

Измеритель сопротивления заземления-клещи **АКИП-8703**- цифровой прибор (далее измеритель, клещи, прибор) предназначенный для бесконтактного измерения сопротивления заземления систем уравнивания потенциала, сооружений заземления без разрыва в цепи (без отсоединения в системе), а также для измерения силы переменного тока (тока утечки).

Конструкцией клещей предусмотрены клавиши: меню выбора функции (MODE), настройки параметров (SET), ввода пороговых значений схемы сигнализации (AL), имеется возможность автоматического или ручного выбора диапазона, удержания показаний (HOLD) и функция автовыключения питания.



рис.1

Прибор имеет высокую точность, широкие диапазоны измерений, высокое разрешение, удобное управление, компактен, имеет надежную конструкцию и стабильную производительность в сочетании с защитой от наводок. Клещи имеют ударопрочную, пыленепроницаемую и влагостойкую конструкцию, усиленное экранированное исполнение.

Измеритель обеспечивает точные измерения сопротивления заземления в диапазоне от 0,01 до 1200 Ом (базовая погрешность  $\pm 1\%$ ), а также выполняет измерение силы переменного тока и тока утечки в диапазоне значений от 0,01 мА до 20 Аскз при измерении петли сопротивления N-PE в TN, TT и IT-системах /*Ground resistance test, loop resistance test, leakage current test*).

Прибор оснащен ЖК-экраном на котором одновременно отображаются ток и сопротивление ( $\Omega+A$ ). Клещи имеют схему звуковой сигнализации по заданным оператором пороговым значениям, внутреннюю память на 300 результатов измерений сопротивления заземления (запись/вызов). Максимальный размер обхватываемых шин и проводников 55 x32 мм.

Принцип действия **АКИП-8703** основан на использовании трансформатора взаимной индуктивности (*Mutual inductance*) через измерение коэффициента связи катушек (метод взаимной индукции), определяющего эффективное изменение тока и напряжение во вторичной обмотке с сердечником в замкнутой цепи. Алгоритм работы измерителя в функции измерения R заземления заключается в измерении электрического сопротивления в замкнутой цепи (петле).

Механизм замыкания клещей представляет собой измерительную головку и состоит из катушки инжектора напряжения и катушки тока (**рис.2**). Катушка напряжения (генератор) подает сигнал возбуждения. Под действием потенциала V будет протекать ток I в цепи, измеряемый приёмником. В результате генерации токоизмерительные клещи измеряют V и I, а значение R вычисляется по формуле:  $R=V/I$

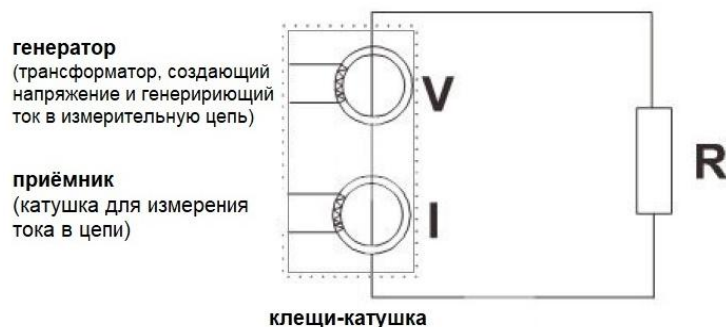


Рис.2 Блок-схема АКИП-8703

# Примеры практических измерений в разных топологиях контуров заземлений

## 1. Многоточечный контур

Рассмотрим порядок выполнения измерений и подключения клещей для случая многоточечных контуров и систем заземления (*Multipoint Grounding System*), таких как: заземление систем передачи высотных строений (металлические мачты и вышки), системы заземления кабелей связи, некоторые здания и др. Цепи электродов соединяются через провода заземления воздушной ЛЭП для формирования системы заземления (через экранирующую оболочку кабелей связи, электропитания).

При измерении  $R$  заземления с помощью клещей АКПП-8703 эквивалентная схема контура (локального сооружения) выглядит следующим образом (рис.3):

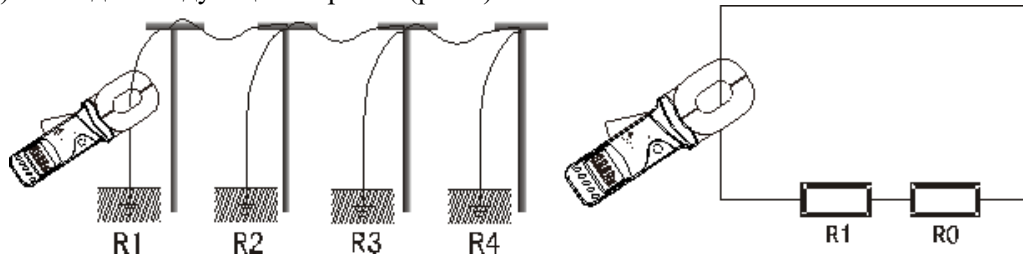


Рис.3  $R_1$  - прогнозируемое сопротивление заземления (значимая величина).

$R_0$  является эквивалентным сопротивлением заземления всех других опор соединенных в цепи параллельно. Хотя, исходя из строгой теории заземления, из-за существования так называемого «взаимного сопротивления»  $R_0$  не является параллельным значением в обычном электротехническом смысле (оно будет немного больше параллельного значения). Поскольку заземляющая ветвь каждого столба намного меньше расстояния между опорами и с учетом большого количества точек заземления, то  $R_0$  значительно меньше  $R_1$ .

Поэтому разумно предположить, что сопротивление  $R_0$  с электротехнической точки зрения близко к значению  $=0$  и им можно пренебречь. Таким образом, сопротивление, которое мы измеряем, будет определяться значением  $R_1$ . Сопоставление практических экспериментов с традиционными методами измерений в различных средах и случаях показало, что приведенные выше предположения вполне обоснованы и допустимы.

## 2. Контур с ограниченным числом точек заземления

Такой тип сооружений (*Limited Point Grounding System*) и ситуация подключений также широко распространена. Например, заземление некоторых зданий не является самостоятельным объектом заземления, но несколько заземляющих сооружений соединены между собой проводами (шинами) в единый контур (сеть). В этом случае, если как на рис. выше расценивать  $R_0 = 0$ , это уже внесёт значимую погрешность в результат измерения. По той же причине, как указано выше, влияние взаимного сопротивления игнорируется, и вычисляется эквивалентное  $R$  заземления параллельно с расчетным методом как обычно. Таким образом, для системы заземления с  $N$ -электродами (меньшее число, но  $> 2$ ) можно переписать  $N$ - уравнений:

$$R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = R_{1T}$$
$$R_2 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = R_{2T}$$
$$\vdots$$
$$R_N + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_{(N-1)}}} = R_{NT}$$

Среди них:  $R_1, R_2, \dots, R_N$  - это сопротивление заземления  $N$  заземляющих электродов (штырей), которые входят в состав сооружения. Значения  $R_{1T}, R_{2T}, \dots, R_{NT}$  это сопротивления, измеряемые клещами в каждой заземляющей ветви (петле). Математическая модель сопротивления сооружения – это нелинейная система уравнений с  $N$  неизвестными из  $N$  уравнений. Она имеет определенное решение, но выполнить расчеты вручную очень сложно, и даже невозможно, когда значение  $N$  велико. С этой целью, рекомендуется использовать программное обеспечение (ПО) АКПП-8703 для точечной системы заземления с неким конечным числом элементов, что позволяет оператору использовать ПК (офисный компьютер или ноутбук) для автоматизации вычислений и машинного решения комплексного уравнения.

В целом, кроме неучтенности фактора взаимного сопротивления, этот метод не имеет погрешности измерения, связанной с игнорированием  $R_0$ .

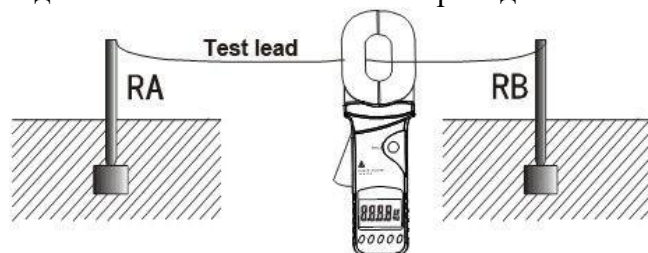
### 3. Однополюсный контур

Исходя из принципа работы клещи измеряют только сопротивление петли, и не измеряют одноточечное заземление (контур из одного электрода/ *Single Point Grounding System*). Однако пользователь может использовать соединительный провод и вспомогательный заземляющий электрод рядом с контуром заземления, чтобы искусственно создать петлю для тестирования.

Ниже представлены два метода измерения одноточечного заземления с помощью клещей **АКИП-8703**. Этот метод может быть применен к случаям в которых не может быть использован для измерений заземления традиционный метод «напряжение-ток» (voltage-ampere method).

#### (1). Двухточечный метод

Ниже представлена схема подключения для 2-х точечного метода измерения  $R$  заземления (*2 Point Method*). На рис. ниже показан отдельный (независимый) заземляющий электрод **RB**, например, металлокоммуникации, близлежащий водопровод из железных труб, здание и т. д., который расположен недалеко от тестируемого заземлителя **RA**. Соедините штыри заземлителей **RA** и **RB** с помощью дополнительного тестового провода.



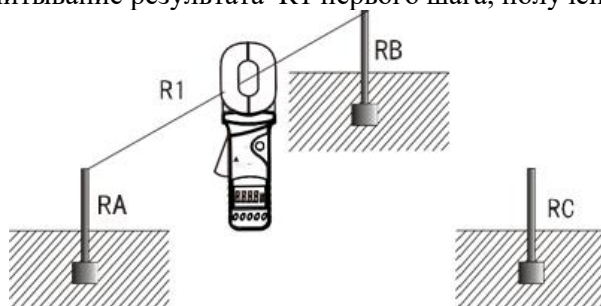
Значение сопротивления измеренное клещами АКИП-8703 является суммой двух последовательных сопротивлений ( $R$  заземления и  $R$  соединительного провода),  $R_T = R_A + R_B + R_L$

Где:  $R_T$  - это значение сопротивления, измеренное т/ клещами.  $R_L$  - значение сопротивления соединительной линии.

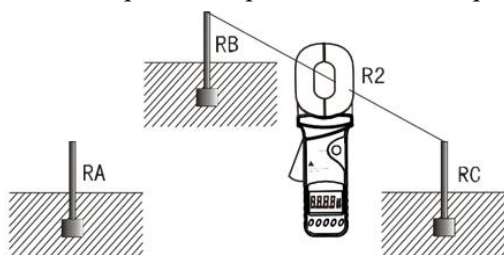
Значение сопротивления  $R_L$  может быть измерено клещами путем подключения к испытательному проводу, соединяющему выводы электродов. Если значение измеренное клещами меньше нормированного значения  $R_{\text{заземл}}$ , то сопротивления заземления 2-ух заземляющих элементов считаются в норме (квалифицируются положительно).

#### (2). Трёхточечный метод

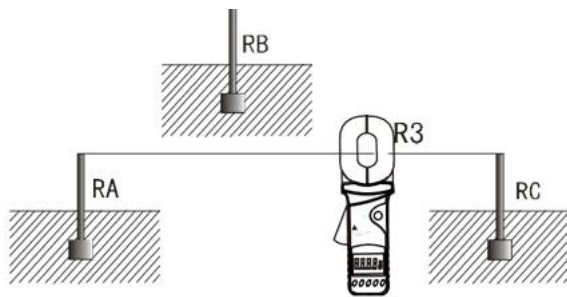
На рис. ниже представлена схема подключений для 3-х точечного метода измерений (*Three Point Method*). На рис. рядом с измеряемым заземлением **RA** показаны два независимых заземляющих устройства **RB** и **RC**. Первым шагом измерений является соединение **RA** и **RB** с помощью тестового провода, см. рисунок ниже. Далее следует считывание результата  $R_1$  первого шага, полученного с помощью клещей.



Вторым шагом является подключение соединительного провода к электродам **RB** и **RC**, как показано на рис. ниже. Используйте клещи для измерения второго значения сопротивления заземления -  $R_2$ .



Третьим шагом является подключение соединительного провода к электродам **RC** и **RB**, как показано на рис. ниже. Используйте клещи для измерения второго значения сопротивления заземления -  $R_3$ .



На вышеуказанных этапах измерений, полученные значения в каждом из трех тестов представляют собой значение двух последовательных сопротивлений заземления. Таким образом, каждое значение R заземления может быть легко рассчитано, поскольку:  $R_1 = RA + RB$ ,  $R_2 = RB + RC$ ,  $R_3 = RC + RA$ .

Итак:  $RA = (R_1 + R_3 - R_2) \div 2$  (это значение общего сопротивления заземления RA).

Для удобства запоминания приведенной выше формулы, три заземляющих элемента можно рассматривать как треугольник, а измеренное сопротивление равно соседнему боковому сопротивлению  $\pm$  противоположное боковое сопротивление, деленное на 2. Значения сопротивления заземлению двух других заземляющих электродов в качестве опорных объектов:  $RB = R_1 - RA$   $RC = R_3 - RA$

Рассмотрим подробнее органы контроля и элементы индикации измерителя. На рис. ниже показана передняя панель прибора, с расположенными на ней клавишами управления.

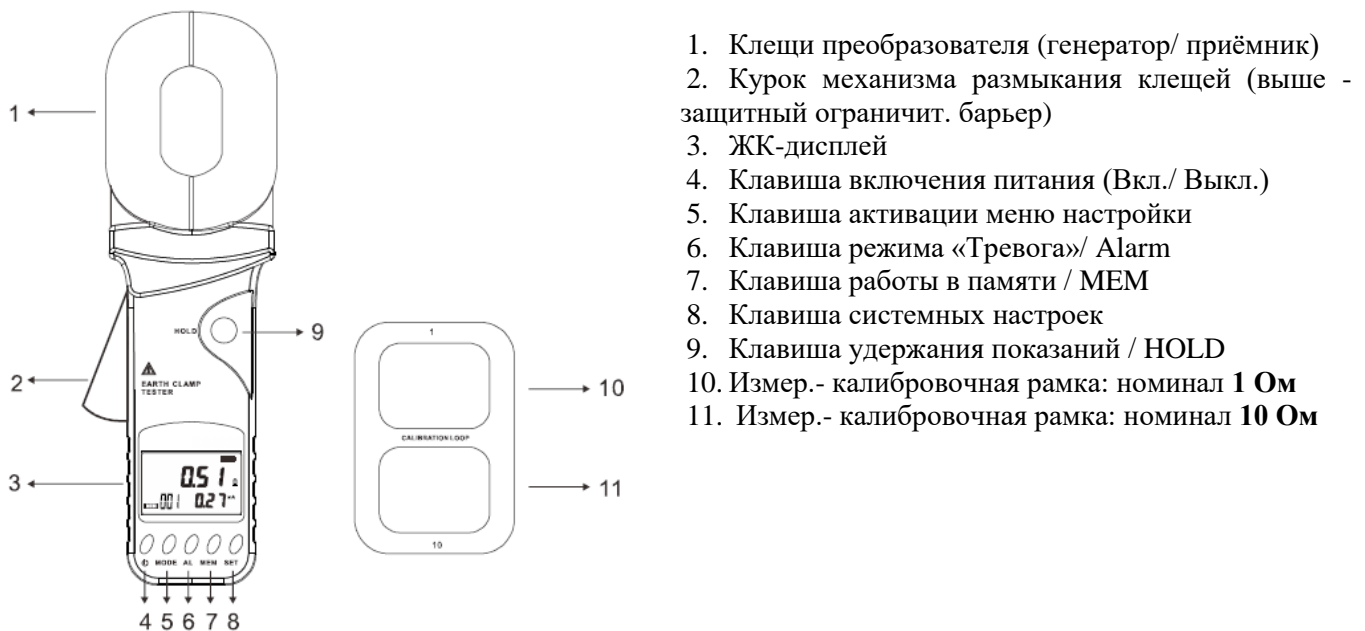
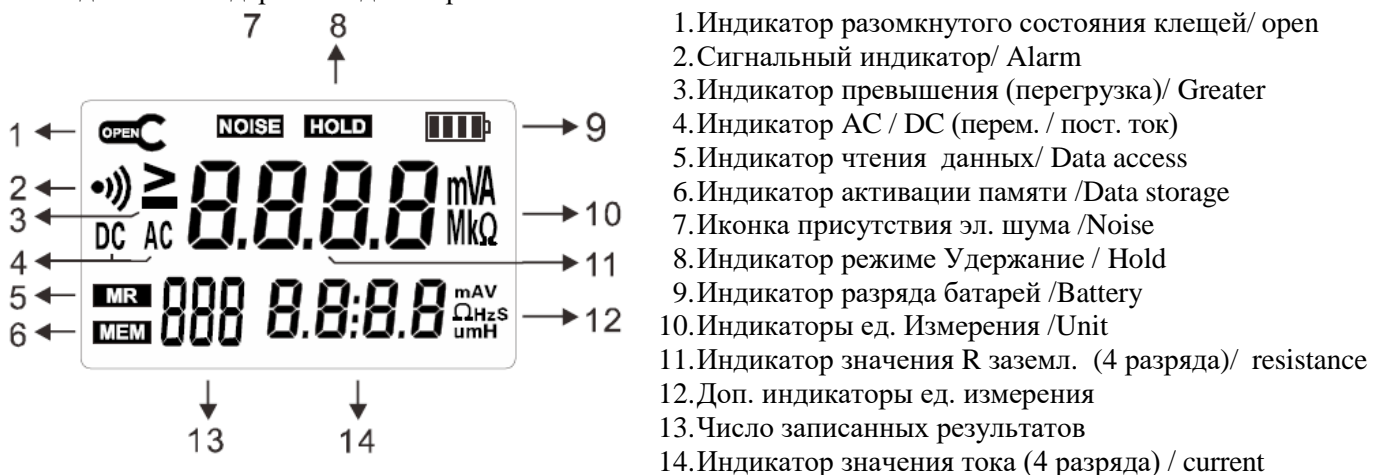


Рис.4 Органы управления АКПП-8703 (на рис. справа – рамка для калибровки 1 Ом/ 10 Ом)

ЖК-дисплей содержит индикаторы и элементы:



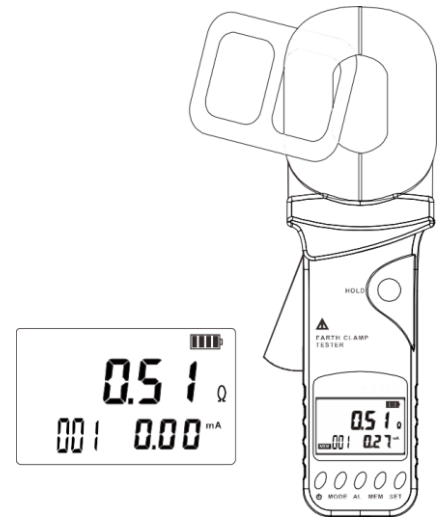
## Измерение сопротивления заземления/ тока

После включения питания и завершения самотестирования в центре ЖКИ отображается сообщение крупными символами «**OL**Ω», означающее, что можно приступать к выполнению измерений сопротивления. Для этого оператор должен нажать курок, открыть клещи и обхватить цепь (шину) подлежащую тестированию, и затем считать значение сопротивления на экране.

Сопротивление и ток утечки в цепи заземления могут быть измерены одновременно. Нажмите кнопку «**MODE**», чтобы переключиться между режимами «сопротивление+ток»/ *resistance+current* и «сопротивление»/ *resistance* после включения питания прибора. В режиме «сопротивление + ток» в правом нижнем углу ЖКИ отображается значение тока, например «**0,00** mA», если необходимо измерить только ток, переключитесь в этот режим для считывания текущего значения.

### Пример: режим Resistance + Current (сопротивление + ток):

- ✓ Измеренное значение сопротивления составляет **0.51**Ω,
- ✓ Порядковый номер сохраненной группы данных - №1 (1 ячейка), измеренный ток петли составляет **0,27** mA



Если в процессе измерений в центре ЖКИ отображается сообщение «**OL**Ω», то это указывает, что измеренное R превышает верхний предел клещей (перегрузка по сопротивлению). Индикация сообщения «**L0.01**Ω» означает, что сопротивление в цепи меньше нижнего предела измерений (ниже разрешения).

Если пользователь сомневается в достоверности полученного значения  $R_{\text{заземл}}$ , доступно использовать калибровочную рамку (2 петли) с целью оперативной проверки адекватной работы клещей. Контрольно-проверочная рамка имеет два номинала сопротивления: петля **1**Ω и **10**Ω (соответственно).

При тестировании объектов заземления с большим уровнем напряжения помех, наводок отображается индикатор наличия электрического шума NOISE (мигает). При этом прибор издает громкий прерывистый звуковой сигнал, в момент индикации данного сообщения точность измерений не гарантируется.

### Схема сигнализации/ Тревога (Alarm)

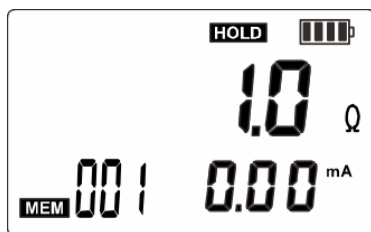
Предусмотрена схема допускового контроля при измерениях. После включения питания оператор нажатием клавиши «**AL**» включает или выключает функцию сигнализации (Alarm), после входа в меню настройки длительным нажатием клавиши «**SET**», он может установить предельное значение сопротивления, тока и напряжения (Ω, A, V). Когда функция сигнализации включена и измеренное значение сопротивления превышает заданное значение, то прибор отображает символ «**•••**» и выдает звуковой сигнал тревоги «"beep-beep-beep"». При настройке порога сигнализации максимальное значение для сопротивления заземления составляет 200 Ом, как показано ниже:



Функция звукового оповещения Alarm с установкой пороговых значений повышает удобство работы с клещами в плохоосвещённых и труднодоступных местах.

### Удержание показаний

После включения питания, по окончании стабилизации результата измерений – однократно нажать клавишу «**HOLD**»/ Data Lock чтобы зафиксировать текущие показания дисплея и сохранить эти данные для ручной записи. При этом на ЖКИ отображается соответствующее сообщение, как показано ниже:



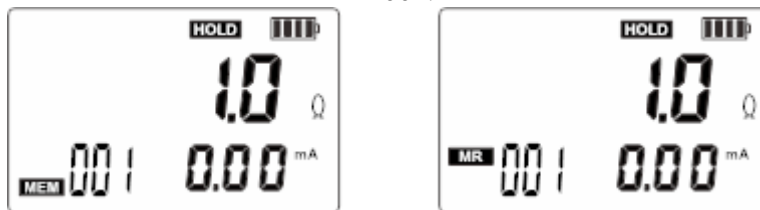
Для выхода из режима блокировки экрана (фиксации показаний/ **Data Lock**) – нажать «HOLD» ещё раз.

### Запись данных в память/ просмотр/ удаление

Когда измерение будет завершено, однократное нажатие клавиши «HOLD» служит для активации функции сохранения данных. На ЖКИ отображается символ "MEM" (мигает) и автоматически нумеруется очередная использованная ячейка памяти (№№ - нарастающим итогом). Если объем памяти будет заполнен полностью, то на дисплее прибора мигает «MEM».

Для перехода в режим просмотра записанных данных оператор активирует в меню отображение символа "MR" (статус чтения). Нажатием клавиш «AL» или «SET» обеспечивается выбор необходимых данных с шагом 1 для вывода на экран в виде номера требуемой ячейки памяти.

На левом рисунке ниже показан ЖКИ с мигающим «MEM» при записи данных и текущий порядковый номер ячейки хранения (№ 001). На рис. справа представлен экран в режиме просмотра данных «MR» с указанием номера вызванной из памяти ячейки - №001.



Измеритель **АКИП-8703** является прибором нового поколения измерителей сопротивления заземления в виде размыкаемых токовых клещей для оперативного контроля устройств заземления без их отключения шин и цепей, а также без использования вспомогательных электродов.

По совокупности технических характеристик и функциональности это оптимальный инструмент для удобного измерения сопротивления заземления в сфере телекоммуникаций, электроэнергетики, компьютерных залов, нефте- и газодобывающих компаний, электромеханических производств, организаций монтажа ЭУ и обслуживания технологического оборудования, а также для промышленных предприятий, которые используют электричество и связанные с ним сооружения заземления в своём производственном цикле.