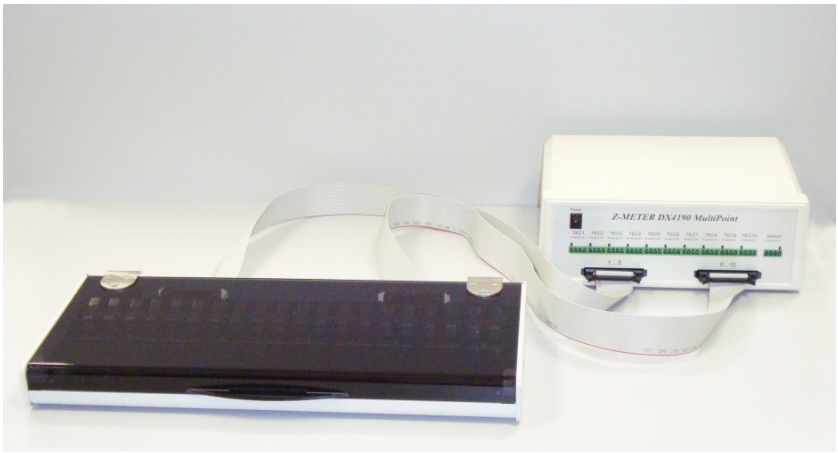
ООО ПЛ Инжиниринг

Z-METP DX4190

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ



Москва, 2017
Версия 1.12

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

1. ВВЕДЕНИЕ 7
2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 9
2.1. Спецификация 9
2.2. Комплект поставки 10
2.3. Основные особенности 11
2.4. Системные требования 11
2.5. Устройство прибора 12
3. РАБОТА С Z-МЕТРОМ 15
3.1. Подготовка к работе 15
3.2. Установка драйверов 17
3.3. Установка управляющей программы 19
3.4. Подготовка ТЭ модулей 21
3.4.1. Подключение модулей 21
4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 23
4.1. Введение 23
4.2. Главное окно программы 24
4.2.1. Меню 24
4.2.2. Строка “Reference” 27
4.2.3. Функциональные поля 28
4.3. Режим измерения сопротивления 32
4.4. Предустановки 32
4.4.1. Установка температуры 32
4.4.2. Тип ТЭ модуля 32
4.4.3. Поправки для измерений Z 33
4.4.4. Учет теплового сопротивления корпуса 34
4.5. Определение полярности модуля 35
4.6. Изменение базы данных 36
5. ИЗМЕРЕНИЯ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ 38
5.1. Подключение термостата 39
5.2. Конфигурация программы Z-Метра 39
5.3. Измерения 44

6. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ 47
6.1. Измерение константы времени 47
6.2. Результаты интерполяции 49
6.3. Принцип измерения $\boldsymbol{Z}$ 50
6.3.1. $\boldsymbol{Z}$ однокаскадного ТЭ модуля 50
6.3.2. $\boldsymbol{Z}$ двухкаскадного ТЭ модуля 54
6.4. Альтернативная поправка 55
7. ПРОЦЕССЫ ИЗМЕРЕНИЯ 56
7.1. Измерение сопротивления АС $\mathbf{R}$ 56
7.2. Измерение U и U_α телеметрии 57
7.3. Напряжения при измерении $\boldsymbol{Z}$ 58
7.4. Определение полярности модуля 59
8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ 59

1. ВВЕДЕНИЕ



Z-метр позволяет осуществлять измерения следующих параметров термоэлектрических (ТЭ) модулей (одновременное измерение максимум десяти (10) идентичных ТЭ модулей).

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

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

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

Измерения проводятся при температуре окружающей среды. Прибор позволяет пересчитывать сопротивление и

---

1 *Для термоэлектрических охладителей (ТЭО) измеренная добротность Z позволяет рассчитать качественный параметр – максимальный перепад температур ΔT_{max} обеспечиваемый ТЭО. Такой расчет справедлив только для однокаскадных ТЭО. Для многокаскадных ТЭО величина ΔT_{max} по значению строго рассчитана быть не может*

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.**

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

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

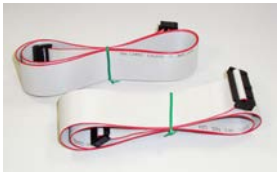
2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Спецификация

Параметры	Единицы	Значения
Электрическое сопротивление AC R		
Диапазон	Ом	0.1...100
Точность	%	0.6 (но>0.01Ом)
Повторяемость	%	0.3
ТЭ добротность Z		
Диапазон	10^{-3}/K	1...3
Точность	%	1.5
Повторяемость	%	0.4
Постоянная времени τ		
Диапазон	с	1...100
Точность	%	1.5
Повторяемость	%	1
Электропитание		
Напряжение AC	В	85...264
Частота	Гц	47...63
Напряжение DC	В	120...370
Мощность (макс)	Вт	15
Условия эксплуатации		
Диапазон температур	°C	+15...+35
Относительная влажность	%	0...95
Условия хранения		
Диапазон температур	°C	-20…+60
Относительная влажность	%	5…95
Механические параметры		
Блок измерительный		
Габаритные размеры	мм	235x180x90
Масса	кг	1.1

Параметры	Единицы	Значения
Блок испытательный		
Габаритные размеры	мм	388x180x44(210)
Масса	кг	1.6

2.2. Комплект поставки

	Блок измерительный 1 шт.
	Блок испытательный 1 шт.
	Кабель соединительный 2 шт.
	Термодатчик 1 шт.
	Зажим измерительный* 10 шт.

	Кабель питания 1 шт.
	Кабель USB 1 шт.
	* Измерительные зажимы могут быть изготовлены на основе крокодилов (Kelvin klips) различной конструкции.

2.3. Основные особенности

- Z-метр состоит из двух блоков, что позволяет использовать для подключения ТЭО как блок испытательный (входящий в комплект поставки), так и любые другие способы, обеспечивающие 4-х проводное подключение.
- Одновременное измерение до 10 однотипных ТЭО.

2.4. 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. Для ее работы необходимо:

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

2.5. Устройство прибора

Прибор состоит из двух основных частей:

- блока измерительного,
- блока испытательного.

Блок измерительный, предназначен для формирования испытательных воздействий (тока), измерения напряжений, измерения температуры, сигнализации о режиме измерения, управления световой сигнализацией блока испытательного, управление нагревателем. Измерительный блок представляет собой пластиковый корпус с размещенными на торцевых панелях разъемами для подключения и выключателем питания.

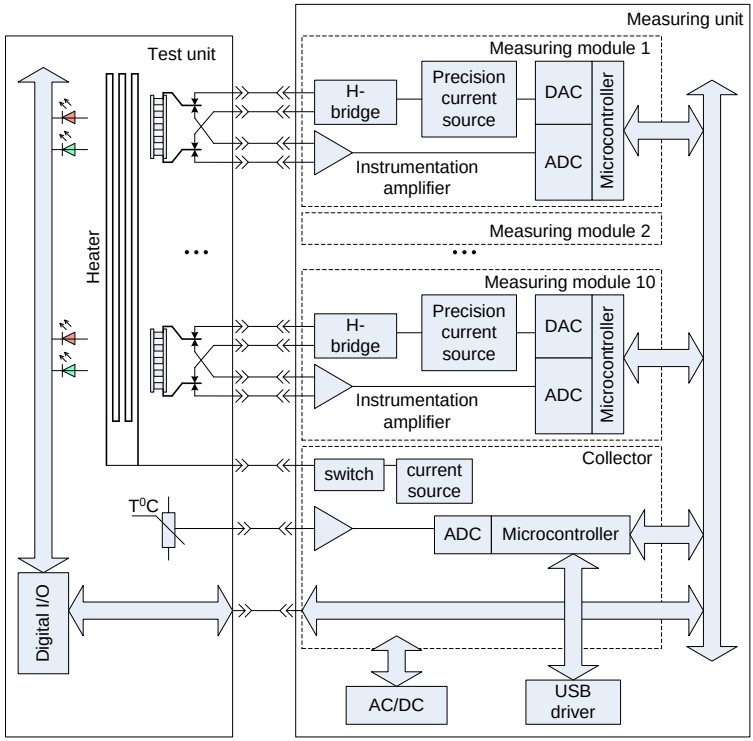


Блок испытательный представляет собой пассивный термостат, обеспечивающий неизменность температуры ТЭО во время измерений и оснащен зажимами для легкого подключения измеряемых охладителей. В нем находится термодатчик, а также светодиоды, индицирующие результаты измерений. Помимо этого в испытательном блоке находится нагреватель, обеспечивающий проверку полярности ТЭО.









Функциональная схема Z-метра

Описание процессов измерения приведены в разделе 9 Процессы измерения.

3. РАБОТА С Z-МЕТРОМ

3.1. Подготовка к работе

Убедиться, что выключатель на передней панели измерительного блока выключен. При помощи кабеля питания подать питающее напряжение на блок измерительный.





При помощи кабеля USB соединить блок измерительный и свободный порт USB компьютера.





Если предполагается пользоваться измерительными зажимами следует присоединить их к разъемам TEC1…TEC10 блока измерительного, а также присоединить термодатчик к разъему "Sensor".





Если же предполагается использовать блок испытательный - соединить плоскими соединительными кабелями соответствующие разъемы блока измерительного и блока испытательного. Над соответствующими разъемами нанесена одинаковая маркировка "1…5" и "6…10".



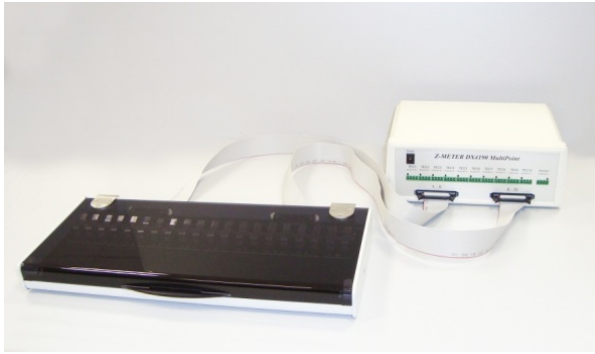












3.2. Установка драйверов

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/D2XX.htm .

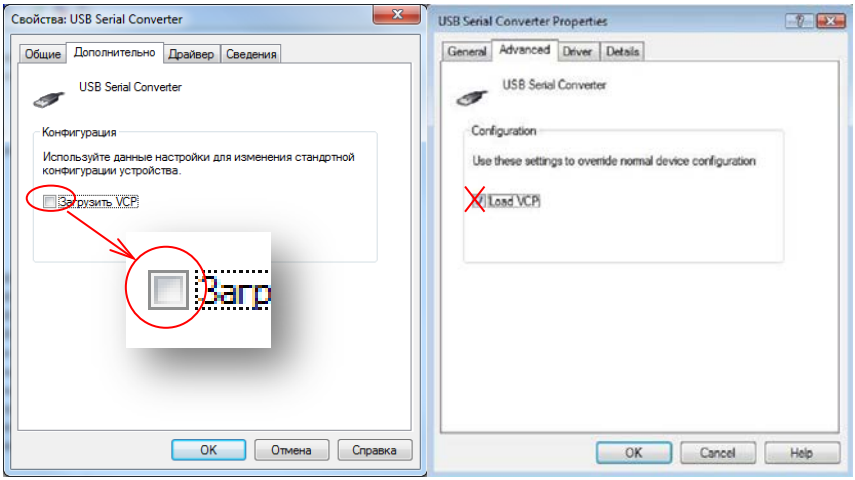
С процедурой установки под конкретную версию Windows можно ознакомиться из документов, ссылки на которые даны на странице
http://www.ftdichip.com/Support/Documents/InstallGuides.htm

После установки драйвера включить питание измерительного блока выключателем "Power", расположенным на передней панеле.



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.*



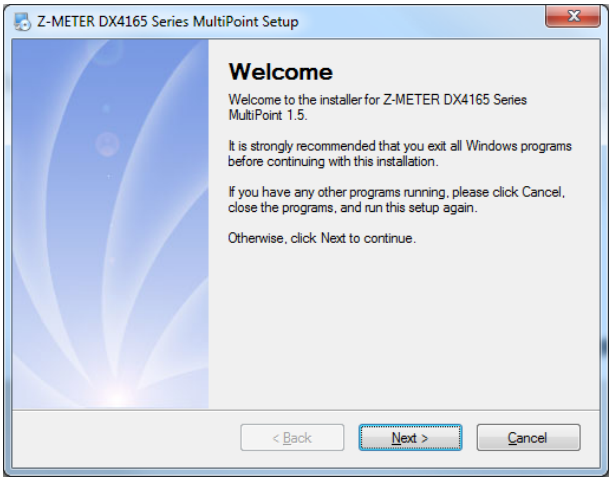
3.3. Установка управляющей программы

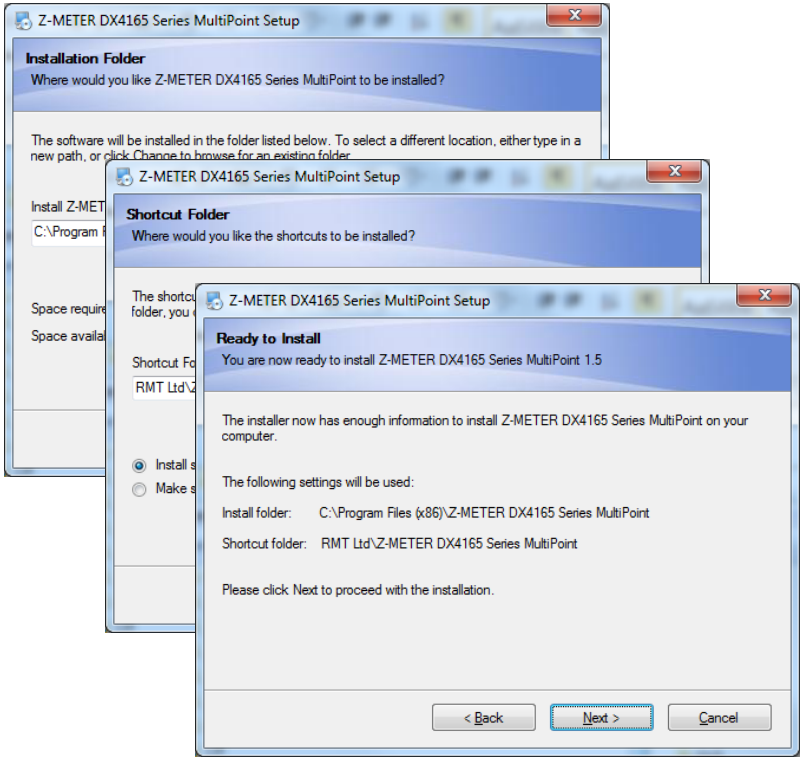
Управляющая программа распространяется в виде инсталляционного файла ZMeterXsetup.exe.

Т.к. управляющая программа предназначена для управления многопозиционными Z-метрами различных типов, в программе в качестве наименования прибора может фигурировать надпись "DX4165".

Самую новую версию программы можно взять на сайте компании PMT http://www.rmtltd.ru/downloads/ .

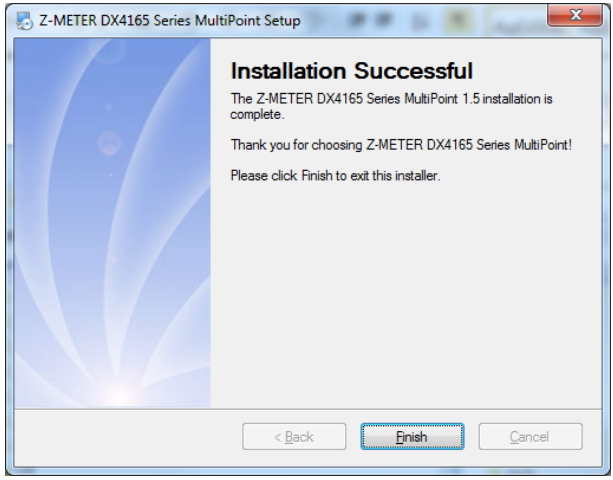
Для установки программы следует запустить указанный файл (с правами администратора) и следовать указаниям, появляющимся в процессе инсталляции.





В процессе установки будут предложены варианты размещения, которые можно изменить в соответствии с Вашими предпочтениями.

При выборе диска помните, что программа требует не менее 20 МВ. (По мере роста базы данных может понадобиться дополнительное место).



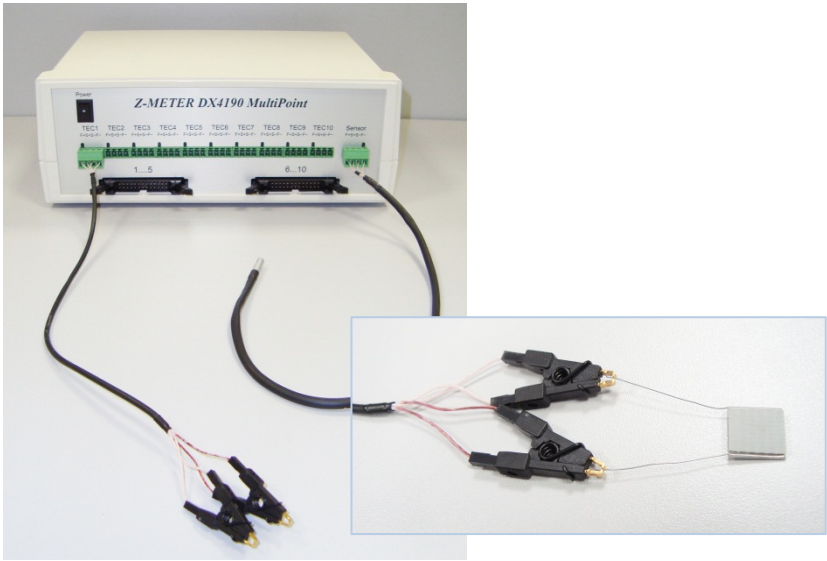
3.4. Подготовка ТЭ модулей

Прежде чем приступать к измерениям, необходимо, чтобы Z-метр и измеряемые ТЭ модули находились не менее 1 часа при комнатной температуре.

Важно! *Если Z-метр находился длительное время при низкой температуре (ниже +10°C), перед началом работы Z-метр необходимо выдержать при комнатной температуре не менее 2 часов.*

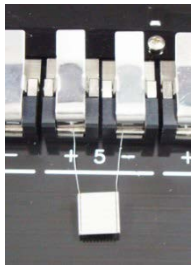
3.4.1. Подключение модулей

Если используются измерительные зажимы - подключится к ТЭО. По возможности, исключить конвекцию воздушных потоков в зоне измерения. Разместить термодатчик вблизи измеряемого модуля.



Если используется испытательный блок – открыть крышку и разместить ТЭО в соответствующих зажимах соблюдая полярность.

Закрыть крышку блока.

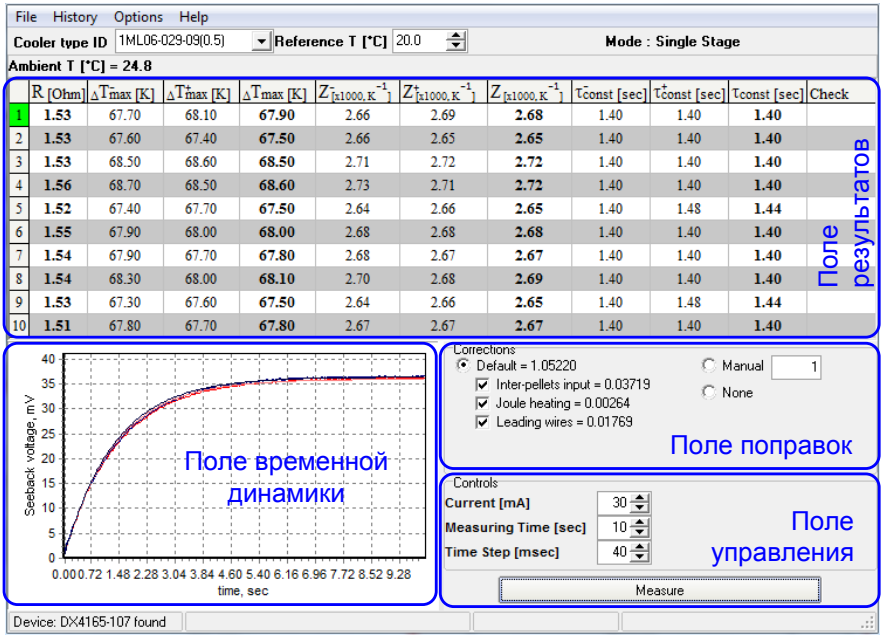


4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

4.1. Введение

Перед запуском программы прибор должен быть включен.

Запустите программу «Z-Meter». На экране должно появится главное окно.



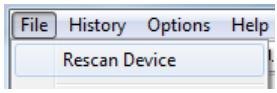
Вид и структура основного окна программы

Если устройство подключено верно и программа его обнаружила, то в строке состояния высветится ID этого прибора:



Если по какой-либо причине программе не удалось обнаружить прибор, то в строке статуса отобразится информация «Not Found»:

В этом случае убедитесь в правильном подключении прибора к сети и компьютеру. Проверьте правильность установку USB драйверов. И проведите повторное сканирования устройства (File->Rescan Device):



4.2. Главное окно программы

Основное окно программы представлено на рисунке выше. Его функциональная структура является общей для измерений с помощью Z-метра:

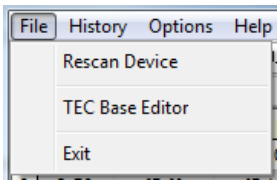
- однокаскадного ТЭ модуля,
- однокаскадного ТЭ модуля в корпусе,
- двухкаскадного модуля.

Основное окно включает следующие структурные элементы:

4.2.1. Меню

Основное меню содержит четыре подпункта.

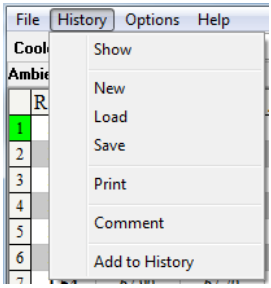
- ***«File»***



Rescan Device позволяет осуществить повторное обнаружения устройства, используется в том случае если программа не смогла определить устройство с первого раза.

TEC Base Editor вызывает подпрограмму для редактирования базы данных ТЭ модулей (см. “Database Update”).

- ***«History»***



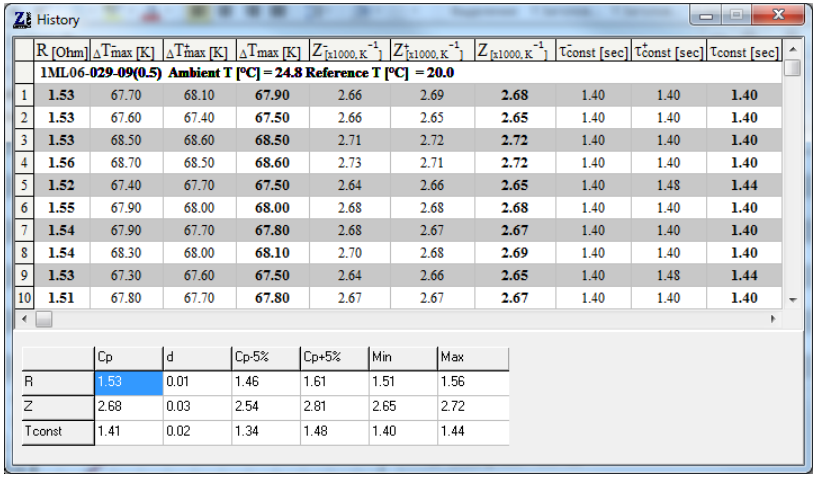
Show - показывает/скрывает окно истории.

New - создает новую историю.

Load - загружает историю из файла.

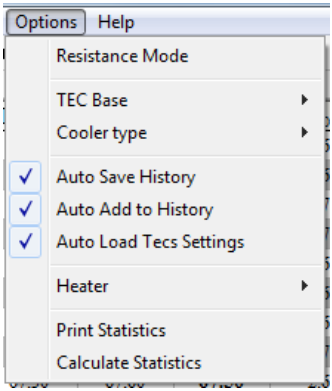
Print - позволяет распечатать историю.

Add to history - добавляет в историю измерения вручную.



Окно истории

- ***«Options»***



Resistance mode - в этом режиме происходит только измерение сопротивления охладителя.

TEC base позволяет осуществить выбор базы данных фирм, производящих ТЭ модули.

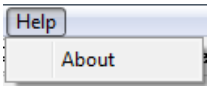
Cooler type позволяет выбрать тип измеряемого ТЭ модуля (однокаскадный; однокаскадный в корпусе; двухкаскадный).

Auto Save History автоматически сохраняет историю. По выходе из программы история автоматически сохраняется в директории \History. Имя файла формируют дата и время измерений.

Auto Add to History автоматически добавляет результаты измерения в историю.

Auto Load TECs settings автоматически загружает/сохраняет параметры измерений (ток, время измерения и частоту выдачи телеметрии) для каждого ТЭ модуля.

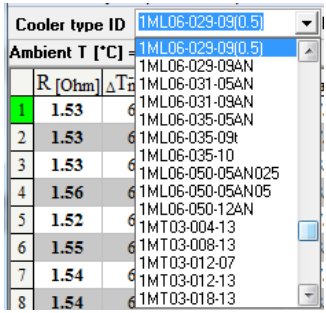
- ***«Help»*** предоставляет информацию о программе «Z-Meter».



4.2.2. Строка "Reference"

В этой строке два поля.



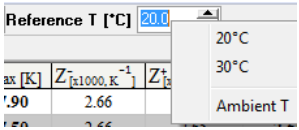


Поле «Cooler type ID» представляет список ТЭ модулей из базы данных.

Поле «Reference T» служит для установления температуры, к которой будут приведены измеренные значения R и полученное ΔT_{max}. Температура изменяется с шагом 0.1 К.

Кроме этого, можно щелкнуть по правой кнопке мыши в поле «Reference T».

Вы увидите следующий список:

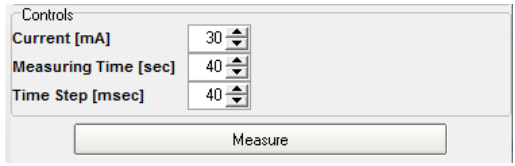


Можно выбрать одну из стандартных температур (20 или 30°C) или использовать измеряемую температуру окружающей среды $T_{ambient}$.

4.2.3. Функциональные поля

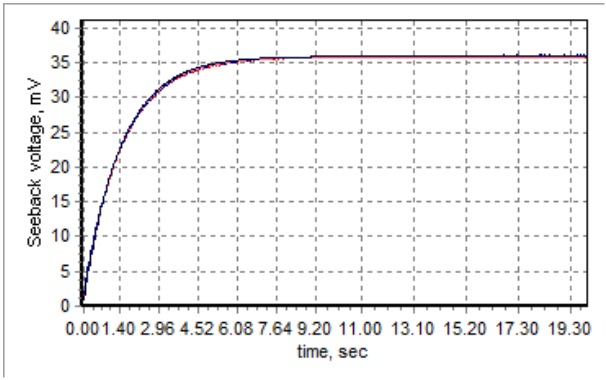
В основном окне присутствует четыре функциональных поля.

- ***«Поле управления»*** показывает следующие параметры измерений: измерительный ток, полное время измерений, шаг измерений



Кнопка «Measure» начинает измерительную процедуру.

- ***«Поле временной динамики»*** выдает картину телеметрии поведения измеренной и интерполяционной зависимостей Uα(t) для двух полярностей тока.

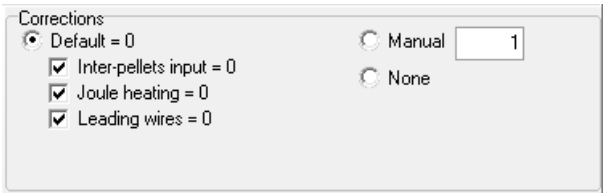


Для того, чтобы увидеть динамику $U_\alpha(t)$ для нужного ТЭ модуля, необходимо выбрать его в поле результатов. Выбранный ТЭ модуль помечается зеленым цветом.



- ***«Поле поправок»*** содержит величины расчетных поправок (см. Раздел 6.3).

  Пользователь может получить результаты с учетом или без учета поправок. В качестве альтернативы можно использовать общий поправочный коэффициент A (см. Раздел 6.4).



  Для определения значения этого коэффициента можно использовать одну из трех возможностей:

  1) Default - использование расчетных поправок (только для ТЭ модуля, полностью описанного в базе данных);

  2) Manual - использование коэффициента A, введенного пользователем вручную;

  3) None - отказ от каких-либо поправок.

- ***«Поле результатов»*** содержит результаты измерений ТЭ модулей по всем 10 каналам, как-то:

  1) Электрическое сопротивление R ТЭ модуля;

  2) Температура окружающей среды $T_{ambient}$;

  3) ТЭ добротность Z ТЭ модуля (для двух полярностей и усредненная);

  4) Максимальная разность температур ΔT_{max} ТЭ модуля (для двух полярностей и усредненная);

  5) Константа времени τ ТЭ модуля (для двух полярностей и усредненная).

Ambient T [°C] = 20

	R [Ohm]	ΔT^{-}_{max} [K]	ΔT^{+}_{max} [K]	ΔT_{max} [K]	$Z^{-}_{[x1000,K^{-1}]}$	$Z^{+}_{[x1000,K^{-1}]}$	$Z_{[x1000,K^{-1}]}$	τ^{-}_{const} [sec]	τ^{+}_{const} [sec]	τ_{const} [sec]	Check
1	**1.54**	65.90	66.30	**66.10**	2.55	2.58	**2.57**	1.40	1.40	**1.40**	
2	**1.53**	65.70	65.80	**65.70**	2.54	2.54	**2.54**	1.40	1.40	**1.40**	
3	**1.55**	66.70	66.90	**66.80**	2.60	2.61	**2.60**	1.40	1.40	**1.40**	
4	**1.56**	66.80	66.80	**66.80**	2.61	2.60	**2.61**	1.40	1.40	**1.40**	
5	**1.53**	65.70	65.80	**65.80**	2.54	2.55	**2.54**	1.40	1.48	**1.44**	
6	**1.56**	66.00	66.20	**66.10**	2.56	2.57	**2.56**	1.33	1.40	**1.37**	
7	**1.55**	65.80	65.90	**65.80**	2.55	2.55	**2.55**	1.33	1.40	**1.37**	
8	**1.55**	66.30	66.40	**66.30**	2.57	2.58	**2.58**	1.33	1.40	**1.37**	
9	**1.54**	65.60	65.60	**65.60**	2.53	2.54	**2.53**	1.40	1.40	**1.40**	
10	**1.52**	66.10	66.00	**66.00**	2.56	2.56	**2.56**	1.40	1.40	**1.40**	

При измерении ТЭ модулей может возникнуть ситуация, когда в поле результатов ячейка некоторого ТЭ модуля выделятся красной полосой. Это происходит в двух случаях:

1) В измеряемом ТЭ модуле может быть разрыв цепи. Также возможен плохой контакт в зажимах проводов ТЭ модуля (см. ТЭ модуль №3 на рисунке внизу). В этом случае проверьте контакты и проведите измерения снова.

1	**1.53**	65.80	66.20	**66.00**	2.54	2.57	**2.56**	1.40	1.40	**1.40**	
2	**1.52**	65.60	65.50	**65.50**	2.53	2.53	**2.53**	1.40	1.40	**1.40**	
3											
4	**1.56**	66.70	66.50	**66.60**	2.60	2.59	**2.59**	1.40	1.40	**1.40**	
5	**1.52**	65.60	65.60	**65.60**	2.53	2.53	**2.53**	1.48	1.48	**1.48**	

2) В мощных ТЭ модулях при большом измерительном токе может произойти перегрузка по напряжению. При этом измерительное поле будет содержать измеренное сопротивление (см. ТЭ модуль №8 на рисунке внизу).

6	**1.55**	65.70	66.10	**65.90**	2.54	2.56	**2.55**	1.33	1.40	**1.37**	
7	**1.54**	65.60	65.90	**65.80**	2.54	2.55	**2.54**	1.33	1.40	**1.37**	
8	**1.54**										

В этом случае уменьшите измерительный ток и проведите измерения снова.

4.3. Режим измерения сопротивления

Для измерения только сопротивления образца (ТЭ модуля или резистора) необходимо в меню «Options» выбрать Resistance Mode. Результаты измерений выдаются в основном окне:

	R [Ohm]	ΔT^{-}_{max} [K]	ΔT^{+}_{max} [K]	ΔT_{max} [K]	$Z^{-}_{[x1000,K^{-1}]}$	$Z^{+}_{[x1000,K^{-1}]}$	$Z_{[x1000,K^{-1}]}$	τ^{-}_{const} [sec]	τ^{+}_{const} [sec]	τcons
1	1.53									
2	1.53									
3	1.55									

4.4. Предустановки

4.4.1. Установка температуры

Параметры ТЭ модулей (R, ΔT_{max}) можно привести к определенной температуре. (См. Раздел 6.3).



Внимание! *В качестве такой температуры использует 27°C, другие производители могут использовать иные значения.*

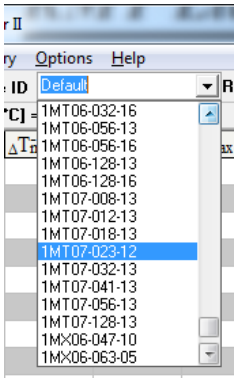
Выберите нужную температуру из предлагаемого списка «Reference T».

Если подходящего значения нет, введите его вручную.

4.4.2. Тип ТЭ модуля

Выберите тип нужного ТЭ модуля из списка «Cooler type ID». Этот список содержит модули базы данных, выбранной с помощью команды «File»-«TEC Base Editor». База данных PMT принята по умолчанию.

Если в строке базы данных какие-либо параметры на данный ТЭ модуль отсутствуют, появится такое сообщение:



Если в списке нужный ТЭ модуль отсутствует, необходимо ввести параметры ТЭ модуля в базу. (См. Раздел “Изменение базы данных”).

Внимание! *Если информации о требуемых в базе данных параметров нет, результаты измерений ТЭ модуля будут приводиться без учета расчетных поправок. В этом случае в строке “TE Cooler Type” вместо типа ТЭ модуля значится “Default”).*

4.4.3. Поправки для измерений Z

Если ТЭ модуль полностью описан в базе данных, после проведения измерений можно увидеть расчетные поправки в поле поправок. Также расчетное значение эквивалентного им коэффициента A (см. формулу 6.4.1).

Можно учесть или не учесть ту или иную расчетную поправку с помощью кнопок on/off в поле «Поправок». Полученные

результаты измерений учитывают выбранные поправки автоматически.

Список поправок для измерений Z

Символ	Описание	Комментарии
b_T	Учитывает неравенство температуры окружающей среды и средней температуры модуля	Для однокаскад-ного модуля
b_{th}	Учитывает дополнительные теплопритоки в зазорах между ветвями	Для одно-и двухкаскад-ного модуля
b_a	Учитывает внешние тепловые потоки	Для двухкаскадного модуля
b_r	Учитывает дополнительное электрическое сопротивление подводящих проводов	Для одно-и двухкаскад-ного модуля

Таким образом, пользователю предоставляется возможность либо учитывать поправки через расчетные величины и выбранные пользователем, и эквивалентный им коэффициент A (режим, установленный по умолчанию), либо предложить свое собственное значение коэффициента A, либо не использовать какие-либо поправки вовсе.

4.4.4. Учет теплового сопротивления корпуса

Для учета теплового сопротивления корпуса в опции «Измерение Z однокаскадного модуля в корпусе» необходимо ввести средние величины следующих параметров корпуса:

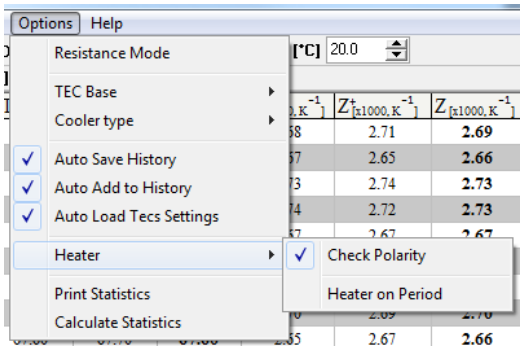
1) теплопроводность;
2) толщина;
3) площадь монтажа.

Внимание! *Температура ТЭ модуля несколько изменяется при прикосновении рук. Кроме того, обычно она слегка возрастает в процессе измерений.*

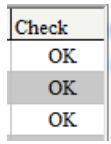
Поэтому, прежде чем повторить измерения на этом же ТЭ модуле, выдержите паузу в течение минимум трех временных констант данного ТЭ модуля. Этого времени должно быть достаточно для того, чтобы модуль пришел в тепловое равновесие с окружающей средой.

4.5. Определение полярности модуля

Для использования этой функции необходимо, установить флажок «Check Polarity» в «Option-Heater».

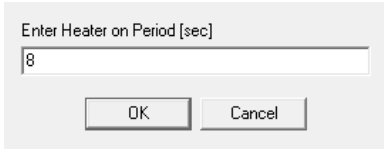


Проверка полярности будет производиться автоматически после цикла измерения на прямой полярности. Правильность полярности определяется путем сравнивания усредненных значений напряжений, до и после включения нагревателя. Информация о полярности модуля выводится по всем 10 каналам. В случае правильной полярности - «OK», в противном случае - «NOK».



Время, включения нагревателя, можно задать вручную. Для этого необходимо выбрать пункт меню «Option->Heater->Heating Period».

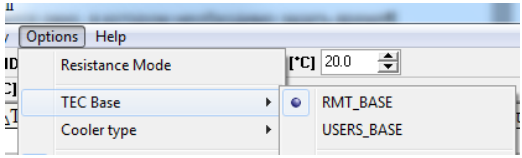
Появится окно, в котором необходимо задать время включения нагревателя (в секундах).



4.6. Изменение базы данных

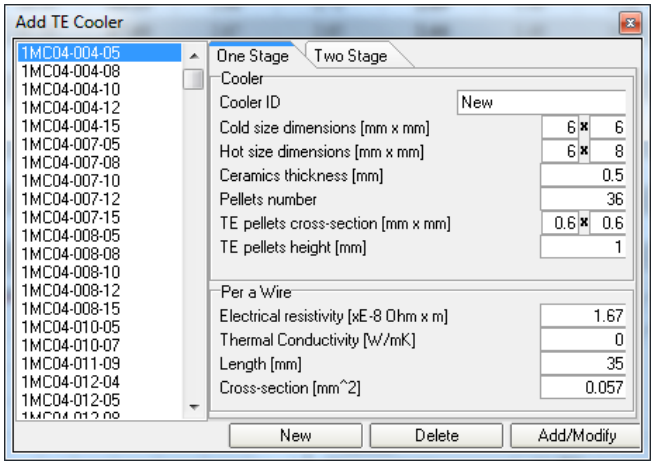
Если параметры ТЭ модуля, который необходимо измерить, отсутствуют в базе данных, вы можете их ввести сами. Для этого необходимо знать:

1) Размеры холодной и горячей сторон ТЭ модуля;
2) Число ветвей (для двухкаскадного ТЭ модуля отношение чисел ветвей на каскадах);
3) Поперечное сечение ветви;
4) Высота ветви;
5) Материал подводящих проводов;
6) Длина подводящих проводов;
7) Поперечное сечение подводящих проводов.



Выберите базу данных, которую нужно изменить (см. рисунок вверху). Затем выберите «File» - «TEC Base Editor» из основного меню. Вы увидите окно «Add TE cooler», как показано ниже.

В этом окне два логических поля: «Cooler» и «Leads», а также строка управления.



При введении нового ТЭ модуля, нажмите кнопку «New» в строке управления. Введите необходимые параметры и нажмите кнопку «Add/Modify».

Вы также можете изменить параметры существующего ТЭ модуля. Для этого выберете нужный ТЭ модуль, сделайте необходимые измерения и нажмите кнопку «Add/Modify».

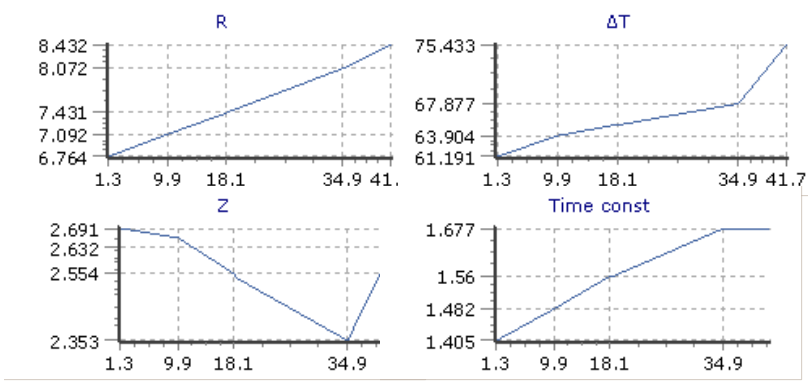
Для удаления существующего ТЭ модуля из базы данных, нажмите кнопку «Delete».

5. ИЗМЕРЕНИЯ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ

Использование Z-метра DX4190 совместно с термостатом DX2100 позволяет снять зависимость измеряемых параметров от температуры. А именно $R = f(T°C)$; $Z = f(T°C)$; $\Delta T = f(T°C)$; $\tau = f(T°C)$. При этом должна использоваться специальная крышка термокамеры термостата.

Внимание! *Термостат DX2100 не входит в стандартный комплект поставки Z-метра DX4190. Его необходимо приобретать отдельно.*

Проведение измерений термоэлектрических модулей при различных температурах окружающей среды, позволяет получить температурные зависимости вида:



Для задания и поддержания необходимых температур используется термостат DX2100.

Процесс измерений автоматизирован и описан ниже.

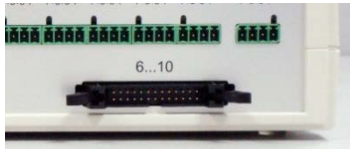
Для подключения к компьютеру необходимо наличие двух свободных портов USB.

5.1. Подключение термостата

1. Термостат необходимо подключить к компьютеру с помощью стандартного кабеля USB.



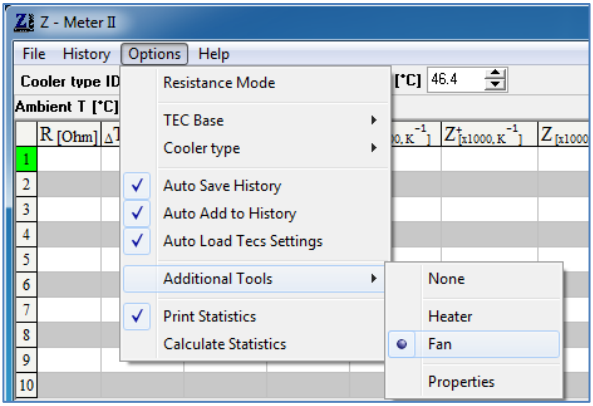
2. Необходимо использовать крышку камеры термостата с зондами для подключения к Z-Метру:
3. Шлейф от крышки необходимо подключить к разъему Z-Метра, с каналами **6…10**.



4. Включить питание Z-Метра и Термостата

5.2. Конфигурация программы Z-Метра

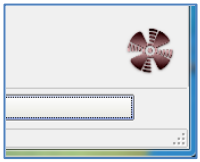
1. Включить в меню **«Options»-«Additional Tools»** пункт **«Fan»**



В крышке термостата установлен вентилятор,. Для его задействования и служит данная опция.

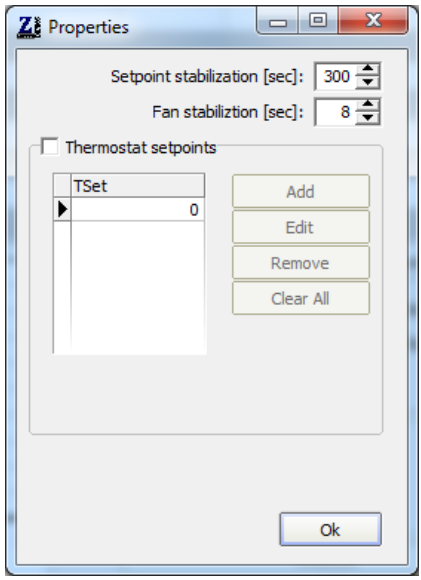
Во время выхода термостата на уставку, внутри камеры (в крышке) работает вентилятор, управляемый Z-Метром DX4190, обеспечивающий повышенную конвекцию и выравнивание поля температур. Перед началом измерения термоэлектрических модулей вентилятор выключается.

"FAN stabilization" - время, которое программа выждет после выключения вентилятора, до начала измерений. По умолчанию 8 секунд.



Рекомендуется выбирать параметр стабилизации на уставке не менее 300 секунд (**"Setpoint stabilization"**).

2. Вызвать окно настроек через меню **«Options»-«Additional Tools»- «Properties»** или нажав на пиктограмму вентилятора в нижней правой части главного окна программы:



Установить необходимые значения времени стабилизации:

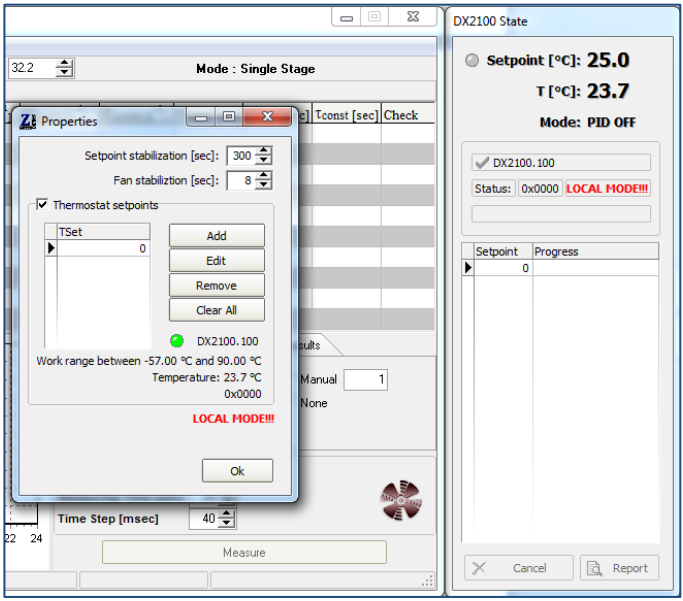
«Setpoint stabilization» это время, которое необходимо выждать после выхода термостата на уставку до начала измерений. Выдержка этого интервала времени обеспечивает минимальные колебания температуры воздуха внутри камеры после начала измерений.

«Fan stabilization» - время, которое необходимо выждать после выключения вентилятора, расположенного в камере (в крышке) термостата, перед началом измерений;

Значения по умолчанию представлены на рисунке.

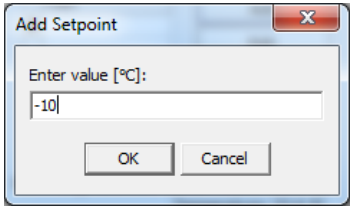
3. Установить галку **«Thermostat setpoints»**. Программа попытается установить связь с термостатом **DX2100**, в

результате откроется дополнительное окно состояния термостата и в окне **«Properties»** отобразятся текущие значения диапазона температур, состояние, температура и режим работы:



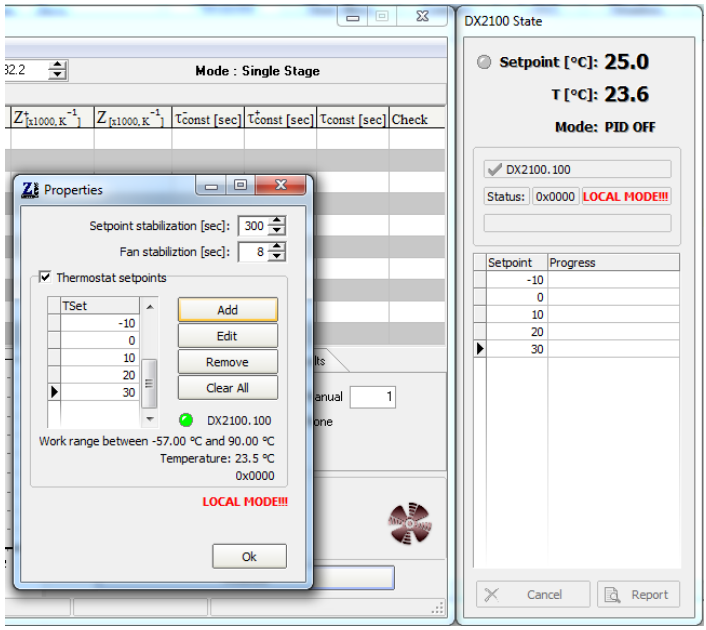
Добавление и редактирование ряда температур, на которых предполагается произвести измерения производится при помощи кнопок "Add", "Edit", "Remove" и "Clear All".

Добавляем необходимые точки измерений:

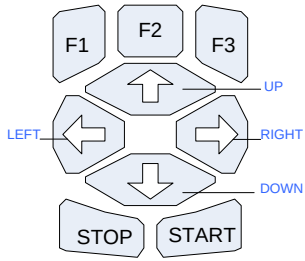


Если термостат находится в локальном режиме, то после нажатия на кнопку **«Ok»**, будет выдано предупреждение:



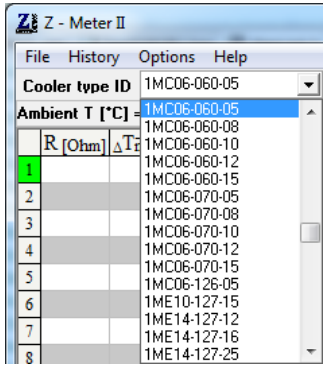


Для перевода термостата в режим работы под управлением ПК, на панели управления DX2100 нажать функциональную клавишу **«F2»**:

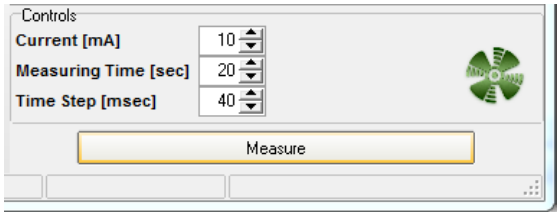


5.3. Измерения

Выбрать соответствующий тип модулей и при необходимости откорректировать параметры измерения (ток, время измерения и период телеметрии):

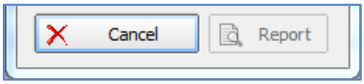


Нажать кнопку **«Measure»**:



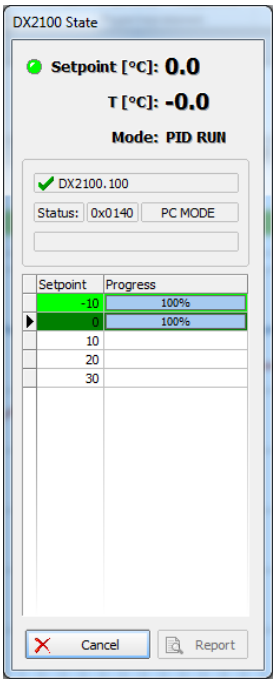
Термостат начнет регулирование:

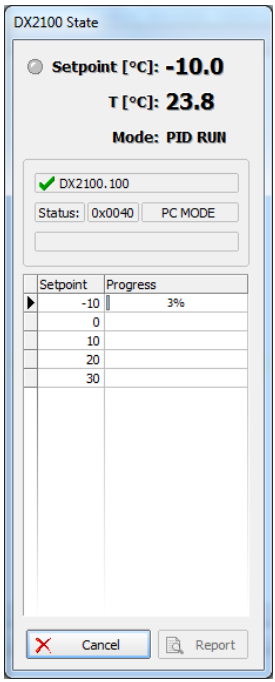
- От нижней уставки
- Индикация отображена в поле «Progress»
- При достижении уставки будут проводится измерения ТЭО
- Весь цикл измерений пройдет в автоматическом режиме
- При необходимости измерения можно прервать:

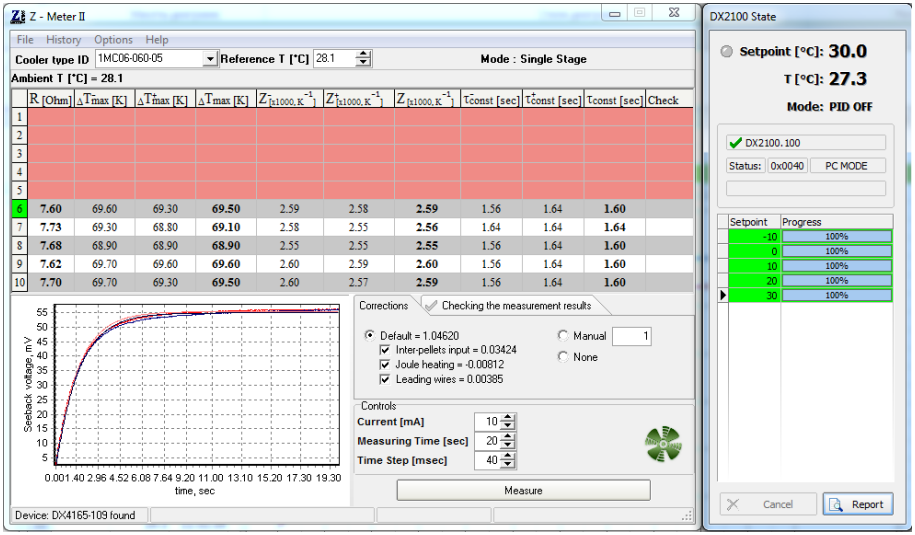


Далее пройдет цикл измерений. Весь процесс измерений отображается на экране следующим образом:

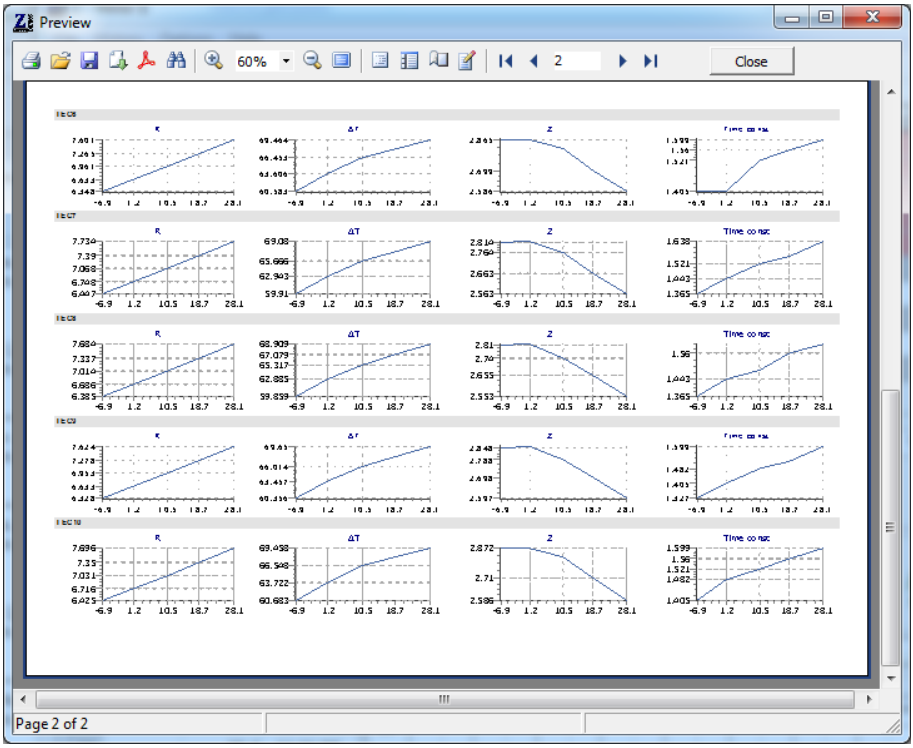
- «Progress» - отображает состояние выхода на уставку,
- Темно зеленым цветом выделена строка в момент измерений Z-метрии,
- Светло зеленым цветом выделены строки, на которых измерения уже проведены.


DX2100 State
Setpoint [°C]: 0.0
T [°C]: -0.0
Mode: PID RUN
DX2100.100
Status: 0x0140 PC MODE
Setpoint Progress
-10 100%
0 100%
10
20
30
Cancel
Report


DX2100 State
Setpoint [°C]: -10.0
T [°C]: 23.8
Mode: PID RUN
DX2100.100
Status: 0x0040 PC MODE
Setpoint Progress
-10 3%
0
10
20
30
Cancel
Report


Z - Meter II
File History Options Help
Cooler type ID 1MC06-060-05
Reference T [°C] 28.1
Mode : Single Stage
Ambient T [°C] = 28.1
R [Ohm] ΔTmax [K] ΔTmax [K] ΔTmax [K] Z [1000,K-1] Z [1000,K-1] Z [1000,K-1] τconst [sec] τconst [sec] τconst [sec] Check
6 7.60 69.60 69.30 69.50 2.59 2.58 2.59 1.56 1.64 1.60
7 7.73 69.30 68.80 69.10 2.58 2.55 2.56 1.64 1.64 1.64
8 7.68 68.90 68.90 68.90 2.55 2.55 2.55 1.56 1.64 1.60
9 7.62 69.70 69.60 69.60 2.60 2.59 2.60 1.56 1.64 1.60
10 7.70 69.70 69.30 69.50 2.60 2.57 2.59 1.56 1.64 1.60
Seebeck voltage, mV
time, sec
Corrections
Checking the measurement results
Default = 1.04620
Inter-pellets input = 0.03424
Joule heating = -0.00812
Leading wires = 0.00395
Manual
None
Controls
Current [mA] 10
Measuring Time [sec] 20
Time Step [msec] 40
Measure
Device: DX4165-109 found
DX2100 State
Setpoint [°C]: 30.0
T [°C]: 27.3
Mode: PID OFF
DX2100.100
Status: 0x0040 PC MODE
Setpoint Progress
-10 100%
0 100%
10 100%
20 100%
30 100%
Cancel
Report

После окончания измерений можно посмотреть результаты нажав на кнопку **«Report»**:



Сформированный отчет может быть сохранен, экспортирован в различные форматы или распечатан.

6. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

6.1. Измерение константы времени

Рассмотрим однокаскадный ТЭ модуль. Обозначим температуру окружающей среды T_a. В момент времени $\tau = 0$ включается

электрический ток через ТЭ модуль. 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 ТЭ модуль 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:

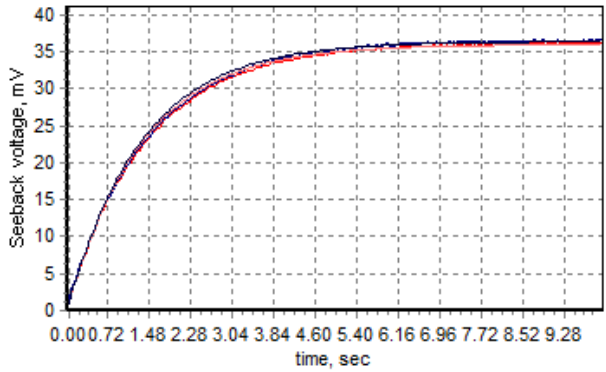
$$U_\alpha \sim \Delta T \qquad (6.2.1)$$

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 ТЭ модуля - 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 ТЭ модуля

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:

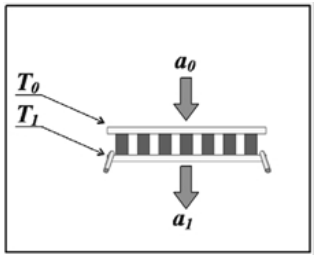
$$Z = \frac{\alpha^2}{kR} \qquad (6.3.1.1)$$

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 ТЭ модуля.*

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 ТЭ модуля, монтированного на корпус. Тогда a_1 - тепловое сопротивление корпуса (оценивается с помощью программного обеспечения).

Измеренное значение Z однокаскадного ТЭ модуля 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 ТЭ модуля

Для двухкаскадного ТЭ модуля 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 ТЭ модуля:

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

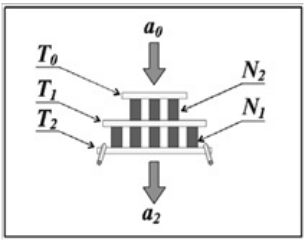
где

$T_{0,1,2}$ - 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 ТЭ модуля 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:

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

Если положить величины разности температур на каскадах равными:

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

получаем:

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



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 ТЭ модуля.

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:

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

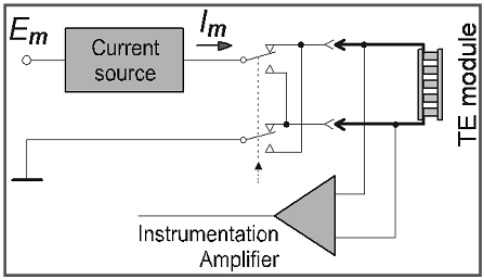
Коэффициент A может быть определен феноменологическим путем сопоставления экспериментальных данных ΔT_{max}, полученных в прямых измерениях и измерениях при помощи Z-метра.

7. ПРОЦЕССЫ ИЗМЕРЕНИЯ

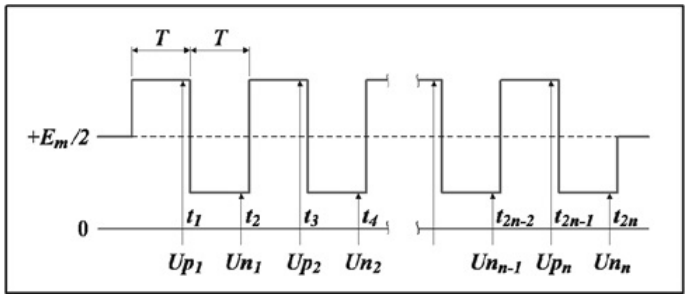
7.1. Измерение сопротивления AC R

Сопротивление ТЭ модуля 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

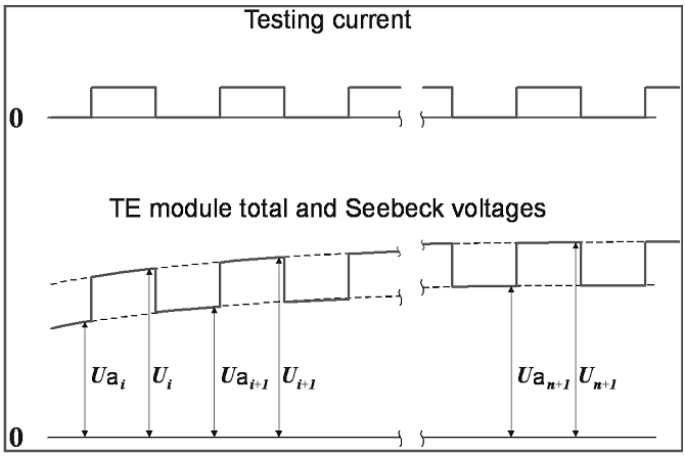
A_V = 5 или 50

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 ТЭ модуля 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 ТЭ модуля 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 ТЭ модуля 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 ТЭ модуля:

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

При перепутанной полярности ТЭ модуля:

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

8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

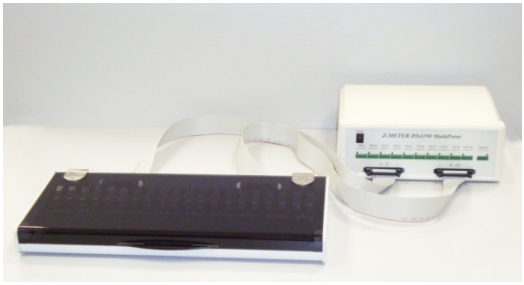
Для прибора нет никаких особых требований к обслуживанию и хранению.

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.



ООО «Промлегион»

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