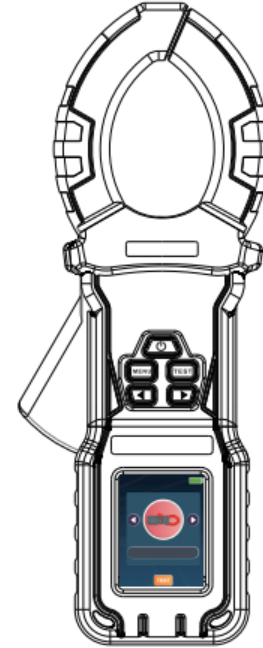


# UNI-T®



## UNI-T®

UNI-TREND TECHNOLOGY (CHINA) CO., LTD.

№6, Gong Ye Bei 1st Road,  
Songshan Lake National High-Tech Industrial  
Development Zone, Dongguan City,  
Guangdong Province, China  
Tel: (86-769) 8572 3888  
<http://www.uni-trend.com>

## UT278 серия


**Руководство  
по эксплуатации измерителя  
сопротивления заземления  
свайного типа (с клещами)**


## Содержание

I. Правила безопасности	3
II. Введение	3
III. Диапазон измерений и точность	3
IV. Сравнение характеристик различных моделей	4
V. Технические характеристики	5
VI. Конструкция	5
VII. Отображение интерфейса	6
1. Интерфейс	6
2. Значки и обозначения интерфейса	7
VIII. Принцип измерения	7
IX. Методы работы	8
X. Инструкция по питанию	11
XI. Практическое применение	11
XII. Комплектация	13

## I. Правила безопасности

Благодарим вас за покупку нашего прибора. Для правильного использования прибора обязательно: внимательно прочитайте руководство пользователя. Соблюдайте указания раздела «Информация по безопасности».

- Прибор разработан, изготовлен и протестирован в соответствии со стандартом IEC61010.
- Всегда обращайтесь особое внимание на безопасность при эксплуатации прибора.
- Чтобы избежать ошибок измерения, не используйте прибор рядом с источниками высокочастотных сигналов, например, мобильными телефонами.
- Обращайте внимание на все метки и символы на корпусе прибора.
- Перед использованием убедитесь, что прибор и аксессуары находятся в исправном состоянии.
- Перед включением нажмите курок один-два раза, чтобы убедиться, что губки клещей плотно закрыты.
- Не используйте прибор во взрывоопасных или легковоспламеняющихся средах — искры могут вызвать пожар.
- Во время включения не нажимайте курок и не зажимайте провод.
- После включения прибора на дисплее появляется символ "OL", что означает готовность к измерению. Только после этого допускается зажимать провод в клещах.
- Не оставляйте прибор при высокой температуре, влажности, конденсации или под прямыми солнечными лучами.
- Перед заменой батареи обязательно выключите прибор.
- Заменяйте батареи, если на экране появляется символ , иначе могут возникнуть ошибки измерений.
- Контактные поверхности клещей должны быть чистыми. Не очищайте их абразивами или агрессивными средствами.
- При открытии клещей избегайте ударов, особенно по шарнирному соединению.
- При измерении сопротивления возможен лёгкий механический шум — это нормально. Отличайте его от звуков сигнализации ("beep-beep-beep").
- Следите, чтобы измерения проводились в пределах допустимого диапазона.
- Ток в измеряемом проводе не должен превышать верхний предел диапазона прибора.

- Разборка, калибровка и обслуживание должны выполняться только квалифицированным персоналом.
- Если прибор работает некорректно или представляет опасность — прекратите использование и передайте его в сервисный центр.
- Все предупреждения со знаком  в этом руководстве обязательны к исполнению пользователем.

## II. Введение

Измеритель сопротивления заземления свайного типа (также называемый измерителем сопротивления петли заземления) используется для измерения сопротивления систем заземления. Прибор оснащён цветным экраном 2,4 дюйма, поддерживает измерение клещами и метод три/четыре провода. Он имеет функции сохранения/передачи данных, сигнализации, автоматического отключения питания и многое другое. Особенности: эстетичный дизайн, широкий диапазон измерений, высокая точность и разрешение, стабильная работа и высокая помехоустойчивость. Благодаря ударопрочной, пыле- и влагозащищённой конструкции, прибор подходит для работы в разных областях: телекоммуникации, энергетика, метеорология, нефтяная и газовая промышленность, электромеханические объекты и т. д. Основное применение — измерение сопротивления заземления линий электропередач, газопроводов и распределительных сетей.

## III. Диапазон измерений и точность

Режим измерений	Диапазон	Разрешение	Точность
Метод клещей	0.02Ω – 9.99Ω	0.01Ω	±(2% + 0.1Ω)
	10.0 Ω – 99.9 Ω	0.5Ω	±(3% + 0.5Ω)
	100 Ω – 199 Ω	1Ω	±(5% + 1Ω)
	200 Ω – 299 Ω	5Ω	±(10% + 5Ω)
	300 Ω – 699 Ω	10Ω	±(15% + 10Ω)
	700Ω – 999Ω	20Ω	±(20% + 20Ω)
	1.00 кΩ – 1.19 кΩ	30Ω	±(25% + 30Ω)
	1.20 кΩ – 2.00 кΩ	50Ω	±(35% + 50Ω)

Метод 3- или 4-проводный	0.01 Ω – 9.99 Ω	0.01 Ω	±(2% + 0.2 Ω)
	10.0 Ω – 99.9 Ω	0.1 Ω	±(2% + 1 Ω)
	100 Ω – 999 Ω	1 Ω	±(2% + 15 Ω)
	1.00 кΩ – 9.99 кΩ	0.01 кΩ	±(2% + 0.1кΩ)
	10.0 кΩ – 30.0 кΩ	0.1 кΩ	±(3% + 0.5кΩ)
Переменный ток	0.100 мА – 0.999 мА	0.001 мА	±(2.5 % + 0.1 мА)
	1.00 мА – 9.99 мА	0.01 мА	±(2.5 % + 0.5 мА)
	10.0 мА – 99.9 мА	0.1 мА	±(2.5 % + 1 мА)
	0.100 А – 0.999 А	0.001 А	±(2.5 % + 0.1 А)
	1.00 А – 9.99 А	0.01 А	±(2.5 % + 0.5 А)
	10.0 А – 60.0 А	0.1 А	±(2.5 % + 1 А)
Напряжение заземления	1.00 В – 9.99 В	0.01 В	±(2.5 % + 0.1 В)
	10.0 В – 99.9 В	0.1 В	±(2.5 % + 1 В)
	100 В – 600 В	1 В	±(2.5 % + 5 В)
Метод выбора	0.30 Ω – 9.99 Ω	0.01 Ω	±(2 % + 0.3 Ω)
	10.0 Ω – 99.9 Ω	0.1 Ω	±(2 % + 1 Ω)
	100 Ω – 999 Ω	1 Ω	±(2.5 % + 15 Ω)
	1.00 кΩ – 3.00 кΩ	0.01 кΩ	±(3 % + 0.1 кΩ)
Удельное сопротивление грунта	0 Ωм – 99.999 Ωм	0.01 Ωм	ρ=2πaR
	100 Ωм – 999.9 Ωм	0.1 Ωм	
	1000 Ωм – 9999 Ωм	1 Ωм	
	10.00 кΩм – 99.99 кΩм	10 Ωм	
	100.0 кΩм – 999.9 кΩм	100 Ωм	
	1000 кΩм – 9999 кΩм	1 кΩм	

**Примечания:** Значение R зависит от точности измерения по четырёхпроводному методу. Формула:  $\rho = 2 \pi a R$ , где  $\pi = 3,14$ ,  $a = 1 \text{ м} \approx 100 \text{ см}$ .

В пределах рабочего диапазона температур точность дополнительно изменяется на  $\pm(0.1 \% \text{ на } 1^\circ \text{C})$ , за исключением диапазона  $18^\circ \text{C} - 28^\circ \text{C}$ .

#### IV. Сравнение характеристик различных моделей

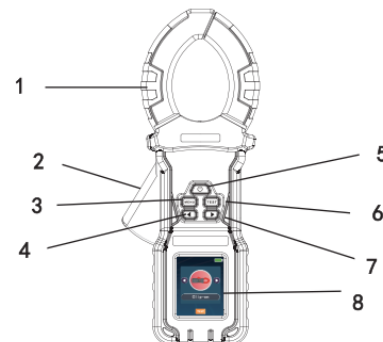
Модель	UT278B	UT278C	UT278D
Диапазон измерения сопротивления клещами	0 Ω – 1500 Ω	0 Ω – 1800 Ω	0 Ω – 2000 Ω
Диапазон измерения тока утечки	0 мА – 40 А	0 мА – 50 А	0 мА – 60 А
Разрешение по току	1 μА	1 μА	1 μА
Диапазон метода «3/4 провода»	0 Ω – 3000 Ω	0 Ω – 30 кΩ	0 Ω – 30 кΩ
Диапазон измерения удельного сопротивления грунта	○	0 Ω – 9999 кΩ·м	0 Ω – 9999 кΩ·м
Диапазон измерения напряжения заземления	600 В	600 В	600 В
Встроенный аккумулятор	●	●	●
Цветной TFT-дисплей	●	●	●
Функция передачи данных по USB	●	●	●
Хранение данных	●	●	●
Индикатор заряда батареи в реальном времени	●	●	●
Подсветка экрана	●	●	●
Функция звуковой сигнализации	●	●	●
Индикатор низкого напряжения батареи	●	●	●
Защита от перегрузки	●	●	●
○ – Нет    ● – Да			

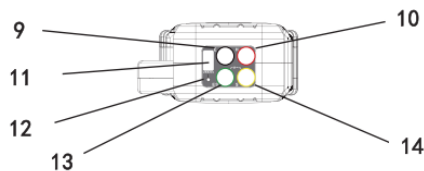
## V. Технические характеристики

Функции	Измерение сопротивления заземления, сопротивления петли, переменного тока и напряжения
Температура и влажность эксплуатации	23 °C ± 5 °C, относительная влажность < 75 % RH
Источник питания	Литиевая батарея DC 3.7 В
Разрешение по сопротивлению	0.01 Ω
Разрешение по току	0.001 mA
Разрешение по напряжению	0.01 В
Диаметр охвата клещей	68 мм
Экран	Цветной LCD-дисплей 2,4"
Размер дисплея	46 мм × 29 мм
Габариты прибора	273 мм × 106 мм × 53 мм
Время измерения	1 измерение в секунду
USB-интерфейс	Есть. Данные можно передавать на компьютер, сохранять и распечатывать
Коммуникационный кабель	1 шт.
Память данных	До 500 групп измерений. При заполнении памяти отображается «FULL»
Индикация переполнения	«OL»
Функция звуковой сигнализации	Срабатывает при превышении установленного порога
Индикация заряда батареи	Отображение уровня заряда в реальном времени. Уведомление о необходимости зарядки

Автоотключение	Прибор автоматически выключается через 15 минут неиспользования
Потребляемый ток	Макс. 750 mA
Вес	975 г (включая аккумулятор)
Рабочая температура и влажность	-10 °C ... +50 °C; относительная влажность < 80 % RH
Температура и влажность хранения	-10 °C ... +60 °C; относительная влажность < 70 % RH
Сопротивление изоляции	≥ 20 MΩ (при 500 В между цепью и корпусом)
Испытательное напряжение	AC 3700 В RMS (между цепью и корпусом)
Внешнее магнитное поле	< 40 A/м
Внешнее электрическое поле	< 1 В/м
Соответствие стандартам безопасности	IEC61010-1 (CAT III 300 В, CAT IV 600 В, степень загрязнения 2); IEC61010-031; IEC61557-1 (измерение сопротивления заземления)

## VI. Конструкция прибора





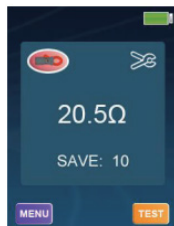
- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. Клещи (Clamp jaw)                      | 8. Экран дисплея      |
| 2. Курок (Trigger)                        | 9. Контакт E          |
| 3. Кнопка MENU                            | 10. Контакт H         |
| 4. Кнопка ▲ (вверх)                       | 11. USB-интерфейс     |
| 5. Кнопка Power<br>(включение/выключение) | 12. Индикатор зарядки |
| 6. Кнопка TEST (тест)                     | 13. Контакт ES        |
| 7. Кнопка ▼ (вниз)                        | 14. Контакт S         |

## VII. Отображение интерфейса

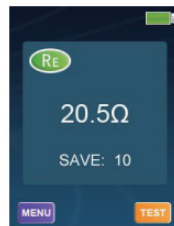
### 1. Интерфейс



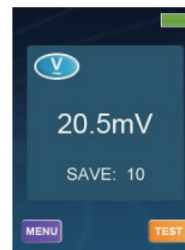
1. Главный экран



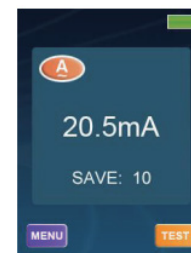
2. Режим клещей



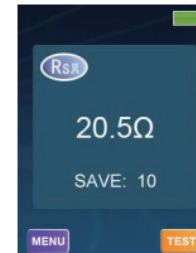
3. Режим 3/4 проводов



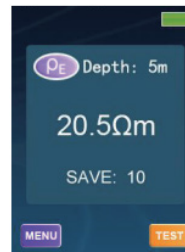
4. Измерение напряжения



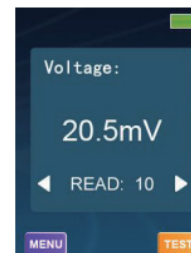
5. Измерение тока



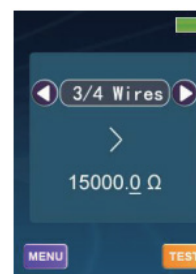
6. Метод выбора



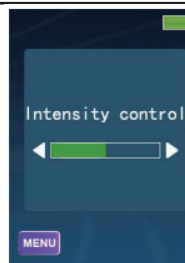
7. Измерение удельного сопротивления грунта



8. Просмотр данных













9. Функция звукового сигнала



10. Настройка яркости

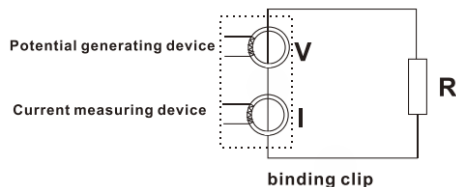
## 2. Описание символов

-  — появляется, когда клещи раскрыты. В этом случае возможны причины: триггер нажат вручную или губки загрязнены. Необходимо остановить измерение и проверить прибор.
-  — отображается, когда напряжение аккумулятора слишком низкое. Точность измерений в этом состоянии не гарантируется. Следует своевременно зарядить батарею.
- Символ «OL» — показывает, что измеренное значение превышает диапазон измерения прибора.
-  — указывает, что сработала сигнализация. Когда измеренное значение превышает или ниже установленного порога тревоги, прибор подаёт прерывистый звуковой сигнал «бип-бип-бип».
-  — режим измерения методом зажима.
-  — измерение по трёх- или четырёхпроводной схеме.
-  — измерение напряжения заземления.
-  — измерение переменного тока.
-  — режим выбора метода измерения.
-  — измерение удельного сопротивления грунта.
-  — означает, что текущие данные зафиксированы и сохранены.

## VIII. Принцип измерения

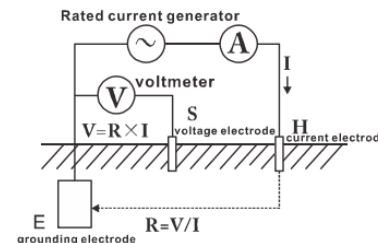
### 1. Измерение клещами

Основной принцип метода зажима заключается в измерении сопротивления петли. Клещи состоят из катушки возбуждения (напряжения) и катушки измерения тока. Катушка возбуждения создаёт сигнал, который индуцирует электрический потенциал  $V$  в измеряемой цепи. Под действием этого потенциала в цепи возникает ток  $I$ , и прибор рассчитывает сопротивление по формуле:  $R = V / I$



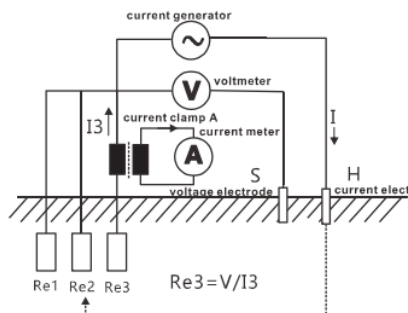
### 2. Измерение по трёх- или четырёхпроводной схеме

Трёх- или четырёхпроводной метод используется для точного измерения сопротивления заземления одиночных систем. Переменный ток  $I$  подаётся между измеряемым заземлителем  $E$  и токовым электродом  $H$ . Измеряется разность потенциалов  $V$  между заземлителем  $E$  и электродом напряжения  $S$ , после чего значение сопротивления заземления  $R$  рассчитывается по формуле:  $R = V / I$ . Для повышения точности используется четырёхпроводная схема, в которой добавлен вспомогательный заземляющий электрод  $ES$ . На практике зажимы  $ES$  и  $E$  устанавливаются в одной точке заземляющего устройства.



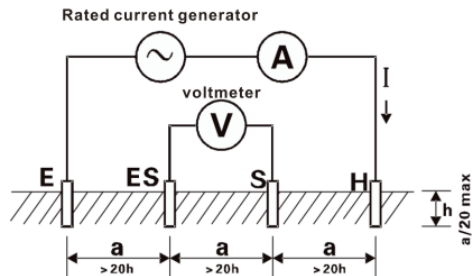
### 3. Измерение методом выбора

Метод выбора применяется для измерения сопротивления одного из параллельных заземляющих электродов без отключения системы. Переменный ток  $I_3$  подаётся между заземлителями  $Re1$ ,  $Re2$ ,  $Re3$  и токовым электродом  $H$ . Ток  $I_3$ , протекающий через заземлитель  $Re3$ , измеряется токовыми клещами  $A$ . Одновременно измеряется разность потенциалов  $V$  между заземлителем  $Re3$  и электродом напряжения  $S$ . Сопротивление данного заземлителя рассчитывается по формуле:  $Re3 = V / I_3$ . Для обеспечения точности измерения используется четырёхпроводной метод, в котором добавлен вспомогательный электрод  $ES$ . На практике зажимы  $ES$  и  $E$  устанавливаются в одной точке заземляющего устройства.



#### 4. Измерение удельного сопротивления грунта

Измерение удельного сопротивления грунта ( $\rho$ ) выполняется четырёхэлектродным методом (методом Веннера). Переменный ток  $I$  подаётся между заземлителями  $E$  и  $H$ , а разность потенциалов  $V$  измеряется между электродом напряжения  $S$  и вспомогательным электродом заземления  $ES$ . Разность потенциалов  $V$  делится на ток  $I$ , чтобы определить сопротивление  $R$  между двумя средними точками. Расстояние между электродами обозначается как  $a$  (м). Значение удельного сопротивления грунта рассчитывается по формуле:  $\rho = 2\pi aR$  ( $\Omega \cdot \text{м}$ ). Чтобы получить корректное значение  $\rho$ , расстояние между электродами  $HS$  и  $S-ES$  должно быть одинаковым (оба равны  $a$ ). Это и есть метод Веннера. Для удобства вычислений рекомендуется, чтобы расстояние между электродами  $a$  было значительно больше глубины их заглибления  $h$ , как минимум выполнялось условие  $a > 20h$ , что показано на схеме ниже.



#### 5. Погрешность измерений

Для всех приведённых методов рабочая погрешность ( $B$ ) представляет собой ошибку измерения в нормальных условиях работы. Она рассчитывается на основе внутренней погрешности прибора ( $A$ ) и переменных ошибок ( $E_i$ ) по формуле:  $B = \pm (|A| + 1.15 \times \sqrt{(E_2^2 + E_3^2 + E_4^2 + E_5^2)})$

$A$  — внутренняя (основная) погрешность прибора

$E_2$  — изменения из-за колебаний напряжения питания

$E_3$  — изменения из-за температуры

$E_4$  — изменения из-за помех по напряжению

$E_5$  — изменения сопротивления контактного электрода

#### 6. Измерение переменного тока

Измерение действующего значения переменного тока ( $I_{\text{true RMS}}$ ).

#### 7. Измерение напряжения заземления

Измерение среднеквадратического значения напряжения заземления.

### IX. Методы работы

#### 1. Включение прибора

	Перед включением прибора нажмите курок один или два раза, чтобы убедиться, что клещи полностью закрыты.
	Не прикладывайте внешние усилия к клещам — это может привести к потере точности измерений.

Нажмите кнопку Power, чтобы включить или выключить прибор. Автоматическое выключение происходит через 15 минут бездействия. Нажатие любой клавиши продлевает время работы ещё на 15 минут.

#### 2. Выбор функции

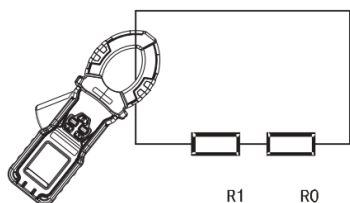
После включения прибор автоматически переходит в главное меню. С помощью клавиш  $\blacktriangle$  и  $\blacktriangledown$  можно выбрать нужную функцию, затем коротко нажмите TEST, чтобы войти в выбранный режим. Чтобы вернуться в главное меню, коротко нажмите MENU.

#### 3. Измерение методом клещей

1. В меню выберите функцию "Clamp Method" и нажмите TEST для входа.
2. Проверьте, отображается ли на экране "OL" — это означает, что прибор готов к измерению. Если нет, убедитесь, что клещи полностью закрыты.
3. Разомкните клещи и зажмите ими измеряемый провод (убедитесь, что клещи закрыты полностью, иначе результат будет неточным). Подожди-

те, пока показания стабилизируются, затем считайте значение сопротивления.

4. Коротко нажмите TEST, чтобы сохранить измерение — на экране появится значок "HOLD". Чтобы выйти из режима фиксации, снова нажмите TEST — значок "HOLD" исчезнет.
5. Коротко нажмите MENU, чтобы вернуться в главное меню.



#### 4. Измерение по трёх- или четырёхпроводной схеме

1. В меню выберите функцию "Three-Four-Line" и нажмите TEST.
2. Подключите измерительные провода к нижним разъёмам прибора в соответствии с цветовой маркировкой, как показано на схеме. Подождите, пока показания стабилизируются, и считайте значение сопротивления.
3. Коротко нажмите TEST, чтобы сохранить измерение (на экране появится "HOLD"). Чтобы отменить фиксацию, снова нажмите TEST — значок "HOLD" исчезнет.
4. Нажмите MENU, чтобы вернуться в главное меню.

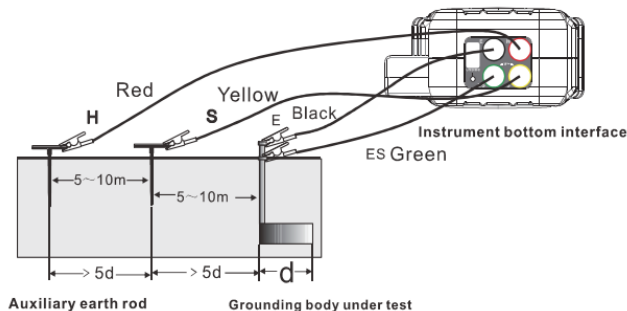


Рис. 8.4-2. Схема подключения для четырёхпроводного измерения

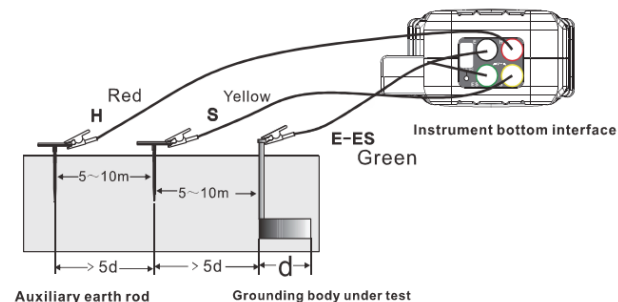
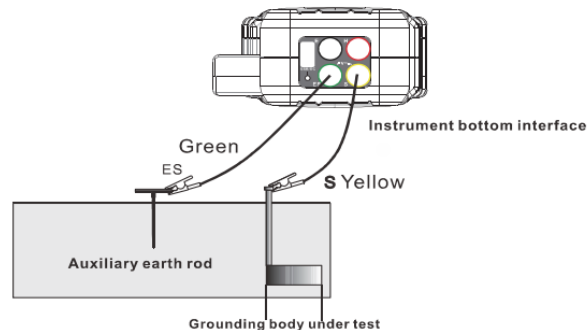


Рис. 8.4-3. Схема подключения для трёхпроводного измерения

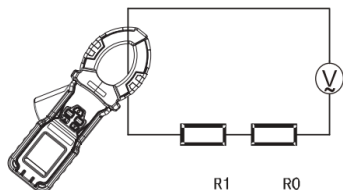
#### 5. Измерение напряжения заземления

1. В меню выберите функцию "Voltage Measurement" и нажмите клавишу TEST для входа.
2. Подключите измерительные провода к разъёмам S и ES в нижней части прибора, как показано на схеме ниже. Дождитесь стабилизации показаний и считайте значение напряжения.
3. Коротко нажмите TEST, чтобы сохранить данные — на экране появится значок "HOLD". Чтобы отменить фиксацию, снова нажмите TEST — значок "HOLD" исчезнет.
4. Нажмите MENU, чтобы вернуться в главное меню.



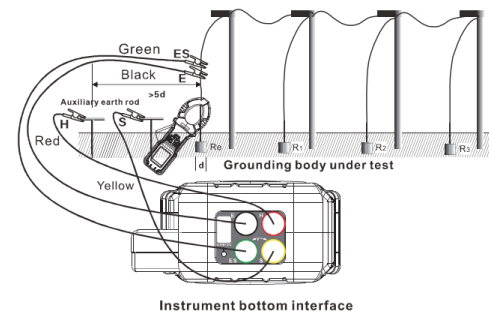
## 6. Измерение переменного тока

1. В меню выберите функцию "Current Measurement" и нажмите TEST для входа.
2. Разомкните клещи и зажмите ими провод, по которому протекает измеряемый ток. Подождите, пока показания стабилизируются, и считайте значение тока.
3. Коротко нажмите TEST, чтобы сохранить данные — на экране появится значок "HOLD". Чтобы отменить фиксацию, снова нажмите TEST — значок "HOLD" исчезнет.
4. Нажмите MENU, чтобы вернуться в главное меню.



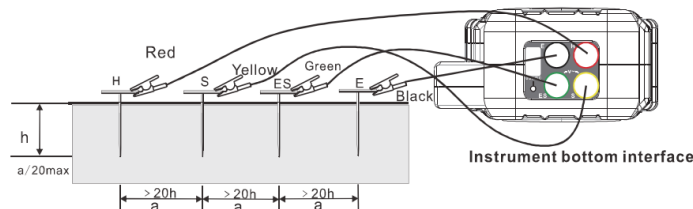
## 7. Метод выбора

1. В меню выберите функцию "Selection Method" и нажмите TEST для входа.
2. Подключите провода к нижним разъёмам прибора в соответствии с цветами (как показано на схеме ниже). Затем зажмите клещи на исследуемом участке цепи. Дождитесь стабилизации показаний и считайте значение тока.
3. Коротко нажмите TEST, чтобы сохранить данные — на экране появится значок "HOLD". Чтобы отменить фиксацию, снова нажмите TEST, значок "HOLD" исчезнет.
4. Нажмите MENU, чтобы вернуться в главное меню.



## 8. Измерение удельного сопротивления грунта

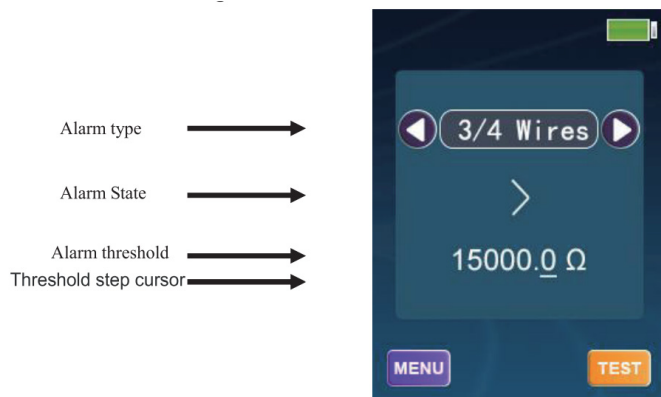
1. В меню выберите функцию "Soil Resistivity Measurement" и нажмите TEST для входа.
2. В правом верхнем углу экрана отображается текущая глубина измерения. Изменение глубины производится коротким нажатием клавиши ▲ (уменьшить на 1 шаг) или ▼ (увеличить на 1 шаг). Долгое нажатие изменяет значение сразу на 10 шагов. Диапазон доступных значений глубины: 1 м – 100 м.
3. Подключите провода к нижним разъёмам прибора в соответствии с цветами, как показано на схеме. Дождитесь стабилизации показаний и считайте значение сопротивления.
4. Коротко нажмите TEST, чтобы сохранить данные (на экране появится "HOLD"). Чтобы отменить фиксацию, снова нажмите TEST — значок "HOLD" исчезнет.
5. Нажмите MENU, чтобы вернуться в главное меню.



## 9. Просмотр и удаление данных

1. В меню выберите функцию "Data Query" и нажмите TEST для входа.
2. Сохранённые данные можно просматривать пошагово, нажимая клавишу ▲ (уменьшить номер записи на 1) или ▼ (увеличить номер на 1).
3. При долгом нажатии клавиши ▲ или ▼ можно перемещаться сразу на 10 записей вперёд или назад.
4. Для удаления данных нажмите TEST, чтобы войти в режим удаления. Затем нажмите ▲ для подтверждения удаления или ▼ для отмены.
5. Нажмите MENU, чтобы вернуться в главное меню.

## 10. Настройка сигнализации





1. В меню выберите функцию "Alarm Function" и нажмите TEST для входа.
2. Пороговые значения тревоги можно установить для четырёх типов измерений.
3. После входа в интерфейс сигнализации можно выбрать тип тревоги, используя клавиши ▲ или ▼.
4. После выбора типа тревоги нажмите TEST, чтобы войти в режим выбора состояния тревоги. Коротко нажмите ▲ или ▼, чтобы установить условие: "больше чем" (>) или "меньше чем" (<).
5. После подтверждения состояния тревоги нажмите TEST, чтобы перейти к изменению порога. Коротко нажмите ▲, чтобы уменьшить значение порога, или ▼, чтобы увеличить его.
6. Для перемещения курсора разряда: Долгое нажатие ▲ — перемещение

курсора вправо, долгое нажатие ▼ — перемещение курсора влево.

7. Коротко нажмите TEST, чтобы сохранить текущие настройки и выйти.

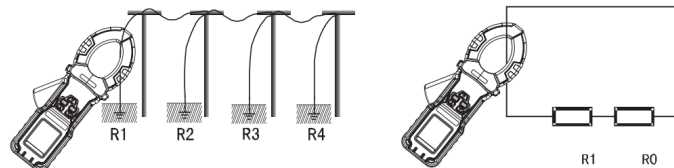
## X. Инструкция по питанию

1. Когда напряжение батареи слишком низкое, на экране появляется символ  — необходимо своевременно зарядить аккумулятор.
2. Низкое напряжение питания снижает точность измерений.
3. Если при включении экран мигает и гаснет — батарея разряжена и не может запустить прибор. Пожалуйста, полностью зарядите аккумулятор перед началом работы.
4. Если символ  мигает во время работы — прибор готовится к отключению из-за низкого заряда. В этом состоянии измерения невозможны. Зарядите аккумулятор полностью и повторите попытку.

## XI. Практическое применение

### 1. Многоточечная система заземления

Для систем многоточечного заземления (например, опор линий электропередачи, систем заземления кабелей связи, отдельных зданий и т.д.) заземляющие элементы соединены между собой общими проводниками (например, экранирующим слоем коммуникационных кабелей), образуя единую систему. При измерении клещами эквивалентная схема выглядит следующим образом:



R1 — измеряемое (прогнозируемое) сопротивление заземления.

R0 — эквивалентное сопротивление всех остальных точек заземления, соединённых параллельно.

Хотя строго с точки зрения теории заземления R0 не является классическим параллельным значением (из-за наличия взаимного сопротивления), его влияние обычно незначительно. Так как полусфера заземления каждой опоры гораздо меньше расстояния между ними, а количество заземляющих точек велико, можно считать  $R0 \ll R1$ . Следовательно, с инженерной точки зрения допустимо приближение  $R0 = 0$ , и измеряемое значение со-

противления будет R1.

Многочисленные сравнительные испытания с использованием традиционных методов показали, что такое приближение даёт достоверные результаты при различных условиях и объектах.

## 2. Ограниченная система заземления

Эта ситуация встречается чаще. Например, несколько опор соединены между собой общим проводом заземления; или заземление некоторых зданий не представляет собой независимую сеть, а состоит из нескольких объединённых заземлителей, связанных между собой проводниками.

В этом случае, если на схеме выше принять  $R_0 = 0$ , это приведёт к значительной ошибке измерений. По этой причине, как и ранее, влияние взаимного сопротивления игнорируется, а эквивалентное сопротивление рассчитывается как параллельное соединение всех заземлителей.

Таким образом, для системы заземления, включающей N заземлителей (где N небольшое, но больше 2), можно записать N уравнений:

$$R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = R_{1T}$$

$$R_2 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = R_{2T}$$

$$R_N + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_{(N-1)}}} = R_{NT}$$

$R_1, R_2, \dots, R_N$  — сопротивления заземляющих электродов, которые необходимо определить.

$R_{1T}, R_{2T}, \dots, R_{NT}$  — измеренные значения сопротивлений каждой ветви при помощи клещей.

Эта система представляет собой нелинейные уравнения с N неизвестными и N уравнениями. Она имеет решение, но решить её вручную практически невозможно, особенно при большом N. Для этого рекомендуется использовать программное обеспечение компании для расчёта ограниченных систем заземления. Программа может выполняться на офисных или порта-

тивных компьютерах. В принципе, если взаимное сопротивление игнорируется, этот метод не вносит ошибки, связанные с исключением  $R_0$ . Однако пользователю необходимо обратить внимание: если в системе заземления несколько связанных между собой электродов, следует провести то же количество измерений, сколько заземлителей участвует в схеме — не больше и не меньше. Программа выдаст столько же результатов сопротивления, сколько было подано исходных данных

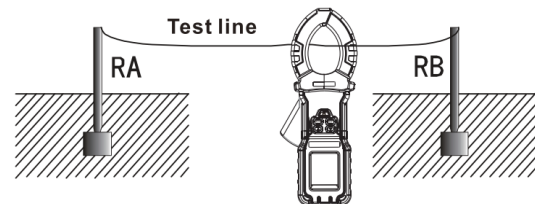
## 3. Одноточечная система заземления

По принципу действия клещи измеряют только сопротивление замкнутой петли, поэтому они не могут напрямую измерять сопротивление одного заземлителя. Однако пользователь может использовать провод и вспомогательный электрод, чтобы искусственно создать петлю для измерения.

Ниже приведены два метода измерения одноточечного заземления при помощи клещей. Они особенно полезны в случаях, когда традиционный метод «напряжение–ток» невозможно применить.

### 1. Двухточечный метод

Как показано на рисунке ниже, рядом с тестируемым заземлителем RA необходимо найти независимый заземлитель RB с хорошим контактом с грунтом (например, водопроводную трубу или соседнее здание). Затем соедините RA и RB измерительным проводом.



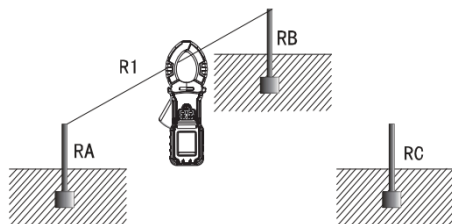
Так как сопротивление, измеренное клещами, является суммой сопротивлений двух заземлителей и сопротивления соединительного провода, формула имеет вид:  $R_T = R_A + R_B + R_L$ , где  $R_T$  — сопротивление, измеренное клещами;  $R_A, R_B$  — сопротивления заземляющих электродов;  $R_L$  — сопротивление соединительного провода.

Таким образом, если измеренное значение  $R_T$  меньше допустимого значения сопротивления заземления, то сопротивление этих двух заземляющих электродов считается удовлетворительным.

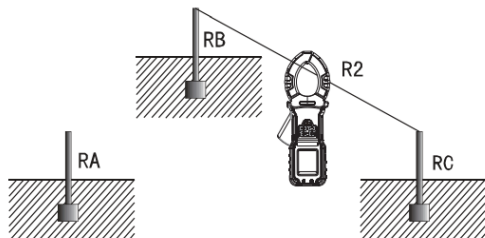
## 2. Трёхточечный метод

Как показано на рисунках ниже, необходимо найти два независимых заземляющих электрода RB и RC рядом с испытываемым электродом RA.

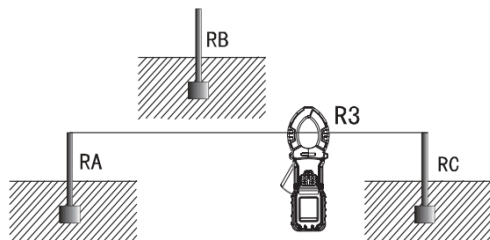
Шаг 1. Соедините RA и RB испытательным проводом, как показано на схеме ниже. С помощью клещей измерьте и запишите первое значение — R1.



Шаг 2. Соедините RB и RC, как показано на следующем рисунке. С помощью клещей измерьте второе значение — R2.



Шаг 3. Соедините RC и RA, как показано на нижней схеме. С помощью клещей измерьте третье значение — R3.



В трёх шагах, показанных выше, каждое измеренное значение представляет собой сумму сопротивлений двух заземляющих электродов. Таким образом, можно легко вычислить сопротивления каждого заземления:

$$R1=RA+RB, R2=RB+RC, R3=RC+RA$$

$$\text{Следовательно: } RA=(R1+R3-R2)\div 2$$

Это значение сопротивления заземления для электрода RA. Чтобы упростить запоминание, три заземлителя можно представить в виде треугольника, где измеренные сопротивления соответствуют сумме сопротивлений соседних сторон минус противоположная сторона, делённая на 2.

Сопротивления двух других электродов можно определить по формулам:  $RB=R1-RA$ ,  $RC=R3-RA$ .

## XII. Комплектация

Прибор	1 шт.
Измерительный кабель	4 шт.
Заземляющий штырь	4 шт.
Проверочное кольцо	1 шт.
Простой испытательный провод	2 шт.
USB-кабель связи	1 шт.
Адаптер питания	1 шт.
Руководство пользователя	1 экз.
Кейс для прибора	1 шт.

**Примечание:** программное обеспечение для мониторинга можно скачать с официального сайта Uni-Trend.

- Содержание данного руководства не может использоваться как основание для особых применений прибора.
- Компания не несёт ответственности за убытки, вызванные неправильным использованием прибора.
- Производитель оставляет за собой право вносить изменения в руководство без предварительного уведомления.