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

4.1. Введение

Z-метр должен быть подключен к ПК перед запуском программы.

Следующие окна будут отображаться одно за другим в случае, если вы впервые запустите программу, см. ниже:

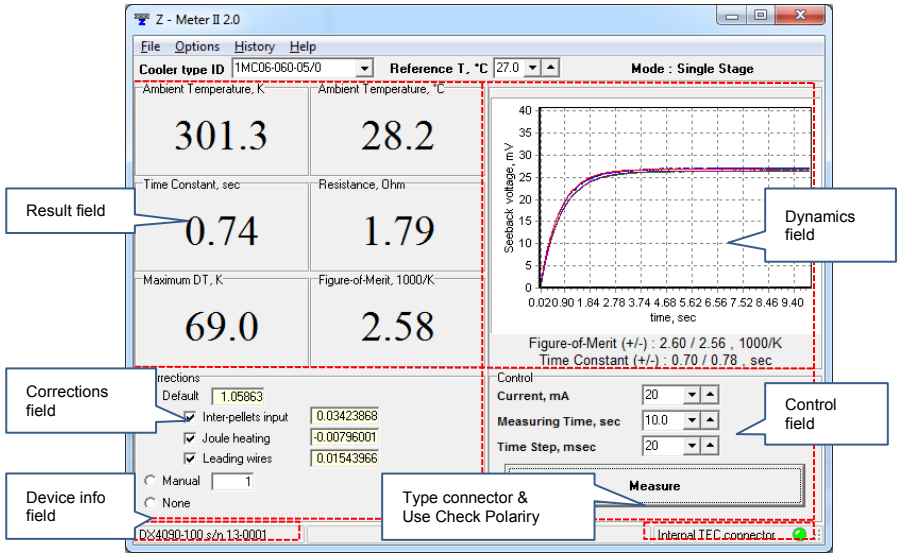




Если появится сообщение **«DEVICE NOT FOUND»**, убедитесь, что устройство правильно подключено. Также проверьте, правильно ли установлены драйверы USB, и при необходимости повторите процедуру установки драйвера USB (см. 3.1. выше).

4.2. Главное окно

Главное окно программы показано на скриншоте ниже.



Его функциональная структура одинакова для трех вариантов измерения:

1. Однокаскадный ТЭО;

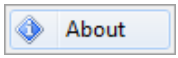
- Одкокаскадная сборка ТЭО (модуль на основании);
- Двухкаскадный ТЭО.

4.2.1. Строка меню

В строке меню есть четыре пункта.

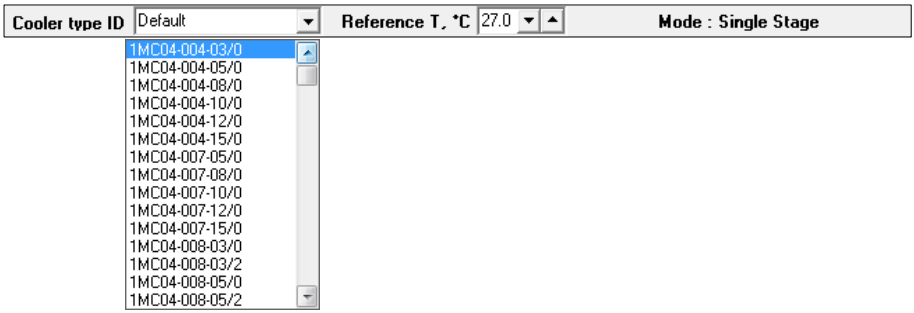
- ***«File»*** используется, когда необходимо повторно подключить Устройство или выйти из него.
- **"Options"** позволяет:
  1. выбор базы данных модуля ТЭО;
  2. добавление/редактирование типа ТЭО;
  3. выбор типа модуля ТЭО;
  4. включение/отключение модуля проверки полярности (только для подключения ТЭО в камере)
- ***«History»*** позволяет переключаться с текущих результатов измерений на базу данных с предыдущими измерениями.

1. ***«Help»*** предоставляет информацию о программном обеспечении Z-Meter



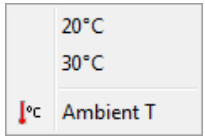
4.2.2. Ссылочная панель

На панели ссылок есть два поля.



Поле ***"Cooler ID"*** позволяет выбрать тип ТЭО, который тестируется.

Поле ***"Reference T"*** служит для ввода эталонной температуры. Результаты измерений будут пересчитаны до этой температуры. Температурный шаг составляет 0,1 градуса С.



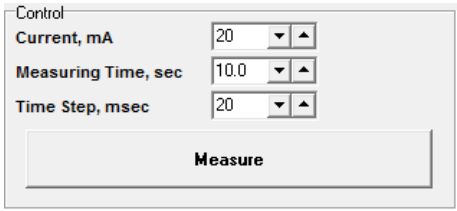
По умолчанию установлена температура +27°C (300 К).

Вы также можете выбрать эталонную температуру из предлагаемого набора (20, 30°C) или приравнять ее к температуре окружающей среды измеренной внутренним термистором. Тогда это ***Ambient T***.

4.2.3. Функциональные поля

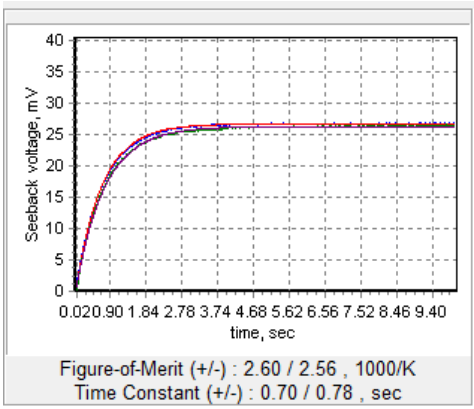
В главном окне есть четыре функциональных поля:

- *В поле* ***«Control»*** представлены следующие параметры испытания: электрический ток, общее время измерения, шаг времени.



Кнопка ***«Measure»*** запускает процедуру измерения.

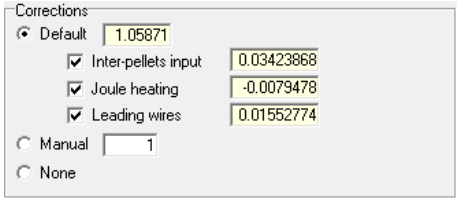
- *Поле* ***«Dynamics»*** отображает окно графика телеметрии временного поведения Зеебека Uα(t).



Он также указывает полученные значения:

1. Постоянные времени при различных полярностях постоянного измерительного тока,
2. Добротность Z при различных полярностях постоянного измерительного тока

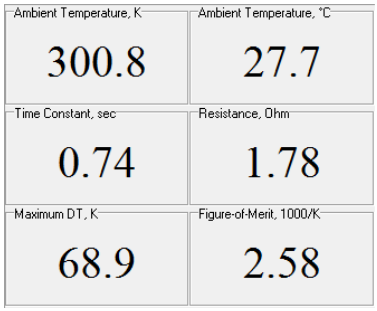
- *Поле* ***«Corrections»*** показывает важные вычисляемые значения поправок, которые будут использоваться для расчета их основных параметров производительности, как, например, Z (подробнее см. главу 5.3). .



Существуют следующие возможности коррекции:

1. ***Default*** - использование рассчитанных поправок (только для ТЭО, полностью описанных в записанной базе данных);
2. ***Manual*** - с использованием собственного значения поправочного коэффициента Пользователя, введенного вручную;
3. ***None*** – не используются поправочные коэффициенты. Общий поправочный коэффициент 1 (единица).

- Поле ***«Results»*** содержит следующие измеренные результаты:



1. Электрическое сопротивление переменному току ТЭО;R
2. Температура окружающей среды;$T_{ambient}$

3. Показатель термоэлектрической добротности ТЭО (для двух полярностей и усредненный);Z
4. Максимальная разность температур ТЭО (для двух полярностей и усредненная);ΔT_{max}
5. Постоянная времени ТЭО (для двух полярностей и усредненная). τ

4.3. Предустановки

4.3.1. Настройка температуры

Z-метр позволяет пересчитать основные параметры ТЭО до различных эталонных температур (см. Главу 5.3).

Внимание! *Стандартная эталонная температура для номенклатуры ТЭО компании ООО «ПЛ Инжиниринг» составляет 27°C, другие производители могут применять свои собственные значения.*

Наиболее удобная температура окружающей среды, до которой пересчитываются параметры, может быть выбрана из списка *«**Reference T**»*, введенного вручную.

4.3.2. Тип модуля ТЕ

Выберите опцию ***«Single-stage»*** или ***«Two-stage»*** после ***«Option>> Cooler Type »***.

Обратите внимание, что если опция не выбрана, исправления устанавливаются в ноль.

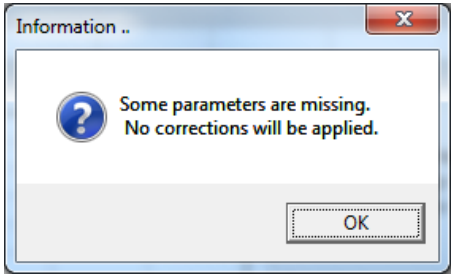
Выберите тип ТЭО из списка ***"Cooler type ID"***. из базы дынные ТЭО производимых компанией ООО «ПЛ Инжиниринг».

Другие ТЭО (других производителей) могут быть внесены в базу данных.

Выберите путь ***"File"->"TEC Base Editor"*** и внесите требуемые конструктивные параметры испытуемого ТЭО (см. Главу

"Обновление базы данных").

Автоматическое уведомление появится, если какой-либо параметр ТЭО, необходимый для дальнейших расчетов, пропущен.



Добавьте соответствующий параметр в базу данных.

Внимание! *Если в базе данных нет информации о параметрах тестируемой ТЭО, то при расчетах параметров по умолчанию не будут использоваться поправки/коэффициенты. В этом случае поле* ***"Cooler type ID"*** *изменится на* ***Default****.*

4.3.3. Поправочные коэффициенты

При наличии всех параметров ТЭО поправки, а также суммарный поправочный коэффициент учитываются по умолчанию (см. Уравнение 5.3.3.1).

Можно включать/выключать определенную поправку с помощью соответствующих кнопок.

В окне Results автоматически появляется измененное значение.

Поправочные коэффициенты приведены в таблице ниже.

Обозначение	Описание	Комментарий
b_T	Учитывает неравенство температуры окружающей среды и средней температуры модуля ТЕ	Только для однокаскадных ТЭО
b_{th}	Учитывает дополнительные тепловые потоки между термоэлементами	Для одно- и двух-каскадных ТЭО
b_a	Учитывает внешние тепловые потоки	Только двух-каскадных ТЭО
b_R	Учитывает дополнительное паразитное сопротивление проводов	Для одно- и двух-каскадных ТЭО

Пользователю предоставляется возможность либо учесть поправки (по умолчанию), либо предложить собственное значение, либо отказаться от всех поправок.

4.3.4. Теплопроводность цоколя

Z-метры также позволяют измерять ТЭО смонтированные в устройства, выбирая соответствующую опцию в ***«Menu»***. В этом случае, однако, следующие параметры должны быть добавлены:

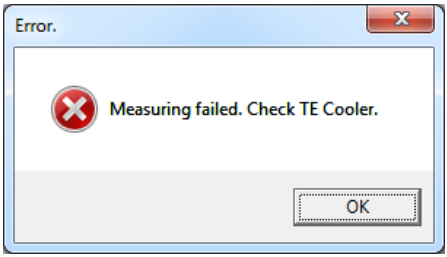
1) теплопроводность материала цоколя на котором смонтирован ТЭО;
2) толщина основания цоколя;
3) смонтированный модуль ТЭО полностью описан в базе данных Z-метра.

4.4. Процедура измерения

Цикл измерения запускается простым нажатием кнопки ***"Measure"*** в главном окне программы.

Внимание! *Температура ТЭО немного изменяется из-за прикосновения рук. Кроме того, процедура измерения вызывает незначительное повышение средней температуры ТЭО. Поэтому выдержите паузу, по крайней мере в 3 раза больше измеренной постоянной времени перед любым новым измерением. Обычно по умолчанию эта пауза - 30 секунд. Этого времени обычно достаточно для стабилизации температуры ТЭО*

Сообщение:



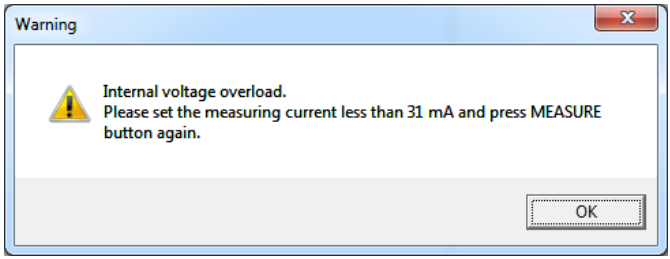
появившиееся вскоре после нажатия кнопки «Measure» означает, что либо:

- Обрыв измерительной цепи ТЭО,
- Короткое замыкание в измерительной цепи ТЭО.

Отметим, что последний случай редок на практике по опыту ООО «ПЛ Инжиниринг».

Обрыв цепь является более вероятным. В этом случае - дважды проверьте клеммы для правильного контакта с ТЭО. Повторите измерение. Если с присоединением все нормально – то появление этого сообщения указывает на неисправность ТЭО.

Внимание! *Выбор слишком высокого измерительного тока ТЭО (см. Главное окно) может привести к превышению полной шкалы используемого АЦП. Сообщение, как показано ниже, будет сгенерировано автоматически. В таком случае выберите рекомендованное значение тока и повторите попытку.*



Как упоминалось выше, прибор DX4090 может также использоваться для измерения сопротивления переменному току в охладителях с более чем двумя каскадами.

Для этого оставьте тип ТЭО невыбранным (Тип – ***Default*** в поле ***"TE Cooler Type"***).

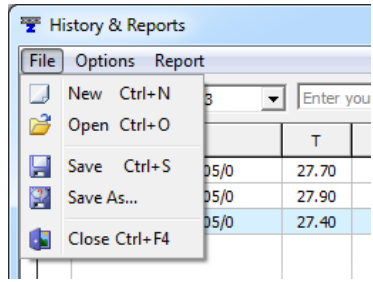
Вставьте ТЭО в прибор DX4090 и нажмите кнопку «Measure».

Внимание! *В таком случае необходимо игнорировать все результаты, кроме значения сопротивления.*

4.5. History

4.5.1. File

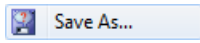
Результаты каждого измерения сохраняются в файле. Вы можете просмотреть или очистить его с помощью команды ***«File»***.



Файл истории создается в папке ***"/History"*** каталога ***"/Z-meter"*** во время каждого сеанса измерения после первого успешного измерения (***"Measuring session"*** означает период между первым успешным измерением и выходом из программы).

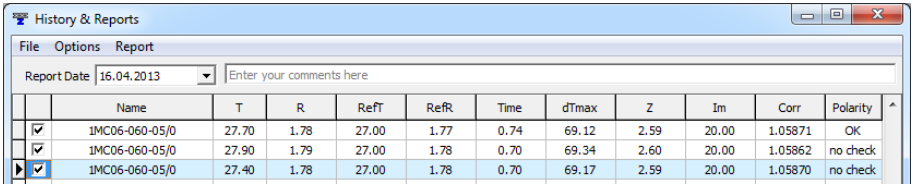
Имя файла истории имеет вид даты и времени создания файла истории. Поле ***"Comment"*** в верхней части окна ***"History"*** позволяет добавлять дополнительные комментарии к файлам истории.

Если вам нужно сохранить файл под другим именем, используйте команду «Save As».



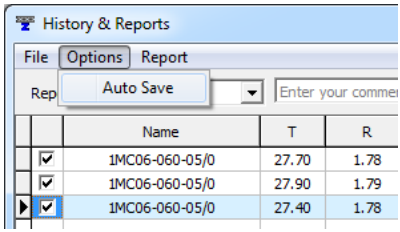
Команда " New " закрывает текущий файл истории и открывает новый без данных.

Расположение данных в окне " History " представлено ниже.



Поле ***"Chk"*** назначается для маркировки записей. Обратите внимание, что только помеченные записи будут скопированы на принтер с помощью команды ***«Print»***. Маркировка/снятие с маркировки осуществляется щелчком левой кнопкой мыши по соответствующему полю. Состояние записи по умолчанию — ***"Marked"***.

4.5.2. Options

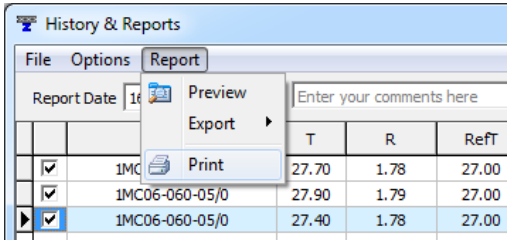


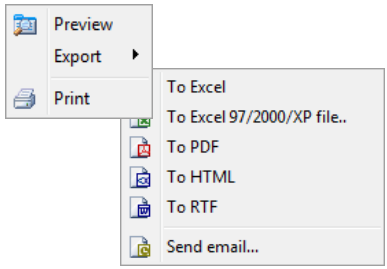
Если установлен флажок пункта меню ***"Auto Save"***, файл ***"History"*** будет сохранен автоматически.

4.5.3. Report

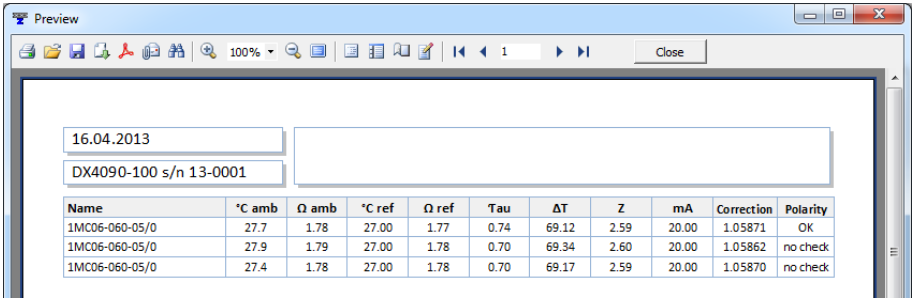
С помощью команды ***«Print»*** вы можете сделать бумажную копию файла ***«History»*** на принтере по умолчанию.

Подменю ***«Export»*** поможет вам сохранить файл ***«History»*** в различных форматах:





Пример предварительного просмотра отчета показан ниже.



Name	°C amb	Ω amb	°C ref	Ω ref	Tau	ΔT	Z	mA	Correction	Polarity
1MC06-060-05/0	27.7	1.78	27.00	1.77	0.74	69.12	2.59	20.00	1.05871	OK
1MC06-060-05/0	27.9	1.79	27.00	1.78	0.70	69.34	2.60	20.00	1.05862	no check
1MC06-060-05/0	27.4	1.78	27.00	1.78	0.70	69.17	2.59	20.00	1.05870	no check

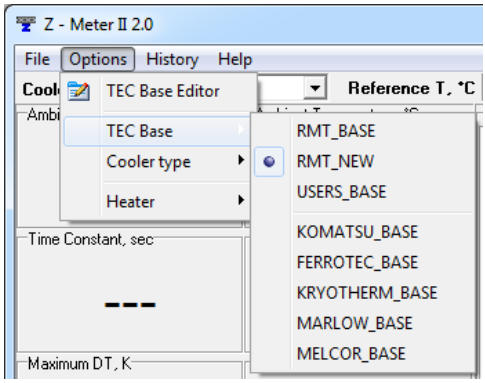
4.6. Обновление базы данных ТЭО

Если параметры ТЭО недоступны в базе данных, их можно добавить самостоятельно. Полный набор параметров состоит из:

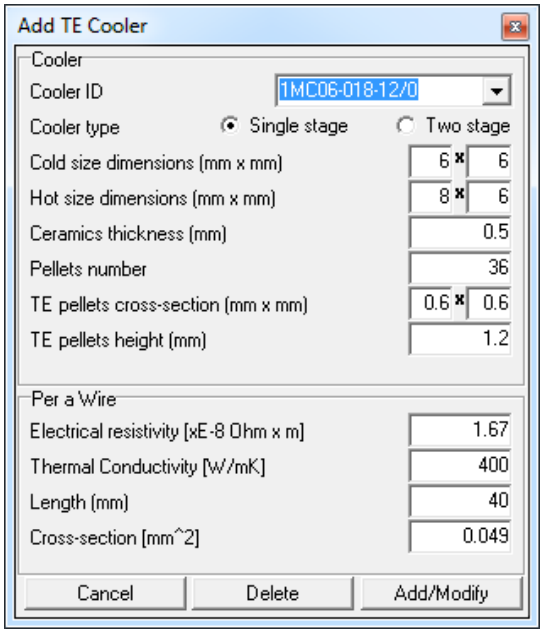
1. Размеры ТЭО - холодной и горячей сторон;
2. Количество термоэлементов (для двухкаскадных ТЭО - соотношение количества термоэлементов по каскадам);
3. Сечение термоэлементов;
4. Высота термоэлементов;
5. Материал выводных проводов,

6. Длина проводов,
7. Поперечное сечение проводов.

Выберите базу данных, которую вы хотите изменить (см. рисунок выше, только пример). Выберите команду ***""File" -> "TEC Base Editor"*** из меню ***"Main"***. Появится окно ***"Add TE cooler"***.



В окне есть два поля ввода: ***«Cooler»*** и ***«Leads»***. Все или несколько полей могут быть уже заполнены. При необходимости вводите правильные/обязательные параметры самостоятельно.



Содержимое поля ***"Cooler ID"*** не используется для расчетов. Вы можете заполнить любую информацию в этом поле.

Можно также изменить или удалить ТЭО существующий в базе данных. Для этого достаточно выбрать ТЭО, внести соответствующие изменения в данные и нажать на кнопку ***«Add/Modify»***. Чтобы удалить ТЭО из базы данных, выберите его и нажмите на кнопку ***"Delete"***.

5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

Для прибора нет никаких особых требований к обслуживанию и хранению.

Однако, если по какой-либо причине есть сомнения относительно точности измерений прибора, вы можете проверить ее при помощи измерения прецизионного резистора вместо ТЭ модуля (см. раздел 4.3 Режим измерения сопротивления).

Для этой процедуры мы рекомендуем сопротивление от 5 до 20 Ом.

Сначала прецизионный резистор измеряется с помощью цифрового измерительного прибора с точностью не менее 3 десятичных разряда.

Если различие между измеренными величинами находится в пределах 0.5%, данный Z-метр можно считать пригодным для измерений.

6. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

6.1. Измерение константы времени

Рассмотрим однокаскадный ТЭО . Обозначим температуру окружающей среды T_a. В момент времени $\tau = 0$ включается электрический ток через ТЭО . Решение дифференциальных уравнений, описывающий переход ТЭ ветви модуля в стационарное состояние, можно представить как суперпозицию экспонент:

$$\Delta T(t,x) = \sum_{i=1}^{\infty} A_n U_n(x) e^{-m_n t} + \Delta T_{st}(x) \qquad (6.1.1)$$

где

$\Delta T(t,x) = T - T_a$

T - температура на ТЭ ветви в момент времени t в точке с кординатой x,

U_n , m_n - собственные функции и числа,

A_n - тепловые амплитуды,

$\Delta T_{st}(x)$ - стационарное значение ΔT.

Анализ решения (6.1.1) показывает, что в процессе охлаждения ТЭО проходит две стадии -нерегулярную и регулярную. Первая стадия сильно зависит от начальных условий и описывается интерференцией многих экспонент. Эта фаза затухает довольно быстро. В случае, если теплопроводность ветвей ТЭ модуля достаточно высока, динамика выхода в стационарный режим характеризуется одной экспонентой, т.е.:

$$m_{min} \ll m_n \qquad (6.1.2)$$

для всех возможных индексов n.

Теория дает следующее выражение для константы времени $\tau = 1/m_{min}$ однокаскадного ТЭ модуля в регулярном режиме:

$$\tau = \frac{LC_1C_2}{(C_1 + C_2)\left(1 + \frac{L\alpha j}{k_0}\right)s_0 k_0 N} \qquad (6.1.3)$$

где

C_1 , C_2 - теплоемкости холодной и горячей подложек ТЭ модуля

α - коэффициент Зеебека ТЭ материала

k_0 - удельная теплопроводность ТЭ материала

N - число ветвей ТЭ модуля

L - высота ветви

s_0 - площадь поперечного сечения ветви

j - плотность электрического тока.

Видно, что расчет параметра τ затруднителен, т.к. значения, входящие в (6.1.3), практически никогда не известны с необходимой точностью. Прибор позволяет измерить константу времени однокаскадного ТЭ модуля и оценить константу времени многокаскадного модуля.

6.2. Результаты интерполяции

При измерении константы времени ТЭ модуля в методике реализуется следующая процедура обработки.

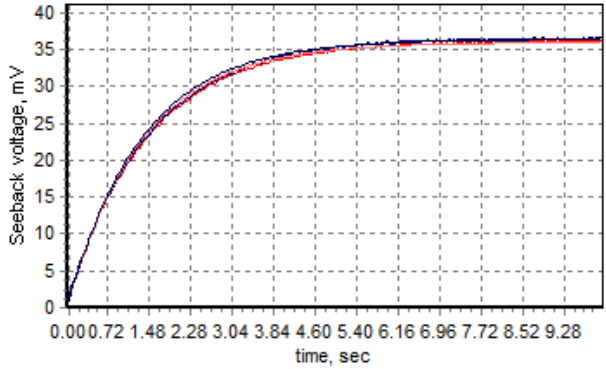
При определении зависимости от времени разности температур $\Delta T(t)$ однокаскадного ТЭ модуля измеряется временное поведение термо-ЭДС, которая является соответствующей пропорциональной величиной:

$$U_\alpha \sim \Delta T \qquad (6.2.1)$$

Для многокаскадного ТЭ модуля это простое соотношение неприменимо. Однако с помощью этой же идеи константа времени такого модуля может быть оценена.

Важно! **Постоянная времени τ ТЭО -** время, необходимое для того, чтобы при включении тока разность температур ΔT ТЭ модуля возросла от 0 до $0.63\Delta T_{st}$.

Процедура измерений проводится для той и другой полярности тока. Результат есть среднее от полученных величин. Время сбора данных и временной шаг можно варьировать.



Окно измерений временной динамики ТЭ модуля

Полученные экспериментальные данные обрабатываются с помощью функции:

$$U_\alpha(t) = U_{st_\alpha}(1 - e^{-t/\tau}) \qquad (6.2.2)$$

экспоненциальная регрессия основана на методе наименьших квадратов. Результатами обработки являются константа времени τ и величина термоЭДС U_{st_α} в стационарном режиме.

6.3. Принцип измерения Z

6.3.1. Z однокаскадного ТЭО

Из всех четырех параметров (R, Z, ΔT_{max}, τ), определяемых Z-метром, непосредственно измеряется только сопротивление АС R. Метод измерения R описан в разделе “Измерение сопротивления модуля”.

Определение Z и максимальной разности температур ΔT_{max} на ТЭ модуле осуществляется с помощью непрямого метода, который позволяет трудоемкие термофизические измерения. Подход основан на методе Хармана.

ТЭ добротность Z - один из важнейших параметров ТЭ модуля - можно упрощенно записать как:

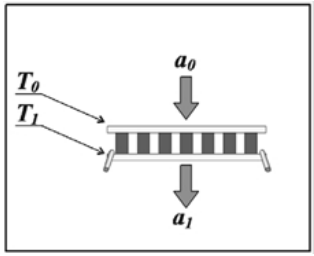
$$Z = \frac{\alpha^2}{kR} \qquad (6.3.1.1)$$

где

α − коэффициент Зеебека ТЭ материала,

R − электрическое сопротивление ветви,

k − теплопроводность ветви.



В дальнейшем, если иначе не оговорено, все величины относятся к стационарному режиму (см. главу 6.1 Измерение константы времени). Запишем балансные уравнения для однокаскадного ТЭ модуля:

$$\begin{cases} \alpha I T_0 - \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_1 - T_0) = \frac{a_0}{N}(T_a - T_0) \\ \alpha I T_1 + \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_1 - T_0) = \frac{a_1}{N}(T_2 - T_a) \end{cases} \qquad (6.3.1.2)$$

где

I - ток через модуль,

R - сопротивление ветви модуля,

T_0 - температура холодного теплоперехода модуля,

T_1 - температура горячего теплоперехода модуля,

T_a - температура окружающей среды,

N - число ветвей модуля,

a_0 - суммарный коэффициент теплоотдачи с холодного теплоперехода,

a_1 - суммарный коэффициент теплоотдачи с горячего теплоперехода.

k' - эффективное значение теплопроводности ветви модуля с учетом дополнительных тепловых потоков в зазорах между ветвями.

Пусть величины теплообмена с окружающей средой удовлетворяет условию:

$$\frac{a_0}{N} \ll k', \quad \frac{a_1}{N} \ll k' \qquad (6.3.1.3)$$

Пусть также величина тока такова, что:

$$I \ll \frac{k'}{\alpha} \qquad (6.3.1.4)$$

Внимание! *Рекомендованное значение тока измерений $I = 0.01\, I_{max}$, где I_{max} - см. спецификацию ТЭО.*

Тогда, с точностью до членов первого порядка малости по величинам (6.3.1.3) и (6.3.1.4), получаем следующее выражение для Z:

$$Z = \frac{1}{T_a}\left[\frac{U_\alpha}{U_R}\right]_{AV} \frac{(1+b_{th})(1+b_r)}{(1+b_T)} \qquad (6.3.1.5)$$

где

$U_\alpha = N\alpha(T_1 - T_0)$ - термо-ЭДС на ТЭ модуле (напряжение Зеебека)

$U_R = NIR$ - омическая составляющая напряжения на модуле.

Отношение напряжений U_α и U_R в формуле (6.3.1.5) должно быть усреднено по значениям при одном направлении тока и при противоположном (индекс AV =average), так как при этом исключаются выражения, зависящие от тока линейно, и выделяются поправочные члены b_{th}, b_r, b_T.

Величина b_{th} - поправка на дополнительный тепловой поток в зазорах между ветвями; b_r - поправка на электрическое сопротивление подводящих проводов; b_T - поправка, учитывающая неравенство средней температуры модуля и температуры окружающей среды.

Значения a_0, a_1 оцениваются с учетом естественной конвекции по воздуху и лучистого потока: $a_{0,1} = (\alpha_{conv} + \alpha_{rad})S_{0,1}$, где α_{conv}, α_{rad} - коэффициенты конвекционной и излучательной теплоотдачи, рассчитываются для каждого типа модуля, S_0 и S_1 - поверхности холодного и горячего теплопереходов ТЭ модуля.

Существенно, что формула (8.1.5) остается справедливой, если неравенства (8.1.3) модифицировать следующим образом:

$$\frac{a_0}{N} = \ll k', \quad a_0 \ll a_1 \qquad (6.3.1.6)$$

То есть, методика позволяет найти значение Z ТЭ модуля при достаточно интенсивном теплообмене с одной стороны ТЭ модуля. Поэтому Z-метр позволяет провести измерения и для полусборки ТЭО , монтированного на корпус. Тогда a_1 -тепловое сопротивление корпуса (оценивается с помощью программного обеспечения).

Измеренное значение Z однокаскадного ТЭО позволяет оценить ΔT_{max} модуля при температуре горячей стороны модуля T_1:

$$\Delta T_{max}(T_1) = T_1 - \frac{\sqrt{1-2ZT_1}-1}{Z} \qquad (6.3.1.7)$$

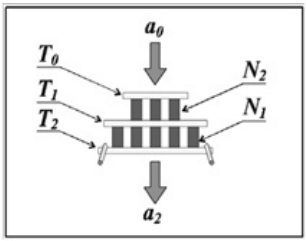
6.3.2. Z двухкаскадного ТЭО

Для двухкаскадного ТЭО величины Z может оцениваться с помощью метода Хармана и является показателем усредненного качества всех ветвей лишь при выполнении некоторых условий.

Запишем балансные уравнения для теплопереходов двухкаскадного ТЭО :

$$\begin{cases} \alpha I T_0 - \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_1 - T_0) = \frac{a_0}{N_1}(T_a - T_0) \\ \alpha I T_1 + \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_1 - T_0) + \frac{a_1}{N_1}(T_a - T_1) \\ \quad = \frac{N_2}{N_1}\left[\alpha I T_1 - \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_2 - T_1)\right] \\ \alpha I T_2 + \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_2 - T_1) = \frac{a_2}{N_2}(T_2 - T_a) \end{cases} \qquad (6.3.2.1)$$

где



$T_{0,1,2}$ - температуры теплопереходов,

T_a - температура окружающей среды,

$N_{1,2}$ - числа ветвей каскадов,

$a_{0,1,2}$ - суммарные коэффициенты теплоотдачи с поверхностей холодного, промежуточного и горячего теплопереходов, соответственно.

Допустим, что отношения коэффициента теплоотдачи a_0 и a_1 с поверхностей S_0 и S_2 к числам ветвей N_1, N_2 для холодной и горячей сторон ТЭО одинаковы:

$$\frac{a_1}{N_1} = \frac{a_2}{N_2} = a = const \qquad (6.3.2.2)$$

Запишем 1-ое и 3-е уравнения (8.2.1) как:

$$\begin{cases} \alpha I T_0 - \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_1 - T_0) = a(T_a - T_0) \\ \alpha I T_2 + \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_2 - T_1) = a(T_2 - T_a) \end{cases} \qquad (6.3.2.3)$$

Если положить величины разности температур на каскадах равными:

$$\Delta T_1 = \Delta T_2 \qquad (6.3.2.4)$$

получаем:

$$Z = \frac{1}{T_a}\left[\frac{U_\alpha}{U_R}\right]_{AV}(1 + b_{th} + b_a + b_r) \qquad (6.3.2.5)$$

Внимание! *В реальности (6.3.2.4) выполняется нестрого, и Z (6.3.2.5) – лишь условный показатель годности модуля*

Здесь b_{th} - поправка на дополнительные тепловые потоки в зазорах между ветвями; b_a - поправка на внешние тепловые потоки; b_r - поправка на электрическое сопротивление подводящих проводов. Значения a оцениваются с учетом естественной конвекции по воздуху и лучистого потока.

Усреднение отношения напряжений в формуле (6.3.2.4), хотя и

не требуется математически, осуществляется для уточнения результата по аналогии со случаем однокаскадного ТЭО .

6.4. Альтернативная поправка

Все поправки, обсужденные выше, иногда удобно свести к некоторому коэффициенту A. Тогда формулы (6.3.1.5) и (6.3.2.5) могут быть записаны:

$$Z = A\frac{1}{T_a}\left[\frac{U_\alpha}{U_R}\right]_{AV} \qquad (6.3.3.1)$$

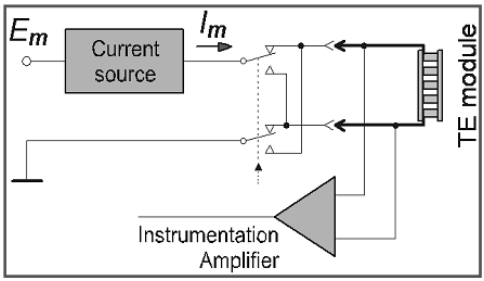
Коэффициент A может быть определен феноменологическим путем сопоставления экспериментальных данных ΔT_{max}, полученных в прямых измерениях и измерениях при помощи Z-метра.

7. СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ

7.1. Измерение сопротивления AC R

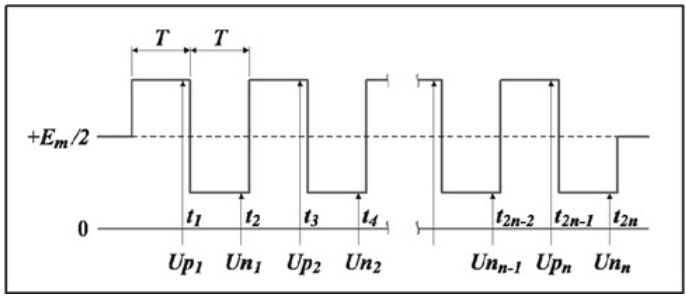
Сопротивление ТЭО AC R измеряется на переменном токе малой амплитуды. Ток формируется при помощи Коммутатора, который периодически (со скважностью 2) реверсирует направление измерительного тока I_m. Упрощенная диаграмма

Если входной сигнал отсутствует, выходное напряжение усилителя составляет $E_m/2$, где $E_m = 4.096$ В.



Упрощенная диаграмма измерения сопротивления на переменном

токе



Выходной сигнал усилителя при измерении сопротивления на переменном токе

При измерении АС R выходной сигнал усилителя измеряется 12-разрядным АЦП каждый раз перед реверсированием тока I_m. Моменты выборки на рисунке 9.1.2 помечены t_i. Значение АС R, с учетом значений напряжения на модуле при положительном токе (U_{pi}) и отрицательном токе (U_{ni}) рассчитывается по следующей формуле:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n}(U_{pi} - U_{ni})}{2I_m A_V n} \qquad (7.1.1)$$

где

A_V - коэффициент усиления усилителя;

n - полное число выборок в течение одного измерения.

Типичные значения параметров в формуле (7.1.1):

I_m = 2 мА

A_V = 5 или 50

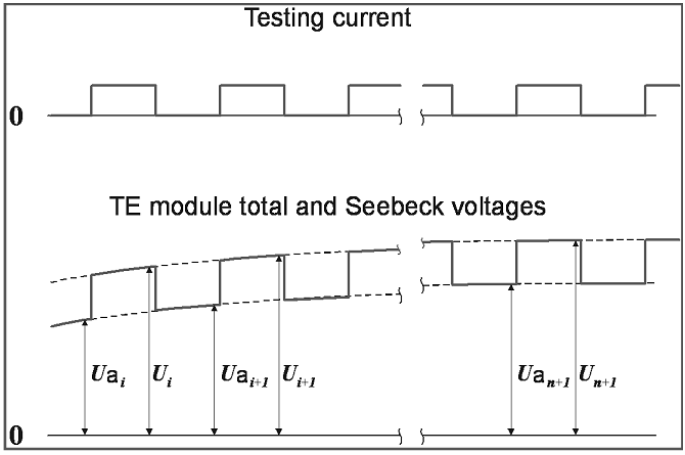
n = 50

7.2. Измерение U и U_α телеметрии

При измерении U и U_α ТЭ модуль питается малым током I_m

(скважность равна двум).

Для определения значений U и U_α необходимо провести две последовательные процедуры измерений при разных полярностях тока.



Схематическое поведение со временем измерительного тока и напряжения

7.3. Напряжения при измерении Z

Уравнения (6.3.1.5) и (6.3.2.5) содержат напряжения U_R и U_α ТЭО в стационарном режиме, то есть при времени t, когда можно считать процесс установившимся.

Напряжение U_α в уравнениях (6.3.1.5), (6.3.2.5) равно стационарному значению U_{st_α}, полученному при процедуре интерполяции (см. уравнение (6.2.2)).

Омическая составляющая напряжения U_R также измеряется в стационарном режиме, так как сопротивление ТЭО R слегка изменяется по причине незначительной эволюции средней температуры модуля. При токе $I_T = 0.01 I_{max}$ возрастание сопротивления может быть до 1÷1.5 %.

При измерении Z значение U_R есть результат усреднения по последним 10 временным точкам сеанса измерений при данном токе:

$$U_R = \frac{1}{10} \sum_{i \geq (N-10)} [U(t_i) - U_\alpha(t_i)] \quad (7.3.1)$$

Внимание! *Убедитесь, что измеряемые ТЭ модули достигли стационарного состояния. Для этого воспользуйтесь данными телеметрии (окно динамики).*

7.4. Определение полярности модуля

Для определения правильной полярности ТЭО используется процедура кратковременного нагрева нижнего теплоперехода модуля при завершении процедуры измерения напряжения на “прямой” полярности.

Измеренное среднее значение U'_α сравнивается с усредненным по последним 10 точкам измерений значением U_α:

$$U_\alpha = \frac{1}{10} \sum_{i \geq (N-10)} U_\alpha(t_i) \quad (7.4.1)$$

При правильной полярности ТЭО :

$$U'_\alpha > U_\alpha \quad (7.4.2)$$

При перепутанной полярности ТЭО :

$$U'_\alpha < U_\alpha \quad (7.4.3)$$

ООО «ПЛ Инжиниринг»

Россия 115230 Москва
Варшавское шоссе 46
мейл: info@promln.com
тел.: +7-499-678-3231
факс: +7-499-678-3258
сайт: www.promln.ru

Дистрибутор в Европе и США

TEC Microsystems GmbH
Schwarzschildstrasse 8
Berlin 12489, Germany
phone: +49-(0)30-6789-3314
fax: +49-(0)30-6789-3315
e-mail: info@tec-microsystems.com
website:www.tec-microsystems.de