

ЗАО “РМТ”

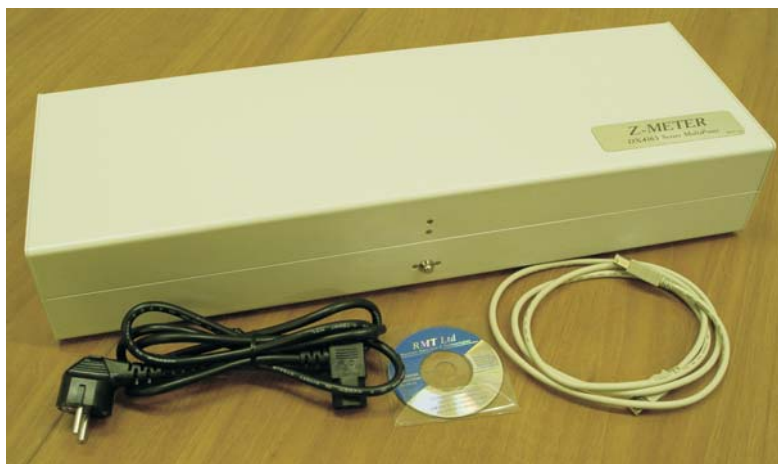
Закрытое Акционерное Общество

10-позиционный Z-Метр

Прибор для измерения
параметров ТЭ модулей

Серия DX4165

Руководство по эксплуатации



2003

Издание – сентябрь 2003

Авторские права

Все права защищены. Воспроизведение каким–либо образом целиком или частично без письменного разрешения RMT Ltd строго запрещается.

Содержащаяся в данном документе информация может изменяться без предупреждения.

Ограниченная гарантия

ЗАО PMT гарантирует, что при установке должным образом и правильном использовании Z–метр DX4165 будет лишен материальных и качественных дефектов и будет в достаточной мере соответствовать доступной широкому кругу спецификации PMT в течение одного (1) года со дня покупки Z–метра DX4165.

Если во время гарантийного периода Z–метр DX4165, для которого справедлива эта ограниченная гарантия, выйдет из строя по причинам, которые охватывает эта ограниченная гарантия, PMT обязуется:

ОТРЕМОНТИРОВАТЬ Z–метр DX4165; **ИЛИ**

ЗАМЕНИТЬ Z–метр DX4165 другим Z–метром DX4165.

Все торговые марки являются собственностью своих

RMT Ltd. 119991 Россия, Москва, Ленинский просп. 53
тел: 095–132–6817 факс: 095–132–5870
e–mail: rmtcom@dol.ru <http://www.rmtltd.ru>

Содержание

1. Введение	1–1
2. Принцип измерения константы времени	2–1
2.1. Теоретические основы	2–1
2.2. Результаты интерполяции	2–3
3. Принцип измерения Z	3–1
3.1. Z однокаскадного ТЭ модуля	3–1
3.2. Величины Z и ΔT_{\max} однокаскадного ТЭ модуля	3–6
3.3. Z ТЭ модуля, смонтированного на корпусе	3–8
3.4. Z двухкаскадного ТЭ модуля	3–10
3.5. Альтернативная поправка	3–13
4. Описание устройства и функций	4–1
4.1. Устройство прибора DX4065	4–1
4.2. Измерение сопротивления AC R	4–2
4.3. Измерение U и U_{α}	4–4
4.4. Напряжения для измерения Z ТЭ модуля	4–5
5. Работа с Z-метром DX4165	5–1
5.1. Подготовка устройства к работе	5–1
5.2. Установка драйверов USB	5–2
5.3. Системные требования	5–5
5.4. Установка программы	5–5
5.5. Подготовка прибора к работе	5–7
5.6. Основное окно программы	5–12
5.6.1. Меню	5–12
5.6.2. Строка “reference”	5–15
5.6.3. Функциональные поля	5–16
5.7. Режим измерения сопротивления	5–20
5.8. Измерение Z однокаскадного ТЭ модуля	5–20
5.8.1. Установка температуры	5–20
5.8.2. Тип ТЭ модуля	5–20

... содержание

5.8.3. Поле поправок	5–22
5.9.Измерение Z однокаскадного ТЭ модуля в корпусе	5–24
5.10. Измерение Z двухкаскадного ТЭ модуля	5–24
5.11. Изменение базы данных	5–25
6. Техническое обслуживание и хранение	6–1
7. Стандартная комплектация	7–1
8. Спецификация прибора DX4165	8–1

1. Введение

Z–метр DX4165 позволяет осуществлять измерения следующих параметров термоэлектрических (ТЭ) модулей (одновременное измерение, максимум, десяти (10) идентичных ТЭ модулей).

- **Сопротивление АС (R)**
- **Термоэлектрическую добротность (Z)**
- **Максимальную разность температур (ΔT_{max})**
- **Константу времени**

Используя Z–метр DX4165, можно проводить измерения различных типов одно– и двухкаскадных ТЭ модулей.

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

Хотя измерения проводятся при температуре окружающей среды, прибор DX4165 позволяет пересчитывать сопротивление и максимальную разность температур к другому значению температуры (+20°C и др. из предоставляемого программой ряда).

Z–метр DX4165 управляется при помощи любого компьютера, совместимого с IBM, под управлением операционной системы 98/2000/XP.

2. Принцип измерения константы времени

2.1. Теоретические основы

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

$$\Delta T(t) = \sum_{i=1}^{\infty} (A_n U_n) e^{-m_n t} + \Delta T_{st} \quad (2.1)$$

где

$\Delta T(t)$ – разность температур на ТЭ модуле в зависимости от времени,

U_n и m_n – собственные функции и числа,

A_n – тепловые амплитуды,

ΔT_{st} – разность температур на ТЭ модуле в стационарном режиме.

При анализе решения (2.1) можно показать, 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.:

$$m_{min} \ll m_n \quad (2.2)$$

Для всех возможных индексов n .

Теория дает следующее выражение для константы времени однокаскадного ТЭ модуля в регулярном режиме:

$$\tau = \frac{C_0 C_1 L}{(C_0 + C_1) \left(1 + \frac{L \alpha j}{\kappa} \right) s \kappa N} \quad (2.3)$$

Где

- C_0, C_1 – теплоемкости холодной и горячей подложек ТЭ модуля,
- α – коэффициент Зеебека ТЭ материала,
- κ – удельная теплопроводность ТЭ материала,
- N – число ветвей ТЭ модуля,
- L – высота ветви,
- s – площадь поперечного сечения ветви,
- j – плотность электрического тока.

Как видно из выражения (2.3), расчет параметра τ затруднителен, т.к. значения, входящие в (2.3), практически никогда не известны с необходимой точностью. Прибор DX4165 позволяет измерить константу времени однокаскадного ТЭ модуля и оценить константу времени многокаскадного модуля.

2.2. 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 пропорциональной величиной:

$$U_{\alpha} \sim \Delta T \quad (2.4)$$

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

Процедура измерений проводится для той и другой полярности тока. Результат есть среднее от полученных величин. Время сбора данных и временной шаг можно варьировать. Соответствующее окно программы DX4165 представлено на рисунке 2.1.

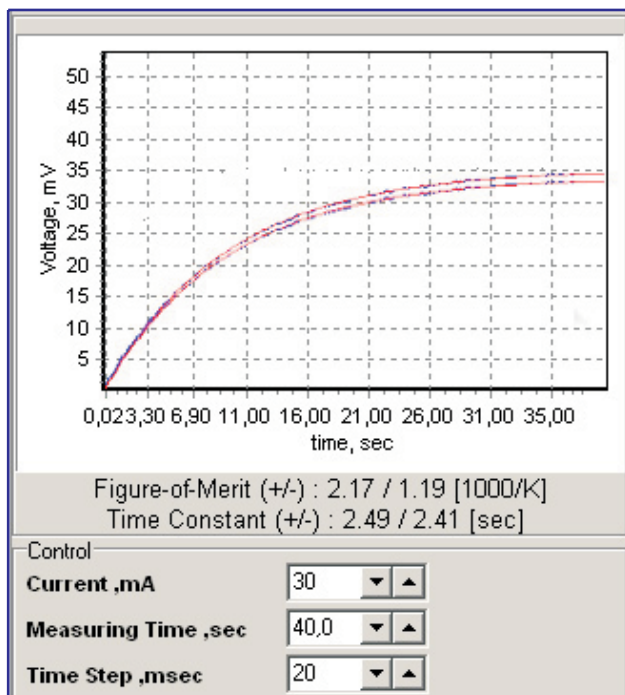


Рисунок 2.1 – Окно измерений временной динамики ТЭ модуля (программа DX4165)

Полученные экспериментальные данные обрабатываются с помощью функции:

$$U_{\alpha}(t) = Ust_{\alpha}(1 - e^{-t/\tau}) \quad (2.5)$$

Экспоненциальная регрессия основана на методе наименьших квадратов. Результатами обработки являются константа времени τ и величина термо-ЭДС Ust_{α} в стационарном режиме.

3. Принцип измерения Z

3.1. Однокаскадный ТЭ модуль

Из всех четырех параметров (R , Z , ΔT_{max} , τ), определяемых Z-метром DX4165, непосредственно измеряется только сопротивление АС R . Метод измерения R описан в главе 4, в разделе “Измерение сопротивления (АС) 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:

$$Z = \frac{\alpha^2}{kR} \quad (3.1)$$

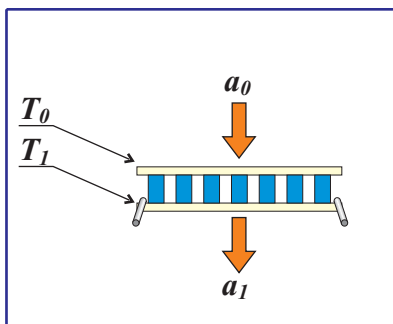
где

α - коэффициент Зеебека ТЭ материала,

k - теплопроводность одной ветви,

R - электрическое сопротивление ветви.

Далее, если иначе не оговорено, все величины относятся к стационарному режиму (см. главу 2). Запишем балансные уравнения для однокаскадного ТЭ модуля:



$$\begin{cases} \alpha I T_0 - \frac{1}{2} I^2 R - k' \Delta T = \frac{a_0 (T_a - T_0)}{N} \\ \alpha I T_1 + \frac{1}{2} I^2 R - k' \Delta T = \frac{a_1 (T_1 - T_a)}{N} \end{cases} \quad (3.2)$$

Где

T_0 - температура холодной стороны ТЭ модуля,

T_1 - температура горячей стороны ТЭ модуля,

$\Delta T = T_1 - T_0$,

T_a - температура окружающей среды,

I - электрический ток через ТЭ модуль,

N - число ветвей ТЭ модуля,

a_0, a_1 - полные коэффициенты теплоотдачи с холодной и горячей сторон ТЭ модуля,

k' - эффективная теплопроводность ветви ТЭ модуля

Величина k' описывает теплопроводность между холодной и горячей сторонами ТЭ модуля, нормализованную на одну ветвь, с учетом воздуха в зазорах между ветвями:

$$k' = k(1 + b_{th}) \quad (3.3)$$

$$b_{th} = B_{cond} + B_{rad} \quad (3.4)$$

Величины B_{cond} и B_{rad} - поправки на теплопроводность воздуха и излучение между ветвями, соответственно:

$$B_{cond} = \frac{\kappa_{air}}{\kappa} \left(\frac{1}{\beta} - 1 \right) \quad (3.4a)$$

Здесь коэффициент заполнения ветвей:

$$\beta = \frac{Ns}{S}$$

где

s - площадь поперечного сечения ветви,

S - площадь поперечного сечения холодной стороны.

$$B_{rad} = \gamma \frac{S}{Nk} \sigma T_a^3 (1 - \beta) \quad (3.4b)$$

где

σ - константа Стефана – Больцмана,

γ - коэффициент излучения внутренней поверхности подложек .

Если теплообмен с окружающей средой удовлетворяет условию:

$$\frac{a_i}{N} \ll k', \quad (3.5)$$

а ток:

$$I \ll \frac{k'}{\alpha}, \quad (3.6)$$

имеем:

$$\frac{U_\alpha}{U_R} = Z' \left(T_a + \frac{I^2 RN}{a_0 + a_1} \right) + \frac{(a_0 - a_1) I \alpha}{2k'(a_0 + a_1)} \quad (3.7)$$

Здесь

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

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

$$Z' = \frac{\alpha^2}{k' R}$$

Уравнение (3.7) содержит температуру окружающей среды T_a в явном виде, что имеет строгое математическое обоснование и учитывает автоматически неравенство:

$$\frac{U_\alpha}{U_R} \neq Z' T_a$$

При слепом использовании температуры T_a в формуле Хармана, совершаемое приближение остается неоправданным.

Рассмотрим уравнение для Z (3.7).

Второе слагаемое в (3.7) есть некоторая поправка. Замечательным является то, что эта поправка зависит от тока линейно. Следовательно, суммируя выражения (3.7), соответствующие разным полярностям тока, получаем:

$$\left(\frac{U_{\alpha}}{U_R}\right)_{+} + \left(\frac{U_{\alpha}}{U_R}\right)_{-} = 2Z' \left(T_a + \frac{I^2 RN}{a_1 + a_2} \right) \quad (3.8)$$

То есть, удалось решить задачу, исключив одну из поправок. При этом величина $Z (= \alpha^2/kR)$ может быть представлена в виде:

$$Z = \frac{1}{T_a (1 + b_T)} \left\{ \left[\frac{U_{\alpha}}{U_R} \right]_{averaged} (1 + b_{th})(1 + b_r) \right\}, \quad (3.9)$$

где

$$b_T = \frac{1}{T_a} \frac{I^2 RN}{a_0 + a_1} \quad (3.9a)$$

Поправка к величине температуры окружающей среды, возникающая по причине Джоулева тепла (в терминологии программы – “Joule Heating” Correction)

$$b_{th} = B_{cond} + B_{rad} \quad (3.9b)$$

П о п р а в к а к теплопроводности ветви, о п и с ы в а ю щ а я дополнительный поток в зазорах между ветвями (см. формулу (3.2)). В терминологии программы – “Inter-Pellets Input” correction)

$$b_r = \frac{2r}{R_{TEC}} \quad (3.9c)$$

Поправка на сопротивление подводящих проводов (в терминологии программы “Leading Wires” Correction)

Здесь $R_{TEC} = NR$ (R – сопротивление одной ветви, N – число ветвей ТЭ модуля; r – сопротивление подводящего провода)

Полное падение омической составляющей напряжения U_R есть сумма падения напряжения U_{TEC} на модуле и дополнительного падения напряжения на проводах, то есть:

$$U'_R = I(R_{TEC} + 2r) = I R_{TEC} (1 + b_r) \quad (3.10)$$

$$U_R = \frac{U'_R}{(1 + b_r)} \quad (3.11)$$

С помощью сформулированных поправочных факторов удастся учесть нагревание ТЭ модуля благодаря Джоулеву теплу, влияние окружающей среды и излучения, а также сопротивление подводящих проводов.

3.2. Величины Z и ΔT_{max} однокаскадного ТЭ модуля

Величина Z соответствует максимально достижимой разности температур на ТЭ модуле, ΔT_{max} , следующим образом:

$$\Delta T_{max} = \frac{1}{2} Z T_{0min}^2 \quad (3.12)$$

Где T_{0min} – минимальная температура холодной стороны ТЭ модуля. Уравнение (3.12) можно выразить через температуру горячей стороны T_1 :

$$T_{0min} = T_1 - \Delta T_{max}$$

Обычно при определении ΔT_{max} температура горячей стороны поддерживается постоянной и близкой к температуре окружающей среды $T_1 \approx T_a$. В этом случае для ΔT_{max} имеем:

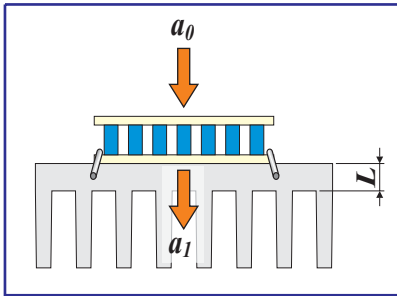
$$\Delta T_{max} = \frac{1}{2} Z (T_a - \Delta T_{max})^2 \quad (3.13)$$

Отсюда легко получить значение ΔT_{max} при данной температуре окружающей среды:

$$\Delta T_{max}(T_a) = T_a - \frac{\sqrt{1 + 2Z T_a} - 1}{Z} \quad (3.14)$$

Здесь пренебрегается зависимостью величины Z от температуры, что для стандартного ТЭ материала допустимо в окрестности комнатной температуры. К примеру, если $Z=0.0027 \text{ K}^{-1}$, а $T_a=300\text{K}$, рассчитываем с помощью выражения (3.14) $\Delta T_{max}=70.9\text{K}$.

3.3. ТЭ модуль, смонтированный на корпусе



Установка ТЭ модуля на корпус означает увеличение коэффициента теплоотдачи с горячей стороны модуля. С точки зрения математического

описания, формулы (3.1)–(3.14) вполне достаточны для описания такой системы.

Уравнение (3.9)

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

учитывает рассеяние тепла от горячей стороны ТЭ модуля при помощи поправки b_T и биполярного

усреднения. Для расчета поправки b_T необходимо с нужной степенью точности оценить коэффициент теплоотдачи через тело корпуса.

Для плоского корпуса в качестве первоначальной оценки можно использовать выражение для теплопроводности однородной пластины при условии, что поверхностная плотность теплового потока постоянна:

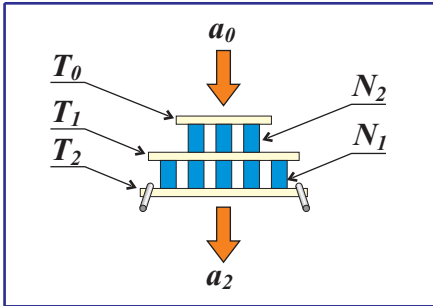
$$a_l = k_S \frac{S_S}{L_S} \quad (3.15)$$

где

- k_S – удельная теплопроводность материала корпуса,
- S_S – площадь поверхности пластины корпуса;
- L_S – толщина корпуса.

При условии, что измерительные токи в Z–метрии очень малы и тепловые потоки очень невелики, допущение (3.15) вполне достаточно для оценки поправки по порядку величины.

3.4. Z двухкаскадного ТЭ модуля



Запишем балансные уравнения для холодной и горячей сторон двухкаскадного ТЭ модуля:

$$\begin{cases} \alpha IT_0 - \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_1 - T_0) = \frac{a_0}{N_1} (T_a - T_0) \\ \alpha IT_2 + \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_2 - T_1) = \frac{a_2}{N_2} (T_2 - T_a) \end{cases} \quad (3.16)$$

где

T_0, T_1, T_2 – температуры холодной, средней и горячей подложек ТЭ модуля, соответственно.

N_1, N_2 - числа ветвей на первом и втором

Допустим, что отношения коэффициента теплоотдачи a_i с поверхности S_i к числу ветвей N_i , прилегающих к этой поверхности, для холодной и горячей сторон ТЭ модуля одинаковы:

$$\frac{a_0}{N_1} = \frac{a_2}{N_2} = \text{const} = A, \quad (3.17)$$

а также, равны коэффициенты заполнения ветвей для обоих каскадов (S_i – меньшая сторона каскада):

$$\beta_i = \frac{N_i s}{S_i} = \text{const}, \quad (3.18)$$

Уравнения (3.17) модифицируются следующим образом:

$$\begin{cases} \alpha I T_0 - \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_1 - T_0) = A(T_a - T_0) \\ \alpha I T_2 + \frac{1}{2} I^2 R - k'(T_2 - T_1) = A(T_2 - T_a) \end{cases} \quad (3.19)$$

Суммируя уравнения (3.19), получаем:

$$2\alpha I \bar{T} = (k' + A)\Delta T, \quad (3.20)$$

где $\bar{T} = \frac{T_2 + T_0}{2}$ – средняя температура ТЭ модуля.

Решая следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} 2\alpha I \bar{T} = (k' + A)\Delta T \\ I = \frac{1}{2R} \left(\frac{U_{R_1}}{N_1} + \frac{U_{R_2}}{N_2} \right) \\ \Delta T = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{U_{\alpha_1}}{N_1} + \frac{U_{\alpha_2}}{N_2} \right) \end{cases}, \quad (3.21)$$

мы получаем следующий результат:

$$Z\bar{T} = (1 + b_{th})(1 + b_r) \frac{U_\alpha}{U_R} \quad (3.22)$$

$$b_{th} = B_{cond} + A_{conv} + (B_{rad} + A_{rad}) \quad (3.23)$$

Параметры B_{cond} , B_{rad} описаны выше (выражения 3.4а, 3.4b).

$$A_{conv} = \frac{al}{\kappa\beta} \quad (3.24)$$

$$A_{rad} = \frac{\gamma}{\kappa\beta} \sigma T_a^3 l \quad (3.25)$$

где A_{conv} , A_{rad} характеризуют конвекционный и излучательный коэффициенты внешней теплоотдачи, соответственно.

При малых токах средняя температура модуля приблизительно равна температуре окружающей среды T_a . С учетом этого, усредняя по двум полярностям тока, уравнение (3.22) запишем как:

$$ZT_a = (1 + b_{th})(1 + b_r) \left[\frac{U_\alpha}{U_R} \right]_{averaged} \quad (3.26)$$

Зная величину Z , мы можем оценить ΔT_{max} , анализируя на экстремум следующую функцию:

$$\Delta T(x) = T_a - \frac{x^2}{2Z(x+1)} - \frac{1}{((\xi - 1)x + \xi + 1)(x+1) - 1} \times \left[(\xi + 1) \frac{x^2}{2Z} + \xi T_a + \frac{x^2}{2Z(x+1)} \right] \quad (3.27)$$

где

$$\xi = \frac{N_2}{N_1} \quad - \text{коэффициент каскадирования,}$$

$$x = \frac{\alpha I}{k'} \quad - \text{безразмерный ток.}$$

К примеру, при $Z=0.0022 \text{ K}^{-1}$, $\xi=2.7$ и $T_a = 300\text{K}$ оцениваем величину $\Delta T_{max} = 85.1\text{K}$.

3.5. Альтернативная поправка

Все поправки, обсужденные выше, иногда удобно свести к некоторому коэффициенту $a > 1$. Тогда формулы (3.9) и (3.22) могут быть записаны:

$$ZT_a = a \left[\frac{U_\alpha}{U_R} \right]_{averaged} \quad (3.28)$$

Коэффициент a может быть определен феноменологическим путем сопоставления экспериментальных данных ΔT_{max} при прямых измерениях и измерениях на Z -метре.

4. Описание устройства и функций

4.1. Устройство прибора DX4165

Корпус прибора DX4165 сделан из алюминиевого сплава. Металлический корпус выполняет при измерениях функцию пассивного термостата. Температура корпуса измеряется платиновым терморезистором с точностью не хуже, чем 0.1°C .

Измеряемые ТЭ модули помещаются в этот корпус.

Упрощенная функциональная диаграмма DX4165 показана на рисунке 4.1.

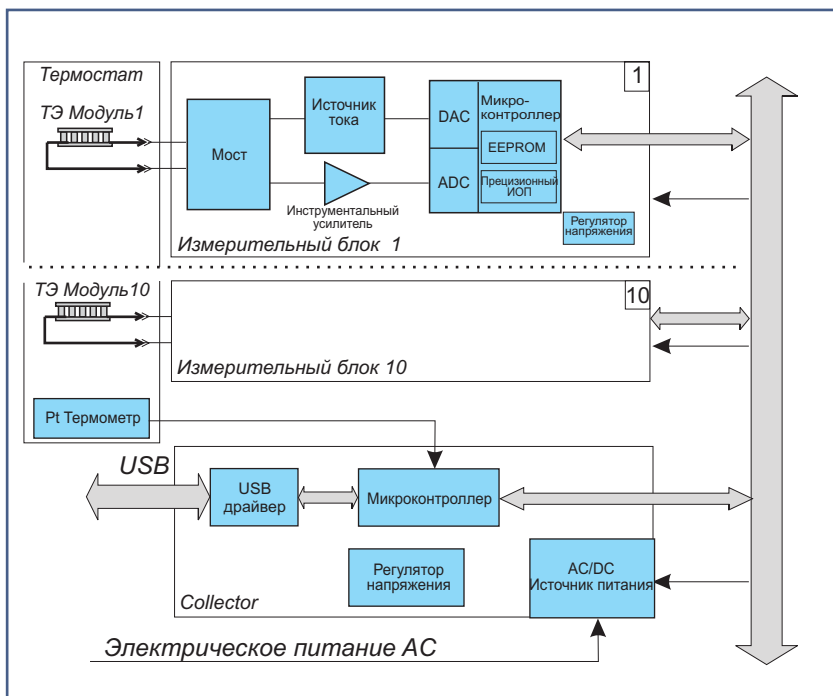


Рисунок 4.1 – упрощенная функциональная схема Z-метра DX4165

Измеряемые ТЭ модули вставляются в специальные разъемы. Для снижения контактного сопротивления resistance соединение осуществляется по четырехпроводной схеме.

4.2. Измерение сопротивления АС R

Сопротивление ТЭ модуля АС R измеряется на переменном токе (ток АС) малой амплитуды. Ток АС формируется при помощи Коммутатора, который периодически (со скважностью 2) реверсирует направление опорного тока I_m . Упрощенная диаграмма Коммутатора представлена на рисунке 4.2.

Если входной сигнал отсутствует, выходное напряжение усилителя составляет $E_m/2$, где $E_m = 4.096$ В (Рисунок 4.3).

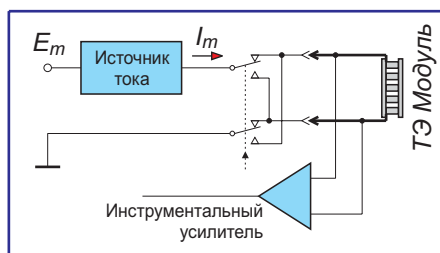


Рисунок 4.2 – упрощенная диаграмма измерения сопротивления на переменном токе (АС)

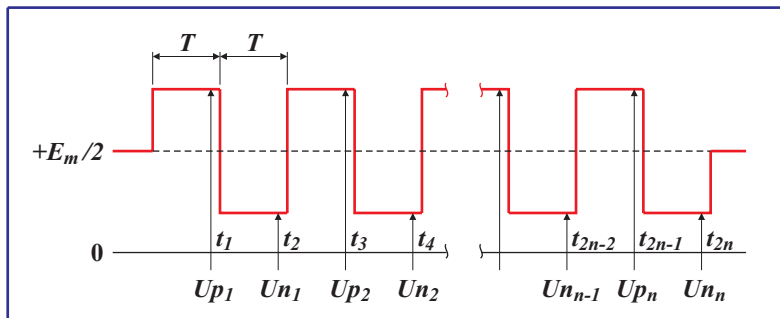


Рисунок 4.3 – выходной сигнал усилителя при измерении сопротивления на переменном токе

При измерении $AC R$ выходной сигнал усилителя измеряется 12–разрядным АЦП каждый раз перед реверсированием тока I_m . Моменты выборки на рисунке 4.3 помечены t_i . Значение $AC R$, с учетом значений напряжения на модуле при положительном токе (U_{p_i}) и отрицательном (U_{n_i}), рассчитывается по

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (U_{p_i} - U_{n_i})}{2 \cdot I_m \cdot A_V \cdot n} \quad (4.1)$$

где

A_V – коэффициент усиления усилителя

n – полное число выборок в течение одного измерения

Типичные значения параметров в формуле (4.1):

$$I_m = 2 \text{ мА}$$

$$A_V = 5 \text{ or } 50$$

$$n = 50$$

4.3. Измерение U и U_α

При измерении U и U_α ТЭ модуль питается малым током I_T (скважность равна двум).

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

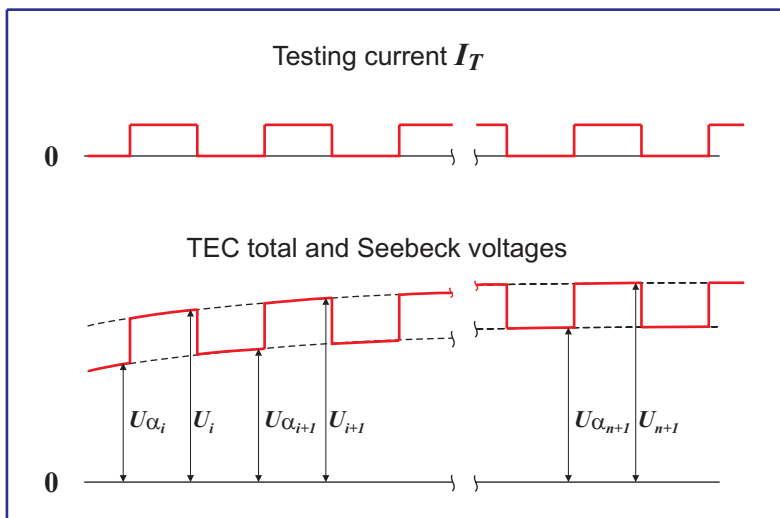


Рисунок 4.3 – Схематическое поведение со временем измерительного тока и напряжения

4.4. Напряжения для измерения Z TЭ модуля

Уравнения (3.9) и (3.22) содержат напряжения U_R и U_α TЭ модуля в стационарном режиме, то есть при времени t , когда можно считать процесс установившимся.

Напряжение Термо–ЭДС в уравнении (3.9) равно стационарному значению $U_{st\alpha}$, полученному при процедуре интерполяции (см. уравнение (2.5)).

Омическая составляющая напряжения U_R также измеряется в стационарном режиме, так как сопротивление TЭ модуля R слегка изменяется по причине незначительной эволюции средней температуры модуля. При токе $I_T = 0.011 I_{max}$ возрастание сопротивления может быть до 1–1.5%.

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

$$U_R = \frac{1}{10} \sum_{i \geq (N-10)} (U(t_i) - U_\alpha(t_i)) \quad (4.2)$$

Внимание!

Убедитесь, что измеряемые TЭ модули достигли стационарного состояния. Для этого воспользуйтесь данными телеметрии (окно динамики).

5. Работа с Z-метром DX4165

5.1. Подготовка устройства к работе

В комплект прибора DX4165 входит все, что необходимо для подключения устройства к персональному компьютеру (ПК) IBM:

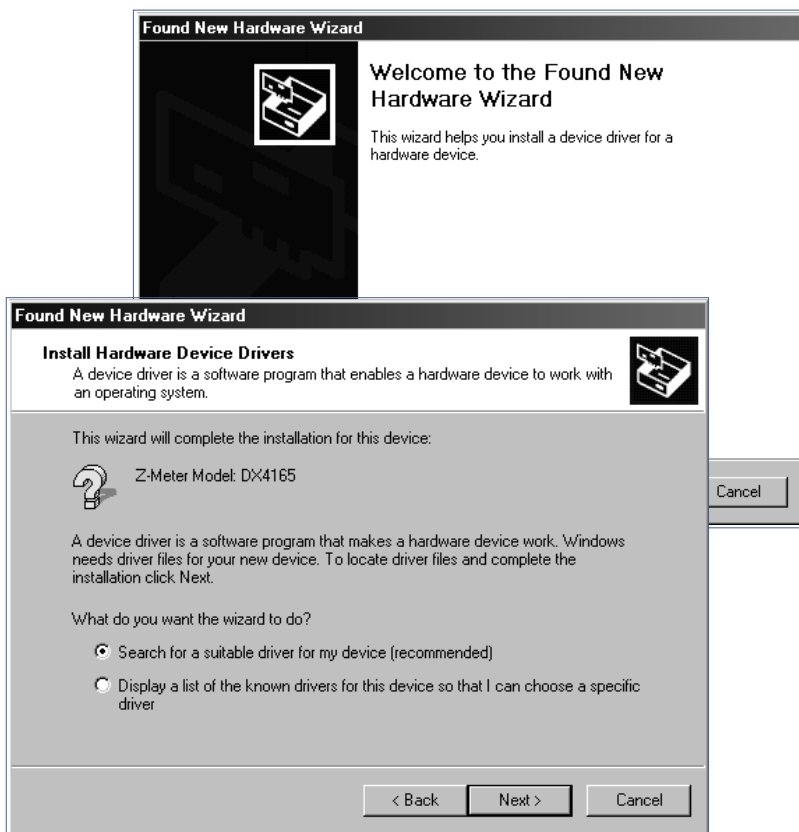
- Кабель USB
- Кабель электропитания
- Драйверы USB (WIN 9x/2000/XP)
- Программное обеспечение DX4165

Для подключения прибора DX4165 к ПК кабель USB нужно подсоединить к ПК.



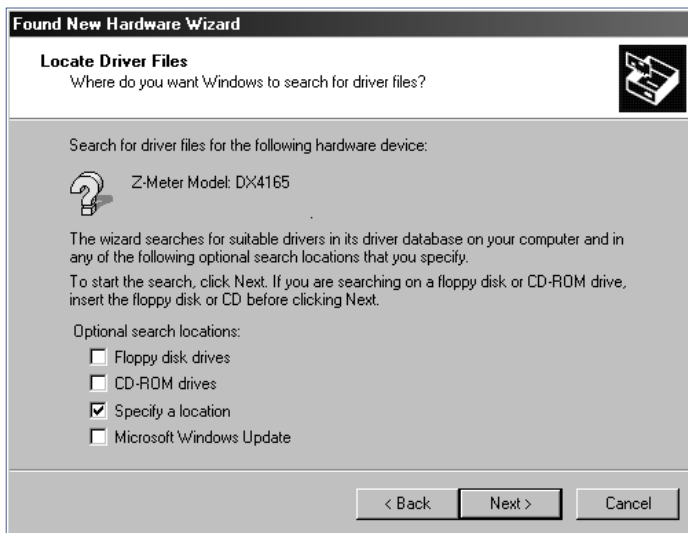
5.2. Установка драйверов USB

1. Подсоедините Z-метр DX4165 к вашему ПК при помощи интерфейсного провода, входящего в комплект поставки. Появятся следующие сообщения:



Выберите вариант «**Search for a suitable driver for my device**» и щелкните по кнопке «**Next**».

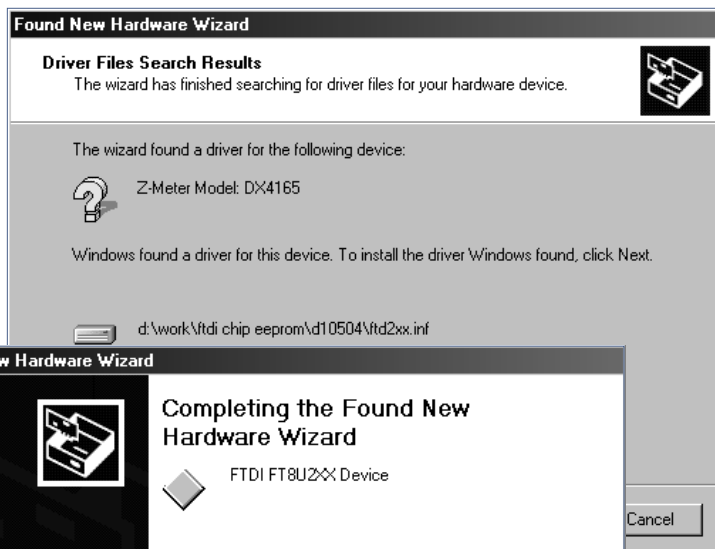
2. В следующем окне оставьте галочку только напротив «Specify a location» и перейдите к «Next».



3. Определите путь к директории драйверов. Драйверы находятся на прилагаемом CD в директории /SOFTWARE/ DRIVERS/DIRECT. Щелкните по кнопке «OK».



Вы должны увидеть предварительное окно. Перейдите к «**Next**» – заключительному окну.



Щелкните по кнопке «**Finish**».

Замечание. В различных операционных системах (ОС) WINDOWS установка драйверов USB может несколько отличаться. Примеры, предлагаемые здесь, основаны на ОС WINDOWS 2000.

5.3. Системные требования

Z-метр DX4165 работает под управлением программного обеспечения «**Z-Meter**». Программа «**Z-Meter**» дает возможность осуществлять все рабочие режимы прибора DX4165. «**Z-Meter**» имеет простой интерфейс и не требует от Пользователя особых знаний.

Программа «**Z-Meter**» поставляется вместе с прибором DX4165. Для ее работы необходимо:

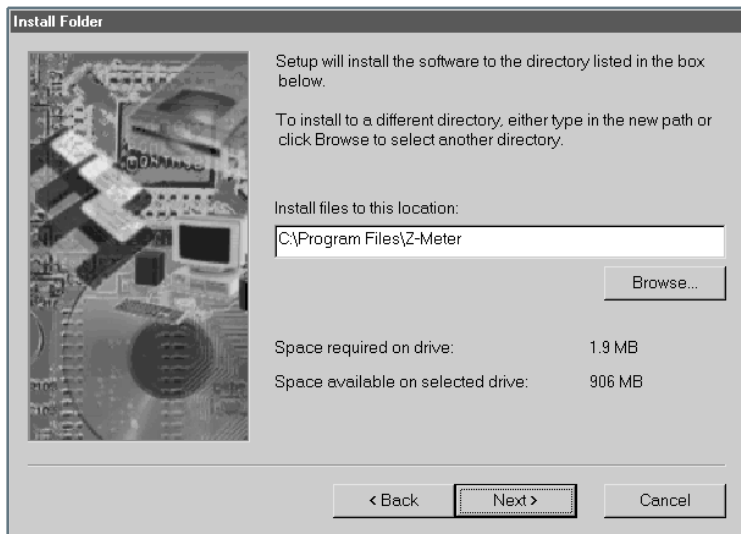
- Персональный компьютер, совместимый с ОС IBM Windows 98/2000/ XP
- Свободный порт USB
- 4 МВ – минимальный размер свободного места на жестком диске (дополнительное место может потребоваться позднее, по мере роста базы данных)
- Мышь или совместимое указывающее устройство

5.4. Установка программы Z-Meter

Программа «**Z-Meter**» поставляется на CD.

Вставьте CD в нужный дисковод и запустите программу Setup.

Появится окно стандартной программы установки Windows – см.ниже.



Пройдите все этапы установки в соответствии с указаниями.

При выборе диска помните, что программа требует не менее 4 МВ. (По мере роста базы данных может понадобиться дополнительное место).

5.5. Подготовка прибора к работе

Поверните Z-метр DX4165 задней панелью к себе. Вы увидите разъем USB и разъем сетевого питания (рисунок 5.1):

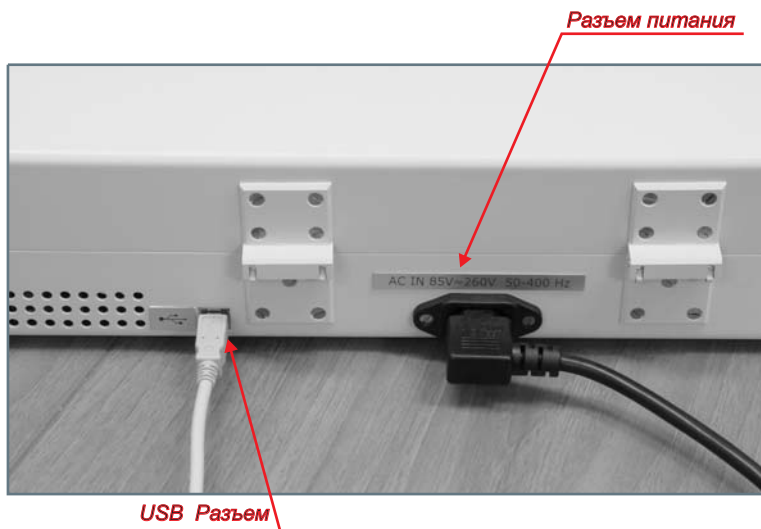


Рисунок 5.1 – Разъемы Z-метра DX4165

Теперь можно запустить программу **«Z – Meter»** и начать измерение параметров ТЭ модулей.



*Рисунок 5.2 – соединение прибора
проводом USB и проводом питания*



Рисунок 5.3 – Включатель прибора

Прежде чем приступать к измерениям, необходимо, чтобы Z-метр DX4165 и измеряемые ТЭ модули находились не менее 1 часа при комнатной температуре.

Внимание!

Если Z-метр DX4165 находился длительное время при низкой температуре (ниже +10°C), перед началом работы Z-метр необходимо выдержать при комнатной температуре не менее 2 часов

Нажмите кнопки замка на передней панели корпуса (рисунок 5.3) и откройте крышку DX4165. Вы увидите 10 установочных мест для измеряемых ТЭ модулей. Каждое место оснащено четырьмя клеммами. Одна из первых двух может использоваться для одного провода ТЭ модуля, а третья или четвертая – для другого.

С помощью прижимной пластинки вставьте провода каждого ТЭ модуля в нужные клеммы (рисунок 5.4).

Полярность соединения может быть любой.



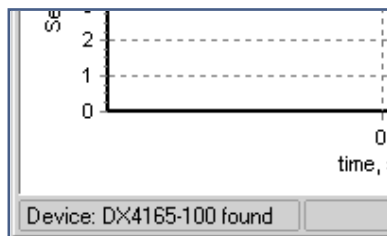
Рисунок 5.3 – Замок открывания термостата



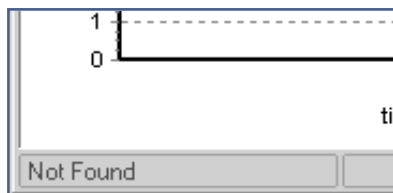
Рисунок 5.4 – Модули, подсоединенные к клеммам Z-метра

Закройте крышку и запустите программу «**Z-Meter**». На экране должно появиться окно, представленное на рисунке 5.5.

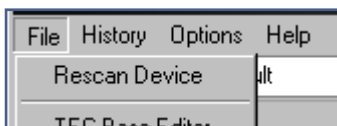
Если вы правильно подключили устройство DX4165 и программа его обнаружила, то в строке состояния высветится ID этого прибора:



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 правильную установку USB драйверов. И проведите повторное сканирование устройства (File – > Rescan Device):



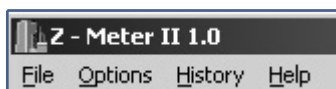
5.6. Основное окно программы

Основное окно программы представлено на рисунке 5.5. 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:

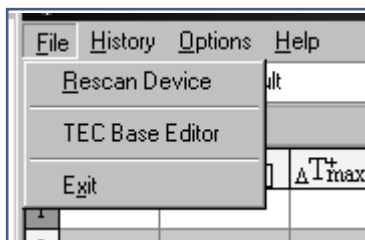
5.6.1. Меню



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»

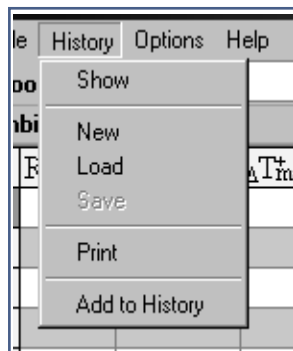
Show – показывает/скрывает окно истории (см. Рисунок 5.6).

New – создает новую историю.

Load – загружает историю из файла.

Print – позволяет распечатать историю.

Add to history – добавляет в историю измерения вручную.



History											
	R [Ohm]	ΔT_{max} [K]	ΔT_{max}^* [K]	ΔT_{max} [K]	$Z_{k1000,K}^{-1}$	$Z_{k1000,K}^+$	$Z_{k1000,K}^{-1}$	τ_{const} [sec]	τ_{const}^+ [sec]	τ_{const} [sec]	τ_{const}^+ [sec]
1MC06-046-05											
1	1.25	62.50	63.80	63.20	2.35	2.43	2.39	0.62	0.62	0.62	
2	1.24	66.10	67.00	66.60	2.56	2.62	2.59	0.62	0.62	0.62	
3	1.34	60.90	61.80	61.40	2.26	2.31	2.28	0.62	0.62	0.62	
4	1.52	53.10	54.00	53.50	1.84	1.89	1.87	0.62	0.62	0.62	
5	1.23	65.10	66.20	65.60	2.50	2.57	2.54	0.62	0.62	0.62	
6	1.25	64.10	64.90	64.50	2.44	2.49	2.47	0.62	0.62	0.62	
7	1.23	62.30	62.50	62.40	2.34	2.35	2.34	0.62	0.62	0.62	
8	1.23	66.50	67.00	66.80	2.59	2.62	2.61	0.62	0.62	0.62	
9	1.24	63.00	63.90	63.50	2.38	2.43	2.41	0.62	0.62	0.62	
10	1.27	62.80	64.30	63.60	2.37	2.46	2.41	0.62	0.62	0.62	
11											
12	1.22	65.10	66.40	65.80	2.50	2.58	2.54	0.62	0.62	0.62	
13											
14											
15											

Рисунок 5.6 – 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 ТЭ модуль;
- однокаскадный ТЭ модуль в корпусе;
- двухкаскадный ТЭ модуль

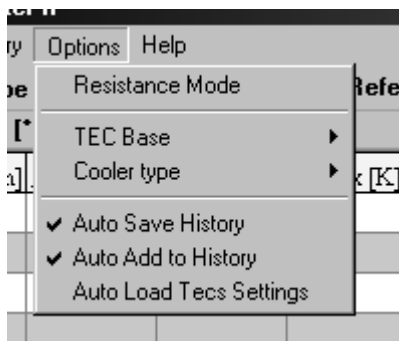
Auto Save History – автоматически сохраняет историю. По выходе из программы история автоматически сохраняется в директории \History. Имя файла формируется из даты и времени измерений.

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.

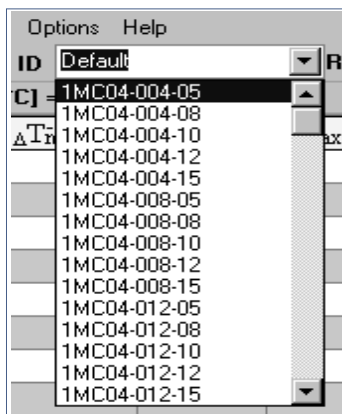
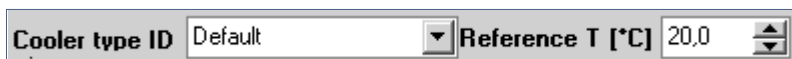
- «Help»

Предоставляет информацию о программе «Z-Meter».



5.6.2. Строка “reference”

В этой строке два поля.

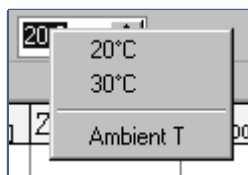


Поле « Cooler type ID» представляет список ТЭ модулей из базы данных .

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

шагом 0.1К при помощи кнопок  

Кроме этого, можно щелкнуть по правой кнопке мыши в поле «Reference T». Вы увидите следующий список:

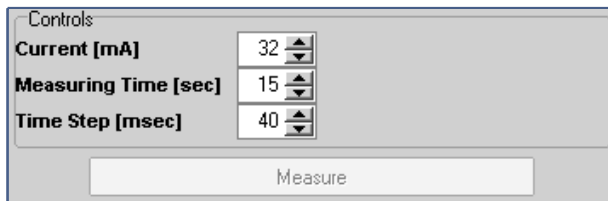


Можно выбрать одну из стандартных температур (20 или 30°C) или использовать измеряемую температуру окружающей среды Ambient T.

5.6.3. Функциональные поля

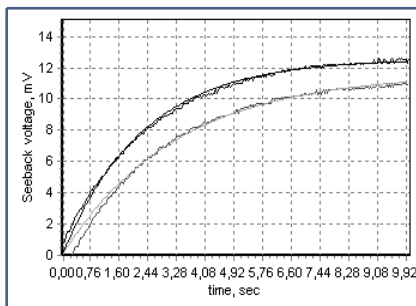
В основном окне 4 функциональных поля (рис. 5–5):

- «Поле управления» показывает следующие параметры измерений:
 - 1) измерительный ток,
 - 2) полное время измерений,
 - 3) шаг измерений



Кнопка «Measure» начинает измерительную процедуру.

- «Поле временной динамики» выдает картину телеметрии поведения измеренной и интерполяционной ТЭДС $U_{\alpha}(t)$ для двух полярностей тока.



Для того, чтобы увидеть динамику $U_{\alpha}(t)$ для нужного ТЭ модуля, нужно выбрать его в поле результатов.

Ambient I	
	R _{Ohm}
1	
2	
3	
4	

Выбранный ТЭ модуль помечается зеленым цветом.

- «Поле поправок» содержит величины расчетных поправок (см. Раздел 3). Пользователь может получить результаты с учетом или без учета поправок.

В качестве альтернативы можно использовать общий поправочный коэффициент a (см. 3.5).

Corrections

Default = 1,07560 Manual

Inter-pellets input = 0,05778 None

Joule heating = 0,00036

Leading wires = 0,01822

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

- ♦ Default – использование расчетных поправок (только для ТЭ модуля, полностью описанного в базе данных)
- ♦ Manual – использование коэффициента a , введенного пользователем вручную
- ♦ None – отказ от каких-либо поправок

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

- 1) Электрическое сопротивление R ТЭ модуля
- 2) Температура окружающей среды
- 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 ТЭ модуля (для двух полярностей и усредненная)

Ambient T [°C] = 19,8										
	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]
1	1.24	66.00	66.80	66.40	2.56	2.61	2.59	0.62	0.62	0.62
2	1.25	62.70	63.40	63.10	2.36	2.40	2.38	0.62	0.62	0.62
3	1.29	63.00	63.50	63.20	2.38	2.41	2.39	0.62	0.62	0.62
4	1.22	64.70	65.60	65.20	2.48	2.53	2.51	0.62	0.62	0.62
5	1.33	60.90	61.70	61.30	2.26	2.30	2.28	0.62	0.62	0.62
6	1.24	64.90	65.20	65.10	2.49	2.51	2.50	0.62	0.62	0.62
7	1.24	62.20	62.50	62.40	2.33	2.35	2.34	0.62	0.62	0.62
8	1.24	63.10	63.60	63.30	2.39	2.41	2.40	0.62	0.62	0.62
9	1.26	66.20	67.30	66.80	2.57	2.64	2.61	0.62	0.62	0.62
10	1.24	63.90	65.90	64.90	2.43	2.55	2.49	0.62	0.62	0.62

При измерении ТЭ модулей может возникнуть ситуация, когда в поле результатов ячейка некоторого ТЭ модуля выделяется 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 1 на рисунке внизу). В этом случае проверьте контакты и проведите измерения снова.

	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]
1										
2	1,63	66,90	70,50	68,70	2,61	2,84	2,73	3,27	2,34	2,80

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 1 на рисунке внизу).

В этом случае уменьшите измерительный ток и проведите измерения снова.

	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]
1	1,63									
2	1,63	66,90	70,50	68,70	2,61	2,84	2,73	3,27	2,34	2,80

5.7. 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]	t_{const} [sec]	t_{const} [sec]	t_{const} [sec]
1										
2	1,61									
3	1,62									

5.8. Измерение Z однокаскадного ТЭ модуля

Чтобы измерить Z однокаскадного ТЭ модуля, выберите опцию «Single stage» из командного меню «Options >> Cooler Type».

5.8.1. Установка температуры

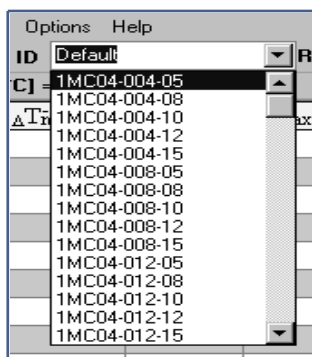
Параметры ТЭ модулей (R , ΔT_{max}) можно привести к определенной температуре. (См. Раздел 3, а также пункт 5.7.3)).

В качестве такой температуры PMT использует 30°C, другие производители могут использовать иные значения.

Выберите нужную температуру из предлагаемого списка «Reference T».

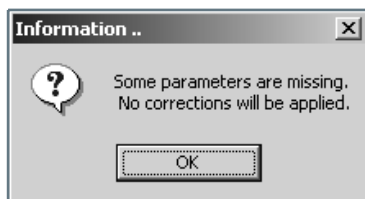
Если подходящего значения нет, введите его вручную.

5.8.2. 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”).

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”.

5.8.3. Поле поправок

Если ТЭ полностью описан в базе данных, после проведения измерений можно увидеть рассчитанные поправки в поле поправок. А также расчетное значение эквивалентного им коэффициента a (см. формулу 3.28).

Поправки описаны в таблице 5.1.

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.

Таблица 5.1. Поправки (для опции “Однокаскадный модуль” – рассчитанные по формулам (3.9а – с); для опции “Двухкаскадный модуль” – рассчитанные по формулам (3.22–3.25) за исключением поправки на Джоулево тепло).

#	Название	Обозначение	Описание
1	Joule heating	b_T	Поправка к температуре окружающей среды из-за Джоулева тепла
2	Inter-pellets input	b_{ih}	Поправка к теплопроводности ветви, описывающая дополнительный поток в
3	Leading wires	b_r	Поправка на сопротивление подводящих проводов

Таким образом, пользователю предоставляется возможность либо учитывать поправки через расчетные величины (таблица 5.1) 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.

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 примерно трех временных констант данного ТЭ модуля.

Этого времени должно быть достаточно для того, чтобы модуль пришел в тепловое равновесие с окружающей средой.

5.9. Измерение Z однокаскадного ТЭ модуля в корпусе

Вся информация, представленная в разделе 5.8.1, справедлива и для данного случая измерений, за исключением параметров установочной пластины корпуса.

Поправки в этом случае подсчитываются по формулам (3.9а–с) и (3.15).

5.10. Измерение Z двухкаскадного ТЭ модуля

Вся информация, представленная в разделе 5.8.1, справедлива и для данного случая измерений, за исключением следующего:

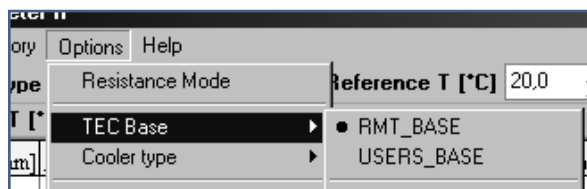
1. Если ТЭ модуль не введен в базу данных (тип ТЭ модуля – “Default”), невозможно оценить ΔT_{max} , так как для этого необходимо задать коэффициент каскадирования – см. формулу (3.27).
3. Поле поправок не меняется (см. рисунок 5.5 и таблицу 5.1), но сами поправки рассчитываются иначе (см. формулу (3.22) – (3.25)).
2. Для двухкаскадного случая соотношение (2.4) не применимо, и константа времени может быть оценена лишь приближительно.

5.11. Изменение базы данных

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

Для этого необходимо знать:

- Размеры холодной и горячей сторон ТЭ модуля
- Число ветвей (для двухкаскадного ТЭ модуля отношение чисел ветвей на каскадах)
- Поперечное сечение ветви
- Высота ветви
- Материал подводящих проводов
- Длина подводящих проводов
- Поперечное сечение подводящих проводов



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

Add TE Cooler	
1MC04-032-15	One Stage Two Stage
1MC04-032-15_	Cooler
1MC04-060-05	Cooler ID 1MC06-018-10
1MC06-004-15	Cold size dimensions [mm x mm] 6 * 6
1MC06-018-10	Hot size dimensions [mm x mm] 6 * 8
1MC06-018-15	Ceramics thickness [mm] 0.5
1MC06-024-15	Pellets number 36
1MC06-030-06	TE pellets cross-section [mm x mm] 0.6 * 0.6
1MC06-060-05	TE pellets height [mm] 1
1MC06-060-05R	Per a Wire
1MC06-060-12	Electrical resistivity [xE-8 Ohm x m] 1.67
1MT03-004-13	Length [mm] 35
1MT04-069-16	Cross-section [mm^2] 0.057
1MT07-023-12	
1TM14-127-11	
1TM14-127-16	
1TM14-127-16A	
<input type="button" value="New"/> <input type="button" value="Delete"/> <input type="button" value="Add/Modify"/>	

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 выберите нужный ТЭ модуль, сделайте необходимые измерения и нажмите кнопку «Add/Modify».

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

6. Техническое обслуживание и хранение

Для прибора DX4165 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. режим “Измерение Сопротивления” – раздел 5.8).

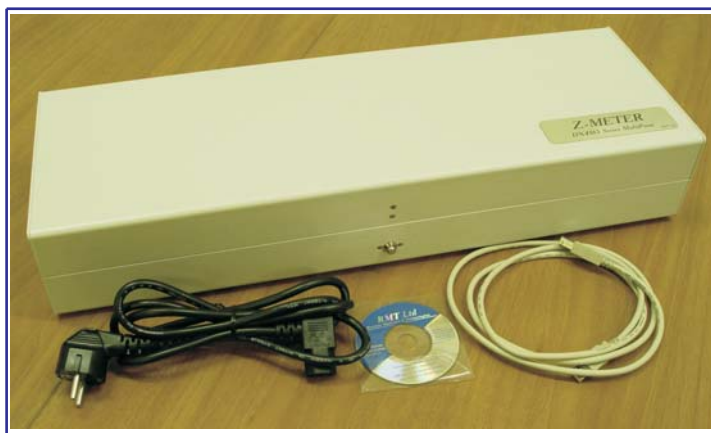
Для этой процедуры мы рекомендуем сопротивление от 5 до 20 Ом.

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.

7. Стандартная комплектация

Предмет	Код	Кол-во
1 Z-Метр	DX4165	1
2 USB Кабель		1
3 Кабель питания		1
4 CD с программным обеспечением	RMT-CD-DX4145	1
Руководство по эксплуатации		1



8. Спецификация Z-метра DX4165

Измеряемые параметры	Единицы	Значения
Электрическое сопротивление		
Диапазон	Ом	0.1...100
Точность	%	0.6 (но >0.01Ом)
Повторяемость	%	0.3
ТЭ добротность Z		
Диапазон	К ⁻¹	1...3 x 10 ⁻³
Точность	%	1.5
Повторяемость	%	0.4
Константа времени		
Диапазон	с	1...30
Точность	%	1.5
Повторяемость	%	1
Требования к электрическому питанию		
Напряжение AC	В	85...264
Частота	Гц	47...440
Напряжение DC	В	120...370
Мощность (max)	Вт	15
Диапазон температур	°С	0...45
Относительная влажность	%	0...95
Механические параметры		
Размеры	мм ³	203.5x96.3x542
Масса	кг	3.2

