Челэнергоприбор

МИКРООММЕТР ИКС-40А

Руководство по эксплуатации

Рекомендуется хранить вместе с прибором и внимательно изучить перед началом эксплуатации.

г. Челябинск

Версия 1.1

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОПИСАНИЕ И УСТРОЙСТВО 3

1.1. Назначение 3
1.2. Технические характеристики 4
1.3. Состав прибора 5
1.4. Устройство прибора 6

2. РАБОТА С ПРИБОРОМ 8

2.1. Подготовка к работе 8
2.2. Интерфейс прибора 8
2.3. Структура меню 10
2.4. Измерение сопротивления 11
2.5. Двухканальное измерение сопротивления. 16
2.6. Режим Трансформатор 17
2.7. Функция размагничивания 20
2.8. Тест DRM 22

3. СЕРВИСНЫЕ ФУНКЦИИ И РЕЖИМЫ 24

3.1. Меню Сервис и настройки 24
3.2. Обновление ПО и интерфейса 28
3.3. Сообщения об ошибках 28
3.4. Заряд аккумулятора 28

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ 29

5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ 29

6. ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ 29

7. ПОВЕРКА 30

8. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ 30

9. УТИЛИЗАЦИЯ 30

10. ИСТОРИЯ ИЗМЕНЕНИЙ 31

ПРИЛОЖЕНИЕ 32

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации (далее РЭ) предназначено для изучения технических характеристик, устройства и принципа действия, а также правил эксплуатации переносного малогабаритного микроомметра ИКС-40А (далее по тексту микроомметр).

К пользованию микроомметром допускается электротехнический персонал, имеющий группу по электробезопасности не ниже III, после изучения руководства по эксплуатации прибора.

Запрещается использование микроомметра без ознакомления с данным руководством!

РЭ содержит сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) микроомметра, его составных частях и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации микроомметра, а также сведения по утилизации изделия и его составных частей.

Перечень используемых сокращений:

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь;

ЗУ – зарядно-питающее устройство;

АБ – аккумуляторная батарея;

ЖКИ – жидкокристаллический индикатор;

МК – микроконтроллер;

ОС – операционная система;

ПО – программное обеспечение;

РПН – устройство регулирования напряжения под нагрузкой.

1. Описание и устройство

1.1. *Назначение*

1.1.1. Микроомметр предназначен для измерения электрического сопротивления постоянному току с измерительным током до 40 А.

Микроомметр позволяет измерять электрическое сопротивление постоянному току активных и индуктивных цепей, в том числе переходных электрических сопротивлений высоковольтных выключателей и разъединителей, а также обмоток электрических машин и трансформаторов большой мощности в диапазоне от 1 мкОм до 100 кОм.

1.1.2. Прибор предназначен для эксплуатации в следующих условиях:

3.1.4.1 *Рабочие условия:*

- температура окружающей среды, °С .....–20…+55;
- относительная влажность воздуха при 30°С, %.....90;
- атмосферное давление, кПа.....84…106,7;
- напряженность электрического поля частотой 50 Гц, кВ/м .....до 5;
- напряженность магнитного поля частотой 50 Гц, А/м.....до 400.

3.1.4.2 *Нормальные условия:*

- температура окружающей среды, °С .....25±5;
- относительная влажность воздуха, % .....30…80;

- атмосферное давление, кПа.....84…106,7.

1.1.3. Питание прибора - от встроенной батареи литий-ионных аккумуляторов номинальным напряжением 12,8 В, номинальной емкостью не менее 6 А·ч и от комплектного зарядно-питающего устройства.

1.1.4. Батарея аккумуляторов ИКС-40А имеет схему защиты элементов от перенапряжения и схему балансировки заряда, обеспечивающую, при правильной эксплуатации, длительный срок службы батареи.

1.1.5. Индикация измеренного значения сопротивления – визуальная, цифровая, на графическом цветном ЖКИ с подсветкой, разрешением 800х480 пикселов и диагональю не менее 12,5 см.

1.1.6. Значение измеренной величины может быть считано дистанционно, с использованием встроенного в прибор интерфейса связи стандарта Bluetooth, по которому может осуществляться и управление режимами измерений микроомметра.

1.2. *Технические характеристики*

1.2.1. Диапазон измеряемого электрического сопротивления: 1 мкОм…100 кОм.

1.2.2. Измерительный ток устанавливается в зависимости от выбранного диапазона измерений величиной от 80мкА до 40А.

1.2.3. Диапазоны измерения сопротивления:
- при измерительном токе не менее 40 А..... от 0,000001 до 0,0001 Ом;
- при измерительном токе не менее 30 А.....от 0,0001 до 0,001 Ом;
- при измерительном токе не менее 10 А.....от 0,001 до 0,01 Ом;
- при измерительном токе не менее 1 А.....от 0,01 до 1 Ом;
- при измерительном токе не менее 8 мА .....от 1 до 1000 Ом;
- при измерительном токе не менее 80 мкА .....от 1 до 100 кОм.

1.2.4. Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения сопротивления:
при измерительном токе не менее 40 А в диапазоне от 0,000001 до 0,0001 Ом, не более ..... ±[0,1+0,05(Rк/R–1)] %;
при измерительном токе не менее 30 А в диапазоне от 0,0001 до 0,001 Ом, не более..... ±0,1%;
при измерительном токе не менее 10 А в диапазоне от 0,001 до 0,01 Ом, не более..... ±0,1%;
при измерительном токе не менее 1 А в диапазоне от 0,01 до 1 Ом, не более..... ±0,1%;
при измерительном токе не менее 0,008 А в диапазоне от 1 до 1000 Ом, не более..... ±0,1%;
при измерительном токе не менее 0,00008 А в диапазоне от 1000 до 100000 Ом, не более ..... ±0,1%;
где R – измеренное значение сопротивления, Rк – максимальное значение сопротивления для данного диапазона, Ом.

1.2.5. Допускаемая дополнительная относительная погрешность измерения при изменении температуры окружающего воздуха от нормальных до предельных значений в рабочем диапазоне температур не превышает предела допускаемой основной погрешности на каждые 10 °С.

1.2.6. Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения при наличии внешнего однородного магнитного поля частотой 50 Гц напряженностью до 400 А/м не превышает пределов допускаемой основной погрешности измерения.

1.2.7. Длина измерительных проводов, не менее ..... 7 м.

1.2.8. Габаритные размеры микроомметра, не более.....305х250х120 мм.

1.2.9. Масса микроомметров без измерительных проводов, не более..... 3,5 кг.

1.2.10. Время установления рабочего режима, не более ..... 120 с.

1.2.11. Напряжение источника измерительного тока, не более ..... 50 В.

1.2.12. Сопротивление токовых измерительных проводов, не более .....0,03 Ом.

1.2.13. Время заряда аккумулятора, не более .....4 ч.

1.2.14. Микроомметр тепло-, холодо-, влагопрочный и обладает прочностью при транспортировании в соответствии с ГОСТ 22261-94 для средств измерений 4 группы.

1.2.15. Степень защиты, обеспечиваемая корпусом прибора по ГОСТ 14254-2015:

- при закрытой крышке IP65;
- при открытой крышке..... IP30.

1.2.16. Средний срок службы приборов, не менее..... 10 лет.

1.2.17. Средняя наработка на отказ при вероятности безотказной работы 0,95, не менее .....10000 ч.

1.3. *Состав прибора*

1.3.1. Прибор ИКС-40А собран в ударопрочном герметичном кейсе, благодаря чему лицевая панель прибора защищена от ударов и влаги крышкой кейса. На поверхности лицевой панели прибора размещены разъемы для подключения измерительных проводов, разъем подключения блока питания, окно графического индикатора, кнопки включения и управления.

1.3.2. Комплектность приборов приведена в таблице 1.

1.3.3. Прибор выполняет следующие функции:

- Формирует стабильный измерительный ток;
- Усиливает и преобразует в цифровой код сигнал, снимаемый с потенциальных зондов;
- Индицирует измеренное значение сопротивления.

1.3.4. Аккумуляторная батарея, обеспечивающая электропитание прибора ИКС-40А, установлена внутри корпуса прибора. В приборе ИКС-40А использованы литий-ионные аккумуляторы, обеспечивающие необходимый измерительный ток в широком диапазоне температур.

1.3.5. В прибор ИКС-40А встроена схема, обеспечивающая защиту и балансировку элементов аккумуляторной батареи.

1.3.6. Внешнее зарядно-питающее устройство предназначено для заряда аккумуляторной батареи. Выполнено в виде блока, подключаемого к сети переменного тока 230 В 50 Гц, имеющего выход постоянного тока напряжением 14,6 В. ЗУ подключается к измерительному блоку прибора соединительным проводом.

Таблица 1. Комплектность прибора ИКС-40А

№№ п.п.	Наименование	Кол-во
1	Микроомметр ИКС-40А	1 шт.
2	Комплект измерительных проводов	1 компл.
3	Устройство зарядно-питающее от сети переменного тока 230 В, 50 Гц	1 шт.
4	Методика поверки ПТМР 411212.027 МП	1 экз.
5	Руководство по эксплуатации	1 экз.
6	Паспорт ПТМР 411212.027 ПС	1 экз.
7	Сумка или кейс для переноски проводов	1 шт.
8	Шунт 75А	1 шт.

1.4. *Устройство прибора*

1.4.1. Упрощенная блок-схема микроомметра приведена на рис. 1.

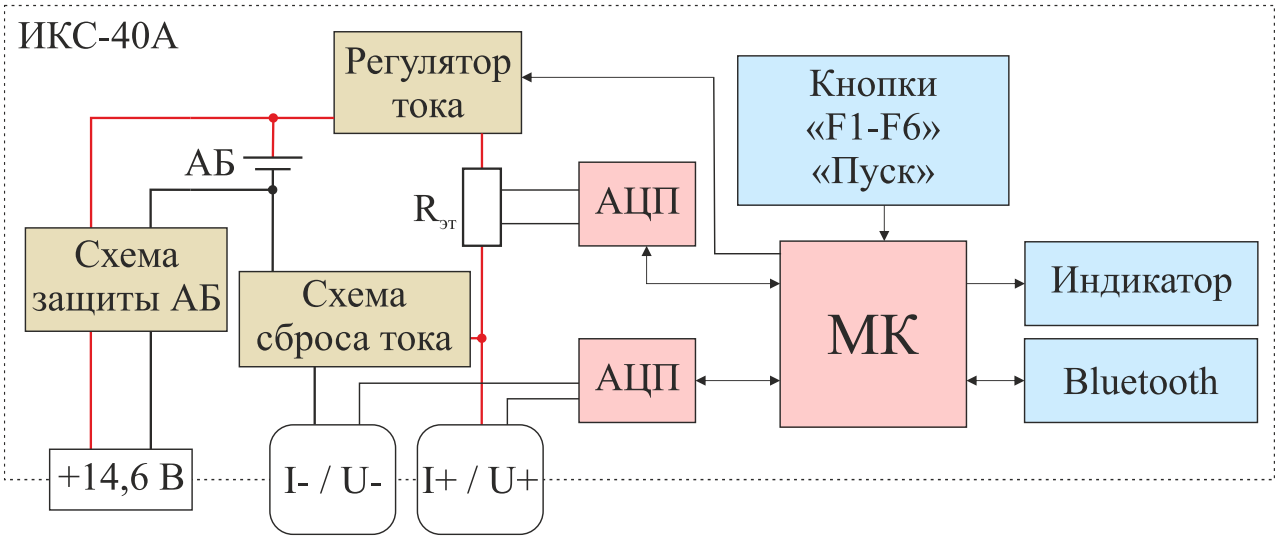

Рис. 1. Упрощенная блок-схема микроомметра

Регулятор тока является адаптивным: после включения регулятора, на этапе нарастания тока происходит оценка индуктивности объекта измерения и задание соответствующих параметров регулятора тока, обеспечивающих быстрое и точное установление измерительного тока. После чего с помощью АЦП производятся измерения величин тока, протекающего через внутренние эталонные сопротивления, и падения напряжения, созданного на объекте измерения,

и, исходя из полученных данных, рассчитывается и отображается на индикаторе величина измеренного электрического сопротивления постоянному току.

1.4.2. Внешний вид прибора ИКС-40А приведён на рис. 2.

На лицевой панели размещены:

1. Вентиляционные решетки;
2. Разъемы для подключения измерительных проводов;
3. Разъем для подключения зарядного устройства;
4. Розетка USB-A для подключения флэш-накопителя;
5. Кнопка «Питание»;
6. Цветной графический дисплей с сенсорной панелью емкостного типа;
7. Кнопка «Пуск» со встроенным светодиодным индикатором;
8. Многофункциональные кнопки управления режимами работы прибора (софт-кнопки).

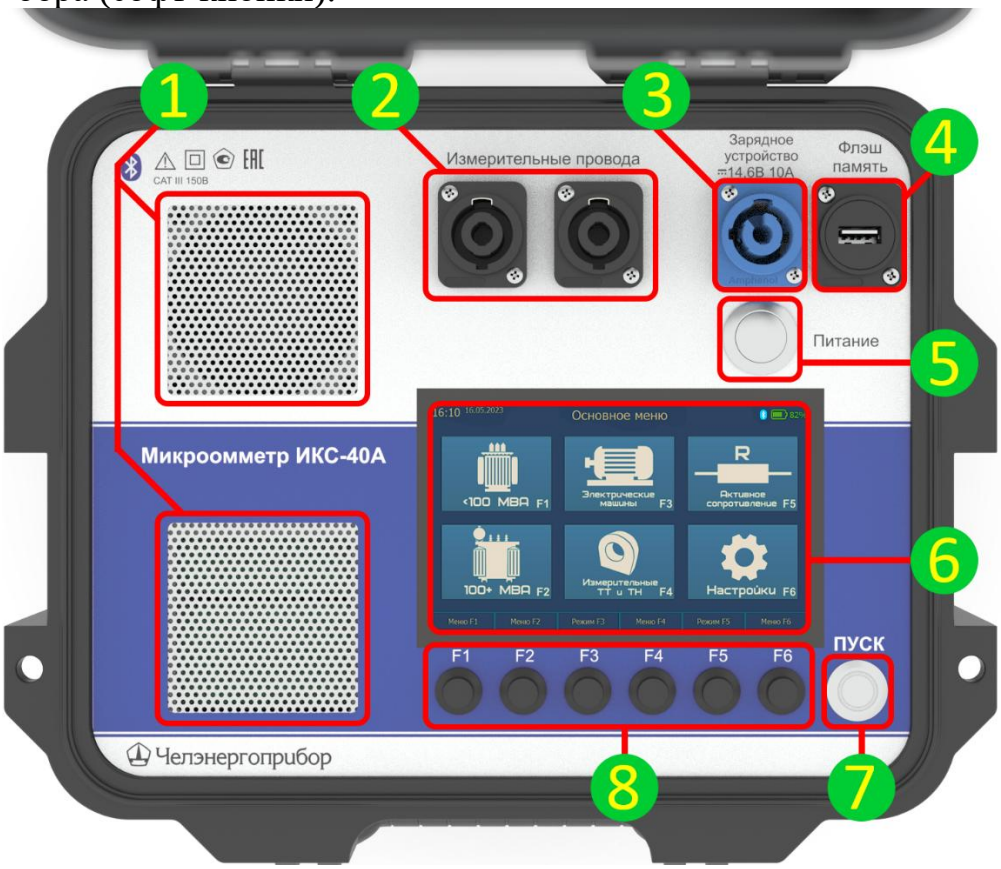

Рис. 2. Внешний вид прибора ИКС-40А

1.4.3. Измерительные провода:

Каждый измерительный провод состоит из разъёма для подключения к прибору, двух (токового и потенциального) соединительных проводов и зажима типа «крокодил», конструктивно включающего в себя гальванически развязанные потенциальные и токовые щупы. Данный конструктив позволяет максимально удобным образом производить измерение сопротивлений по четырехпроводной схеме.

2. Работа с прибором

2.1. *Подготовка к работе*

2.1.1. Для подготовки прибора к проведению измерений необходимо:

- Убедиться в отсутствии напряжения в исследуемых цепях.
- Подключить к прибору комплект измерительных проводов.
- Включить прибор, дождаться его загрузки.

2.1.2. Включение прибора ИКС-40А производится нажатием кнопки «Питание» (5). При включении раздается звуковой сигнал и в течение процесса старта прибора с частотой около 1 Гц мигает светодиод кнопки «Пуск». Далее в процессе запуска включается подсветка индикатора, и, не более чем через 120 секунд, на экране отобразится основное меню и, таким образом, прибор готов к работе.

2.1.3. Для отключения прибора ИКС-40А необходимо нажать кнопку «Питание» и удерживать ее до звукового сигнала. После чего отпустить, что приведет к отключению.

2.1.4. Опробование приборов осуществляется в режиме измерения активного сопротивления на шунте из комплекта поставки. Для этого необходимо измерительные крокодилы подключить перпендикулярно шунту так, чтобы губки зажимов были расположены максимально близко к потенциальным винтам шунта.

С учетом класса точности шунта (0,5) и дополнительной погрешности позиционирования измерительных крокодилов отклонение измеренного значения от номинального сопротивления шунта (1000 мкОм) не должно превышать величину ±2%.

2.2. *Интерфейс прибора*

2.2.1. После включения и загрузки прибора на дисплее отображается основной экран прибора. Его вид представлен на рис. 3.

Основной экран включает в себя следующие функциональные области:

1. Панель даты/времени.
2. Заголовок текущего меню/функционального окна.
3. Панель иконок.
4. Основная рабочая область
5. Панель софт-кнопок.

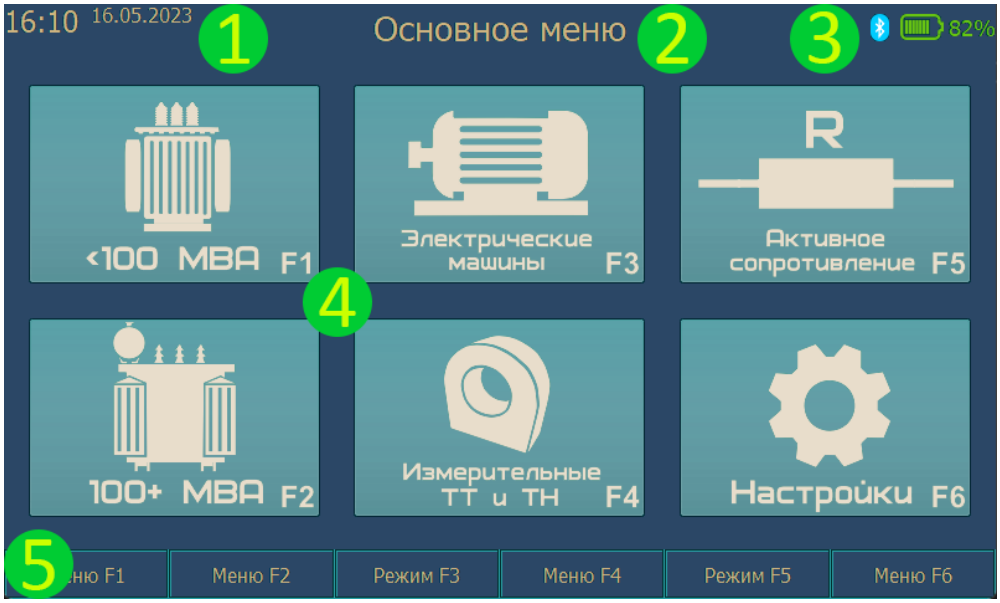

Рис. 3. Основной экран

2.2.2. Управление прибором может осуществляться с помощью сенсорного ввода, а также с помощью аппаратных кнопок (7,8 рис. 2). Описанные способы управления для основных функций прибора являются дублирующими и взаимозаменяемыми. Благодаря чему оператор может использовать наиболее удобный в каждой конкретной ситуации вариант.

2.2.3. Софт-кнопки (8 рис. 2) выполняют различные функции в зависимости от текущего режима работы прибора. Текущие актуальные функции для каждой из кнопок отображаются на панели софт-кнопок (5 рис. 3). Например, в основном меню, представленном на рис. 3 каждая из софт-кнопок закреплена за отдельным пунктом меню и нажатие на нее приведет к выбору этого пункта.

2.2.4. Панель иконок (3 рис. 3) служит для отображения иконок, представленных в таблица 2.

Таблица 2. Иконки, отображаемые на панели иконок

Индикатор	Описание
	Повышенная температура батареи.
	Перегрев силового драйвера источника тока.
	Активирована система принудительного охлаждения.
	Установлено соединение по беспроводному каналу.
	Активирован порт USB на передней панели прибора. USB-флеш диск не подключен.
	USB-флеш диск подключен.

2.3. *Структура меню*

2.3.1. Основное меню организовано таким образом, что верхний уровень (основное меню) позволяет выбрать тип объекта, который планируется исследовать, а затем получить доступ к функциям актуальным для объектов указанного типа.

2.3.2. Предоставляется возможность выбрать объекты следующих типов:

- Трансформаторы мощностью менее 100 МВА.
  Силовые трансформаторы относительно небольшой мощности. Выбор данного пункта меню открывает подменю, представленное на рис. 4. Для таких объектов доступно измерение сопротивления обмотки постоянному току, функция размагничивания магнитопровода, тест DRM, а также режим комплексного измерения сопротивления обмоток трансформатора.

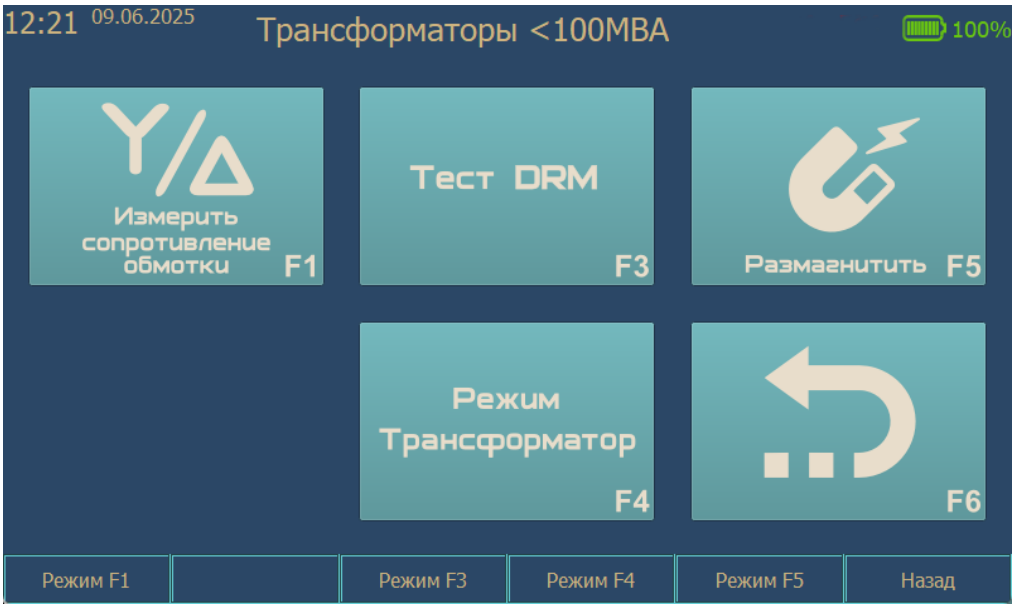

Рис. 4. Подменю «Трансформаторы <100МВА»

- Трансформаторы мощностью 100 МВА и более.
  Мощные силовые трансформаторы. Выбор данного пункта меню открывает подменю, представленное на рис. 5.

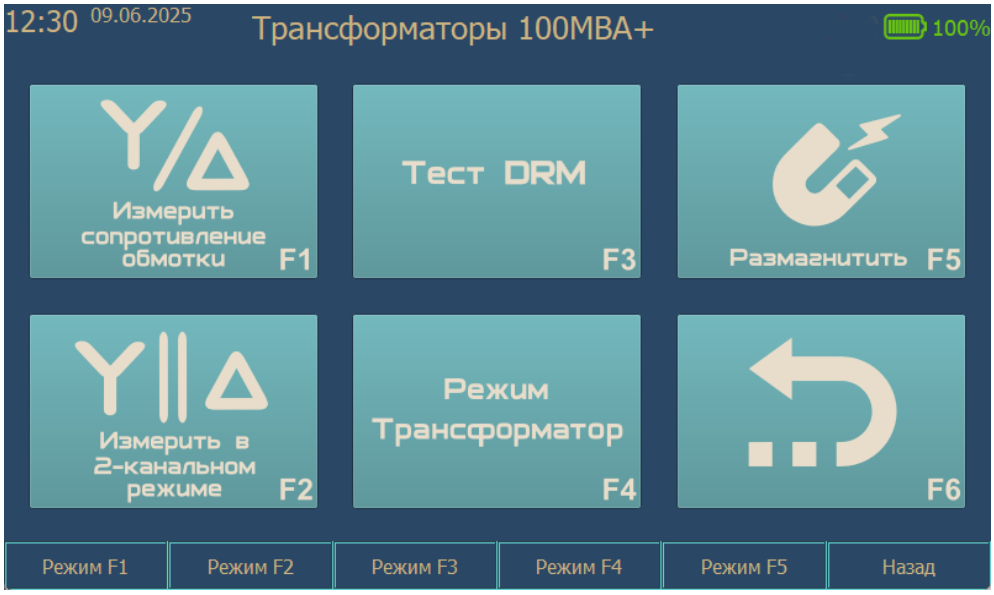

Рис. 5. Подменю «Трансформаторы 100MBA+»

Для таких объектов доступно измерение сопротивления обмотки постоянному току в одноканальном и опционально двухканальном режимах, функция размагничивания магнитопровода, тест DRM, а также режим комплексного измерения сопротивления обмоток трансформатора.

- Электрические машины.
  Объекты с малой индуктивностью (например, электродвигатели, дроссели и пр.). Для данного типа объектов доступна функция измерения омического сопротивления. Выбор данного пункта меню переводит прибор в соответствующий режим измерения сопротивления.
- Измерительные ТТ и ТН.
  Подменю данного раздела содержит доступ к рабочему режиму измерения сопротивления постоянному току обмоток измерительных трансформаторов тока и напряжения. Также доступна функция размагничивания сердечника трансформатора.
- Активное сопротивление.
  Режим измерения сопротивления низкоиндуктивных объектов. Позволяет производить замеры сопротивления активных цепей, контактных сопротивлений и пр.

2.3.3. Настройки.

Данный пункт меню предоставляет доступ к сервисным функциям и настройкам прибора. Подробнее см. раздел 3.

2.4. *Измерение сопротивления*

2.4.1. При выборе одного из вариантов измерения сопротивления основная рабочая область экрана переключается в соответствующий режим. Внешний вид экрана в режиме измерения сопротивления представлен на рис. 6.

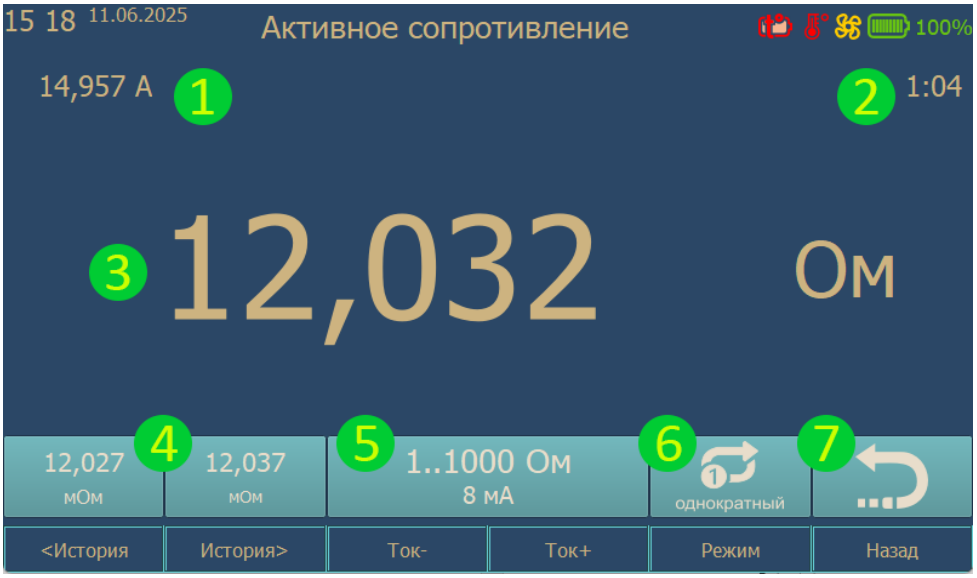

Рис. 6. Режим измерения сопротивления

2.4.2. Экран в режиме измерения сопротивления включает в себя следующие элементы:

1. Индикатор измерительного тока, который служит для отображения тока в процессе измерения.
2. Таймер длительности процесса измерения.
3. Индикатор значения сопротивления, который служит для отображения значений измеренного сопротивления.
4. Панель истории измерений. Позволяет просматривать результаты проведенных ранее измерений. Нажатие на кнопку открывает диалоговое окно истории измерений (см. п. 2.4.12).
5. Панель выбора предела измерений/измерительного тока, которая позволяет выбрать подходящий измерительный ток, ориентируясь на соответствующий диапазон сопротивлений.
6. Кнопка «Режим», позволяющая переключаться между различными режимами остановки измерений:
   - Однократный (доступен только для активного сопротивления) – замер останавливается сразу после получения первого результата измерений.
   - Авто – получаемые результаты измерений анализируются прибором и останов осуществляется автоматически в момент установления и стабилизации показаний.
   - Непрерывный – останов осуществляется вручную оператором.
7. Кнопка «Назад», служащая для выхода из режима измерения сопротивления.

2.4.3. Многофункциональные софт-кнопки в данном режиме выполняют следующие функции:

- F1-F2 позволяют перелистывать историю измерений.
- F3-F4 позволяют выбирать измерительный ток

- F5 дублирует кнопку «Режим» и служит для переключения режимов измерения
- F6 дублирует кнопку «Назад» и позволяет выйти из режима измерения сопротивления.

Подсказки, описывающие текущий функционал софт-кнопок, отображаются на панели софт-кнопок в самом низу экрана.

2.4.4. Аппаратная кнопка «Пуск» позволяет осуществить запуск/останов измерения.

2.4.5. Выбор величины измерительного тока.

2.4.5.1. Величина измерительного тока может быть выбрана 2 способами:

- с использованием функциональных клавиш F3 и F4, которые переключают доступные варианты токов в сторону уменьшения и увеличения соответственно,
- через диалоговое окно выбора тока, которое вызывается нажатием на панель выбора предела измерений/измерительного тока на экране.

2.4.5.2. Обратите внимание – в режимах для измерения сопротивления индуктивных объектов число вариантов измерительных токов больше, чем в режиме измерения активного сопротивления, что позволяет подобрать более близкий к максимально возможному вариант и таким образом более качественно произвести измерения.

Внешний вид окна выбора тока для режима активного сопротивления представлен на рис. 7.

Рис. 7. Окно выбора тока для измерения активного сопротивления.

Внешний вид окна выбора тока для измерения индуктивных объектов представлен на рис. 8.

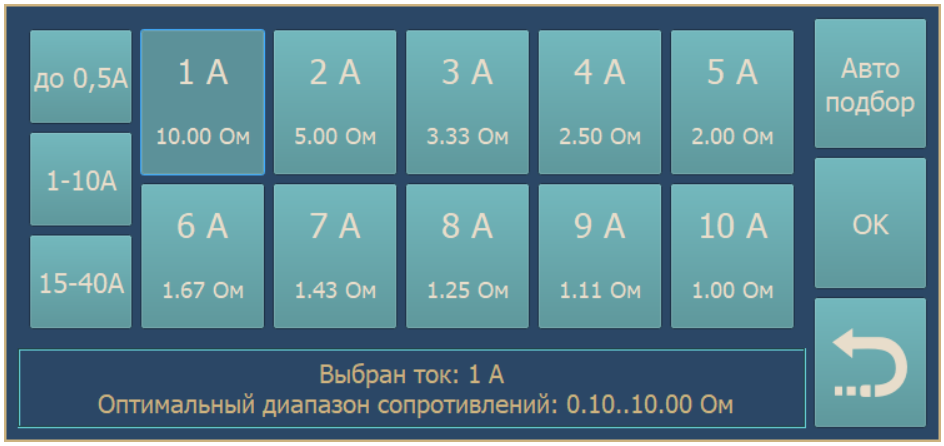

Рис. 8. Окно выбора тока для измерения индуктивных объектов.

В связи с большим числом доступных значений измерительных токов все варианты разделены на группы «до 0,5А», «1-10А» и «15-40А». Для выбора конкретной величины тока необходимо сначала выбрать подходящую группу (левый столбец кнопок).

2.4.5.3. Автоматический подбор тока.

Для приборов с версией ПО 1.1.60 и старше для объектов «Активное сопротивление» и «Трансформаторы <100МВА» доступна опция «Авто подбор» измерительного тока. При выборе данной опции во время проведения испытания производится предварительная оценка сопротивления объекта измерительным током 8 мА. После чего по результатам оценки подбирается оптимальный измерительный ток и производится рабочее измерение сопротивления.

Рабочий диапазон измеряемых сопротивлений при активации данной опции 1 мкОм – 1 кОм.

Обратите внимание – в данном режиме в зависимости от сопротивления испытываемого объекта развиваемая в процессе измерения мощность может **превышать 100Вт**.

Не допускается запускать измерения в режиме «Авто подбор» для объектов с ограниченной нагрузочной способностью!

Например – при измерении катушек/магазинов сопротивлений, либо иных объектов с ограничениями по величинам измерительных токов следует **вручную** выбирать подходящий измерительный ток, не превышающий допустимые значения.

2.4.6. Порядок действий для выполнения замера сопротивления:

1. Выбрать подходящий измерительный ток/предел измерений
2. Включить подходящий режим работы измерителя (для активного сопротивления рекомендуемый режим «однократный», для индуктивных цепей – «авто»)
3. Подключить измерительные провода к объекту испытаний.
4. Запустить измерение нажатием кнопки «Пуск»
5. Дождаться окончания процесса измерения.

6. В режиме «непрерывный» дождаться установления показаний и нажать кнопку «пуск/стоп».
7. Дождаться окончания процедуры сброса тока (сопровождается звуковой индикацией и свечением индикатора аппаратной кнопки «Пуск»)

2.4.7. Во время измерения запрещено разрывать токоведущую цепь!

2.4.8. **В электрических цепях, включающих индуктивные элементы, невозможно мгновенное прекращение протекания измерительного тока. О протекании тока опасной величины свидетельствует свечение индикатора аппаратной кнопки «Пуск». Отключение измерительных проводов допускается строго после выключения данного индикатора.**

2.4.9. Прибор ИКС-40А имеет встроенную схему демпфирования для сброса энергии, накапливаемой в магнитопроводе во время измерения, и быстрого снижения тока в обмотке до нуля после окончания измерения. Благодаря этому, протекание тока в обмотке прекращается в течение нескольких секунд после завершения измерения.

2.4.10. При необходимости, возможно проводить измерения с подключенным зарядным устройством (комбинированное питание), что позволит даже с разряженными аккумуляторами измерять сопротивление и увеличить время работы прибора.

2.4.11. Для наглядности процесса установления значения измеряемого сопротивления присутствует индикация:

- ↑↑↑ или ↓↓↓ показывает изменение значения более 1% за 1 секунду;
- ↑↑ или ↓↓ показывает изменение значения более 0,2% за 1 секунду;
- ↑ или ↓ показывает изменение значения более 0,02% за 1 секунду;
- ↑↓ отображается при нестабильном поведении значения;
- ***** отображается при стабилизации значения.

2.4.12. Окно просмотра истории измерений позволяет просмотреть, сохранить и очистить результаты последних произведенных измерений. Внешний вид окна представлен на рис. 9.

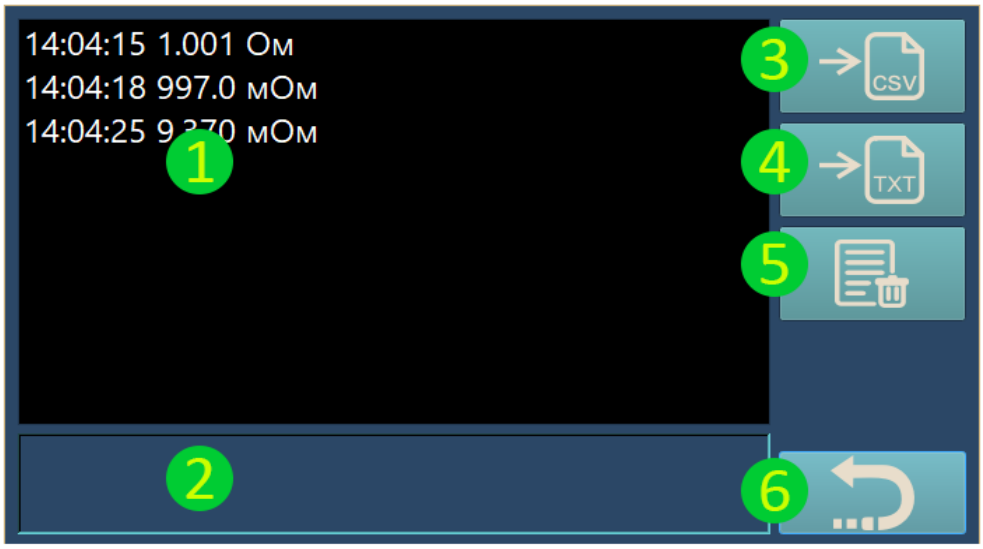

Рис. 9. Окно просмотра истории измерений.

Данное окно содержит следующие элементы:

1. Поле данных, на котором отображаются результаты измерений с временными отметками.
2. Строка информации, служащая для отображения информационных сообщений.
3. Кнопка «Сохранить в CSV». Служит для сохранения данных в формате CSV.
4. Кнопка «Сохранить в TXT». Служит для сохранения результатов в текстовом формате.
5. Кнопка «Очистить данные». Позволяет очистить историю измерений.
6. Кнопка «Назад». Позволяет вернуться к предыдущему окну.

2.5. *Двухканальное измерение сопротивления.*

Микроомметр ИКС-40А предоставляет возможность измерения двух сопротивлений обмоток трансформатора при одновременном пропускании одного измерительного тока через них. Данная опция расширяет область применения микроомметра в сравнении с аналогами без этой функции и, в том числе, позволяет провести корректные измерения в некоторых случаях, где классическая методика измерения сопротивления обмоток трансформаторов не дает достоверного результата.

2.5.1. Для проведения измерения сопротивления в двухканальном режиме ИКС-40А потребуется использовать комплект для двухканальных измерений, состоящий из адаптера арт.2701 и дополнительного комплекта измерительных проводов (не входит в базовую комплектацию прибора). Внешний вид адаптера представлен на рис. 10.

Рис. 10. Адаптер для двухканальных измерений арт. 2701

2.5.2. Испытательная схема измерения сопротивления в двухканальном режиме с использованием адаптера арт. 2701 приведена на рис. 11.

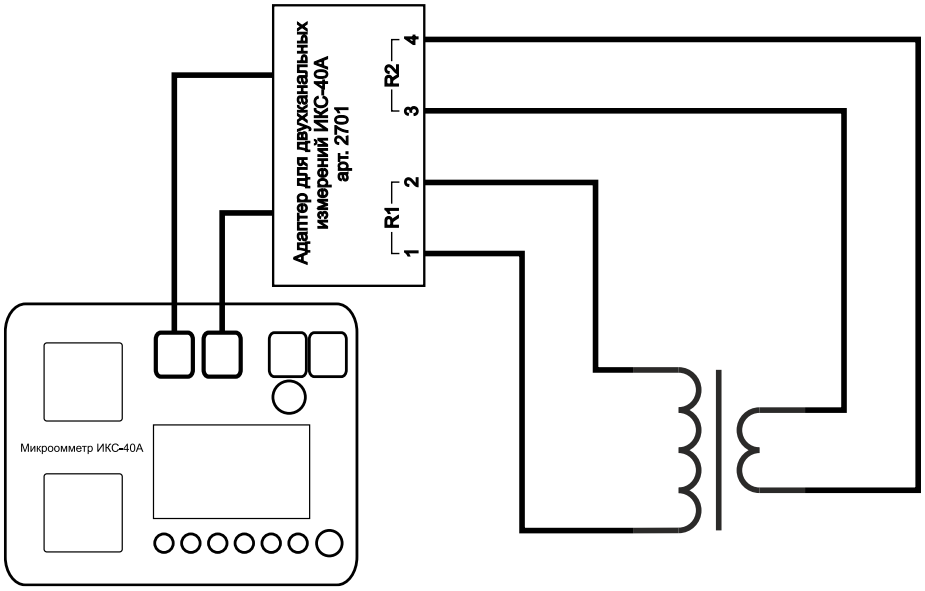

Рис. 11. Двухканальное подключение с использованием адаптера арт. 2701

2.5.3. Внешний вид экрана прибора в режиме двухканального измерения представлен на рис. 12.

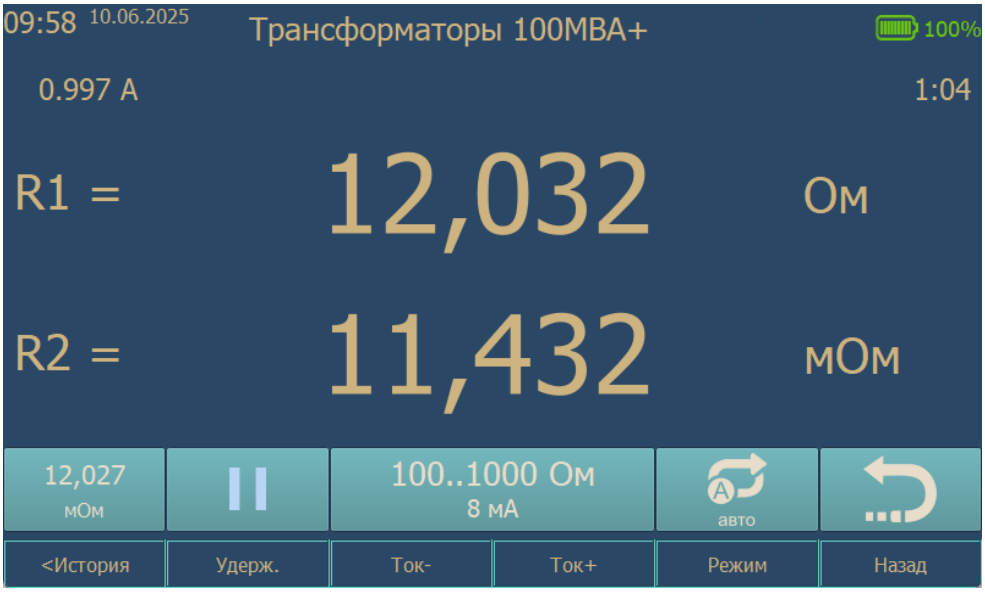

Рис. 12. Режим двухканального измерения сопротивления

2.5.4. Методика проведения испытания идентична обычному измерению сопротивления. При этом на экране выводится 2 значения сопротивления – R1 и R2, которые соответствуют сопротивлениям обмоток, подключенным к каналам R1 и R2 адаптера соответственно.

2.5.5. В режиме «авто» автоматический останов измерения осуществляется после стабилизации показаний обоих измерительных каналов.

2.6. *Режим Трансформатор*

Режим трансформатор предназначен для проведения комплексных измерений сопротивлений обмоток трансформаторов и сохранения результатов как проме-

жуточных с целью дальнейшей загрузки и продолжения испытания, так и итоговых с возможностью выгрузки результатов в формате CSV. В данном режиме имеется возможность указать конфигурацию обмоток трансформатора, а затем представить результаты в табличном виде.

2.6.1. После выбора пункта меню «Режим трансформатор» открывается окно предварительного этапа – задание конфигурации трансформатора. Внешний вид окна представлен на рис. 13.

Рис. 13. Конфигурация трансформатора

Окно задания конфигурации включает в себя следующие элементы:

1. Панель «Число фаз», которая позволяет указать число фаз трансформатора.
2. Панель «Обмотки», которая позволяет указать конфигурацию обмоток трансформатора.
3. Выпадающие меню «Фазы» для каждой из обмоток. Данное меню позволяет указать актуальные обозначения фаз.
4. Поля ввода «Отводы» для каждой из обмоток. Данные поля ввода позволяют указать число отводов.
5. Кнопка «Загрузить». При нажатии данной кнопки открывается окно загрузки предварительно сохраненных данных. Благодаря этой функции можно продолжить выполнение ранее сохраненного испытания. После выбора файла загрузится сохраненная конфигурация трансформатора и результаты произведенных измерений. Рабочее окно переключится в режим проведения испытаний.
6. Кнопка «Далее». При нажатии данной кнопки заданная элементами 1-4 конфигурация трансформатора зафиксируется и рабочее окно переключится в режим проведения испытания.
7. Кнопка «Назад» позволяет вернуться в предыдущее меню.

2.6.2. Окно режима проведения испытаний представлено на рис. 14.

Рис. 14. Режим трансформатор

2.6.3. Окно режима трансформатор включает в себя следующие элементы:

1. Панель «Отводы». Состоит из цифровых обозначений номеров отводов напротив строк с результатами и кнопок «Вверх»/«Вниз» для навигации по отводам.
2. Таблица результатов измерений. Состоит из 9 полей-кнопок, в которые заносятся результаты измерений. Выбор конкретного поля, куда будут занесены результаты осуществляется нажатием на поле.
   Четвертый столбец содержит значения разброса сопротивлений между фазами для трехфазного трансформатора.
3. Кнопки сохранения.
   Верхняя кнопка служит для сохранения во встроенную память результатов измерений и конфигурации трансформатора в виде двоичного файла, который можно загрузить на этапе задания конфигурации трансформатора и продолжить соответствующее испытания.
   Нижняя кнопка позволяет выгрузить результаты измерений в файл формата CSV и сохранить его во встроенную память.
4. Панель измерителя сопротивления.
   Служит для отображения режимов работы измерителя сопротивления и результатов произведенного замера.
5. Кнопка переключения обмоток
   Позволяет переключать отображение результатов замеров различных обмоток трансформатора.
6. Кнопка фиксации результата.
   Позволяет занести в таблицу (2 рис. 14). результаты произведенных измерений. Результат заносится в выделенную ячейку таблицы. После занесения результата выделение смещается на соседнюю ячейку в направлении, указанном в параметре «Шаг».
   Переключается направление шага через меню, которое вызывается длительным нажатием на кнопку фиксации.

7. Панель выбора предела измерений/измерительного тока. Позволяет выбрать измерительный ток/предел измерений.
8. Кнопка «Режим», позволяющая переключаться между различными режимами остановки измерений:
   - Авто – получаемые результаты измерений анализируются прибором и останов осуществляется автоматически в момент установления и стабилизации показаний.
   - Непрерывный – останов осуществляется вручную оператором.
9. Кнопка «Назад». Позволяет выйти из режима и вернуться в меню.

2.6.4. Многофункциональные софт-кнопки в данном режиме выполняют следующие функции:

- F1 дублирует кнопку переключения обмоток.
- F2 дублирует кнопку фиксации результата.
- F3-F4 позволяют выбирать измерительный ток
- F5 дублирует кнопку «Режим» и служит для переключения режимов измерения
- F6 дублирует кнопку «Назад» и позволяет выйти из режима измерения сопротивления.

2.7. *Функция размагничивания*

2.7.1. Микроомметры оснащены функцией размагничивания магнитопровода трансформатора.

В соответствии с п. 6.2 ГОСТ 3484.1-88 размагничивание проводится циклическим перемагничиванием магнитопровода с постепенным уменьшением амплитуды тока обмотки трансформатора (по частным циклам).

Экран прибора в процессе размагничивания приобретает вид представленный на рис. 15.

Рис. 15. Режим размагничивания

2.7.2. Экран в режиме размагничивания включает в себя следующие элементы:

1. Счетчик шагов текущий/всего отображающий общий ход процесса размагничивания.
2. Индикатор тока, который служит для отображения процесса нарастания/сброса тока на каждом этапе процесса.
3. Панель выбора максимального тока, которая позволяет выбрать подходящий ток, ориентируясь на мощность трансформатора, который необходимо размагнитить. Рекомендованная величина тока размагничивания – удвоенное значение тока холостого хода соответствующей обмотки. В разделе «Приложение» представлена таблица рекомендуемых начальных значений тока размагничивания для некоторых типов силовых трансформаторов.
4. Кнопка «Настройки», позволяющая настроить значение длительности удержания тока на каждом шаге, а также изменить величину изменения токов между шагами в %.
5. Кнопка «Назад», служащая для выхода из режима размагничивания.

2.7.3. Многофункциональные софт-кнопки в данном режиме выполняют следующие функции:

- F1-F2 не задействованы.
- F3-F4 позволяют выбирать максимальный ток процедуры.
- F5 не задействована.
- F6 дублирует кнопку «Назад» и позволяет выйти из режима размагничивания.

Подсказки, описывающие текущий функционал софт-кнопок, отображаются на панели софт-кнопок в самом низу экрана. Надписи курсивом свидетельствуют о том, что соответствующая софт-кнопка не задействована.

2.7.4. Аппаратная кнопка «Пуск» позволяет осуществить запуск/останов процедуры.

2.7.5. Порядок действий для выполнения процедуры размагничивания:

1. Выбрать подходящий максимальный ток
2. Подключить измерительные провода к объекту испытаний.
3. Запустить процедуру нажатием кнопки «Пуск»
4. Дождаться окончания процесса.

2.7.6. **Во время процедуры размагничивания запрещено разрывать токоведущую цепь!**

2.7.7. **В электрических цепях, включающих индуктивные элементы, невозможно мгновенное прекращение протекания измерительного тока. О протекании тока опасной величины свидетельствует свечение индикатора аппаратной кнопки «Пуск». Отключение измерительных проводов допускается строго после выключения данного индикатора.**

2.7.8. При необходимости, возможно проводить размагничивание с подключенным зарядным устройством (комбинированное питание), что позволит даже с разряженными аккумуляторами продолжить процедуру и увеличить время работы прибора.

2.8. *Тест DRM*

DRM (Dynamic Resistance Measurement) тест для трансформаторов — это метод диагностики, который позволяет оценить состояние переключающего устройства под нагрузкой (РПН) без необходимости вскрытия бака трансформатора. Этот тест основан на измерении тока через обмотку трансформатора во время переключения РПН, и результаты измерений отображаются в виде осциллограммы, которая анализируется для выявления возможных неисправностей.

2.8.1. Внешний вид экрана в режиме DRM-теста представлен на рис. 16.

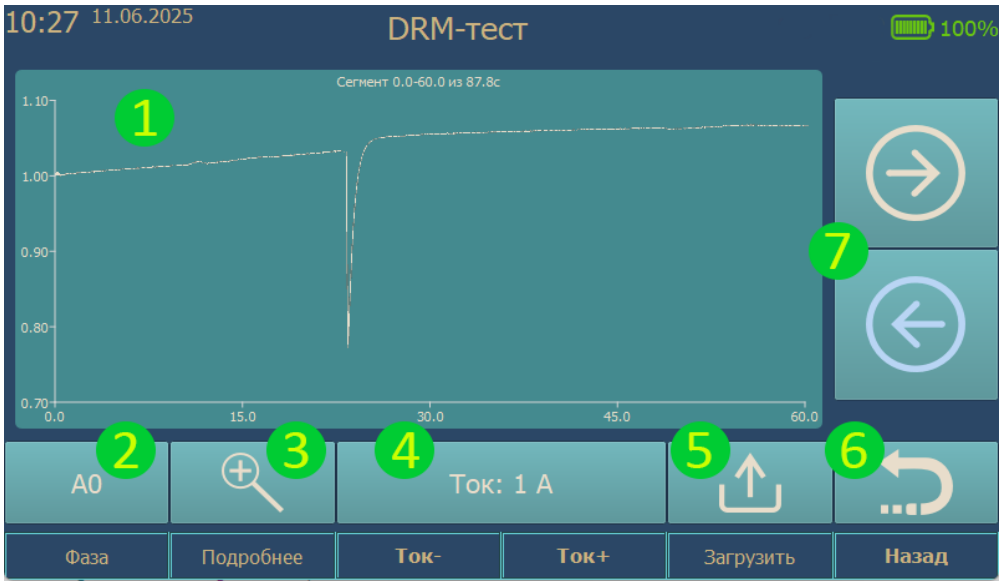

Рис. 16. Режим DRM

2.8.2. Экран в режиме DRM-теста включает в себя следующие элементы:

1. Панель «График». Служит для отображения графика изменения тока от времени при проведении испытания и дальнейшем просмотре результатов.
2. Кнопка «Фаза». Позволяет переключить наименование фазы, испытание которой производится. В дальнейшем это наименование используется в имени файла при сохранении результатов.
3. Кнопка «Подробнее». Открывает диалоговое окно с просмотром выбранного фрагмента графика в более высоком разрешении с возможностью маркерных измерений. Подробнее см. п. 2.8.5.
4. Панель выбора испытательного тока. Позволяет выбрать ток, по достижении которого прибор переключится в режим стабилизации напряжения и начнет снимать осциллограмму.
5. Кнопка «Загрузить». Позволяет загрузить результаты предыдущих испытания для просмотра.
6. Кнопка «Назад». Позволяет вернуться в предыдущее меню.
7. Кнопки переключения страниц. График процесса отображается сегментами по 60 секунд. Кнопки навигации позволяют перемещаться по графику вдоль оси времени с шагом 20 секунд. Если длительность ис-

пытания составляет менее 60 секунд кнопки навигации не отображаются. Временные координаты текущего сегмента и общая длительность испытания отображаются в заголовке графика.

2.8.3. Порядок проведения испытания:

1. Подключить измерительные провода на соответствующую фазу трансформатора.
2. Переключить РПН на отвод, с которого необходимо начать испытание.
3. Выбрать подходящий испытательный ток.
4. Запустить процесс нажатием кнопки «Пуск» на приборе.
5. Дождаться установления тока и начала процесса регистрации (на графике начнет появляться осциллограмма тока).
6. Переключить РПН на необходимое число ступеней.
7. Остановить процесс регистрации нажатием кнопки «Пуск».
8. Дождаться сообщения об успешном сохранении результатов.

2.8.4. Просмотр результатов испытаний.

После проведения испытания, либо загрузки результатов предыдущих испытаний на панели «График» отобразится осциллограмма испытательного тока, по которой можно произвести оценку состояния РПН.

- Максимальная длительность отображаемого графика – 60 секунд. При испытаниях большей длительности прокрутка графика по оси времени осуществляется с помощью кнопок навигации(7 рис. 16).
- Для выделения фрагмента графика для более подробного просмотра необходимо коснуться панели графика и не отрывая пальца от экрана движением вдоль оси времени выделить необходимую часть рис. 17.

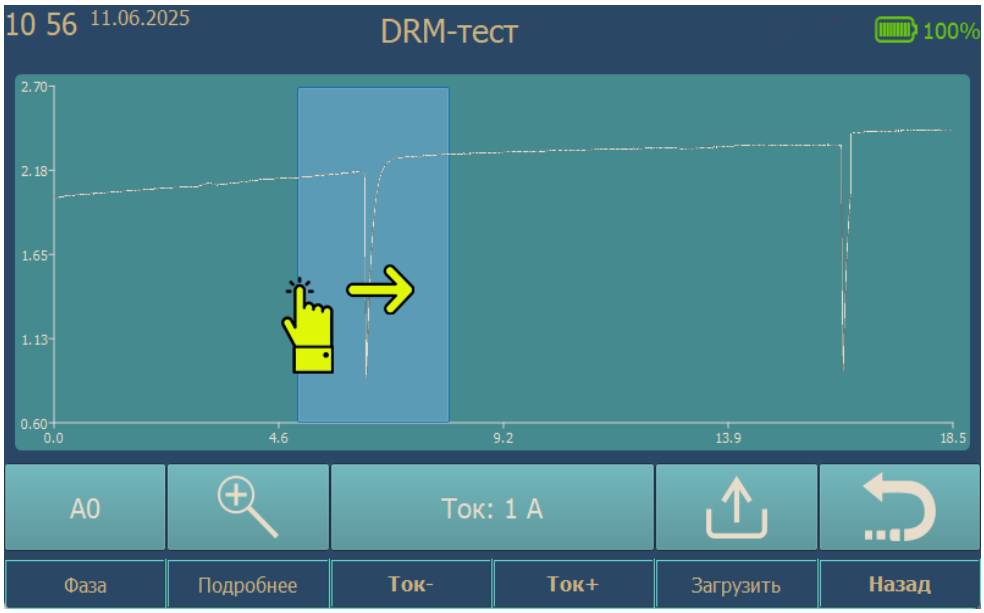

Рис. 17. Выделение фрагмента графика

- Для возврата к первоначальному масштабу отображения графика служит двойное касание экрана (аналог двойного клика мыши).

2.8.5. После того как найден и выделен интересующий фрагмент осциллограммы его можно открыть для просмотра в более высоком разрешении и

проведения маркерных измерений. Для этого необходимо нажать кнопку «Подробнее» (3 рис. 16). После чего откроется окно, представленное на рис. 18.

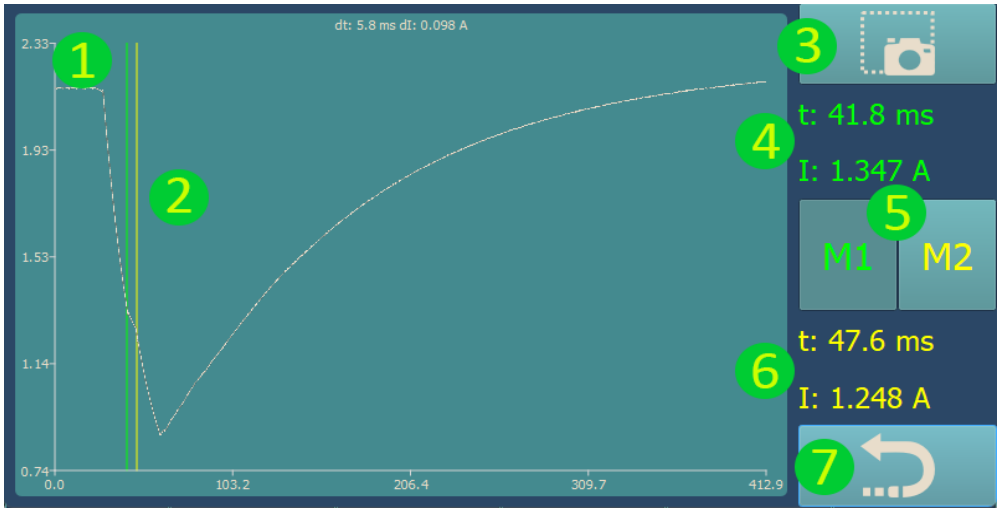

Рис. 18. Окно подробного просмотра и измерений

2.8.6. Окно подробного просмотра и измерений содержит следующие элементы:

1. Панель графика, на которой отображается соответствующий фрагмент осциллограммы.
2. Линии-маркеры, с помощью которых отмечаются интересующие точки осциллограммы.
3. Кнопка «Скриншот», при нажатии которой сохраняется текущий внешний вид окна со всеми данными в виде графического файла.
4. Данные выделенной с помощью зеленого маркера M1 точки графика.
5. Кнопки установки маркера. При нажатии кнопки появляется возможность установить на графике соответствующий маркер (M1 зеленый или M2 желтый). Установка и перемещение маркера осуществляются касанием.
6. Данные выделенной с помощью желтого маркера M2 точки графика.
7. Кнопка «Назад» позволяет вернуться в предыдущее окно.
   В заголовке графика содержится информация о разнице значений времени и величины тока между маркированными точками.

3. Сервисные функции и режимы

3.1. Меню Сервис и настройки

3.1.1. Доступ к меню осуществляется через пункт «Настройки» основного меню. Внешний вид содержимого меню «Сервис и настройки» представлен на рис. 19.

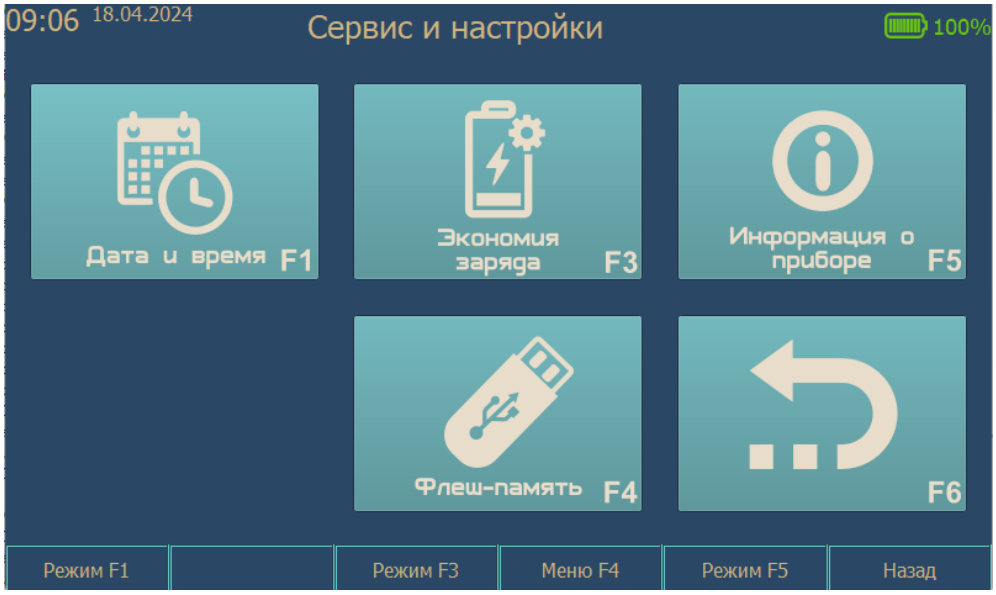

Рис. 19. Меню «Сервис и настройки»

3.1.2. Пункт «Дата и время» открывает окно настроек даты и времени. Внешний вид окна настроек представлен на рис. 20.

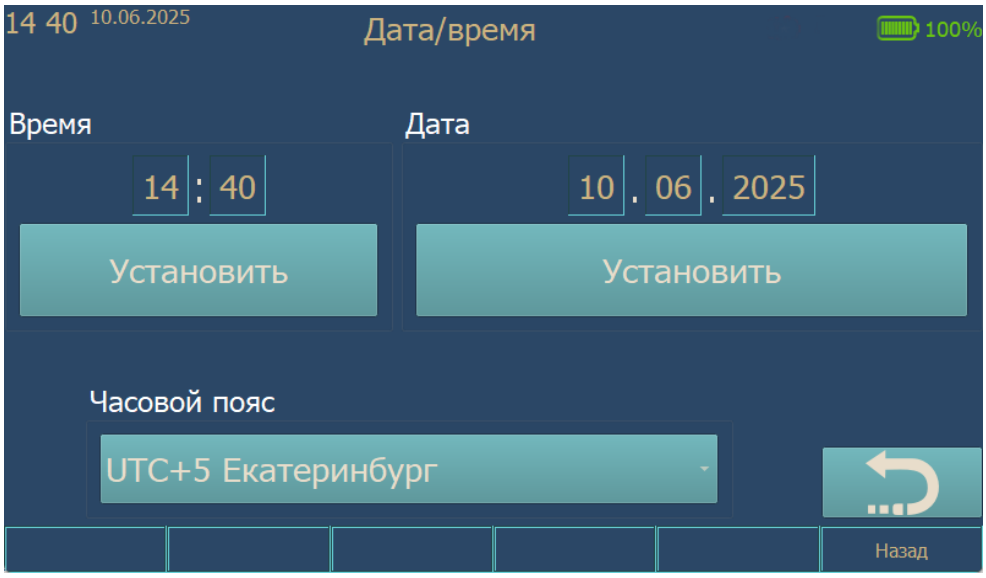

Рис. 20. Настройки даты/времени

Для настройки времени необходимо в соответствующие поля ввода внести актуальные значения и нажать кнопку «Установить», расположенную под этими полями. После чего начнется процедура установления и на экране появится соответствующее сообщение. По окончании процедуры сообщение исчезнет с экрана и время на часах в левом верхнем углу обновится.

Настройка даты осуществляется аналогичным образом.

Для смены часового пояса следует воспользоваться выпадающим меню в нижней части экрана. После выбора нового часового пояса время обновится автоматически.

3.1.3. Пункт «Экономия заряда» позволяет задать настройки яркости экрана и автоматического отключения прибора. Внешний вид окна настроек энергосбережения представлен на рис. 21.

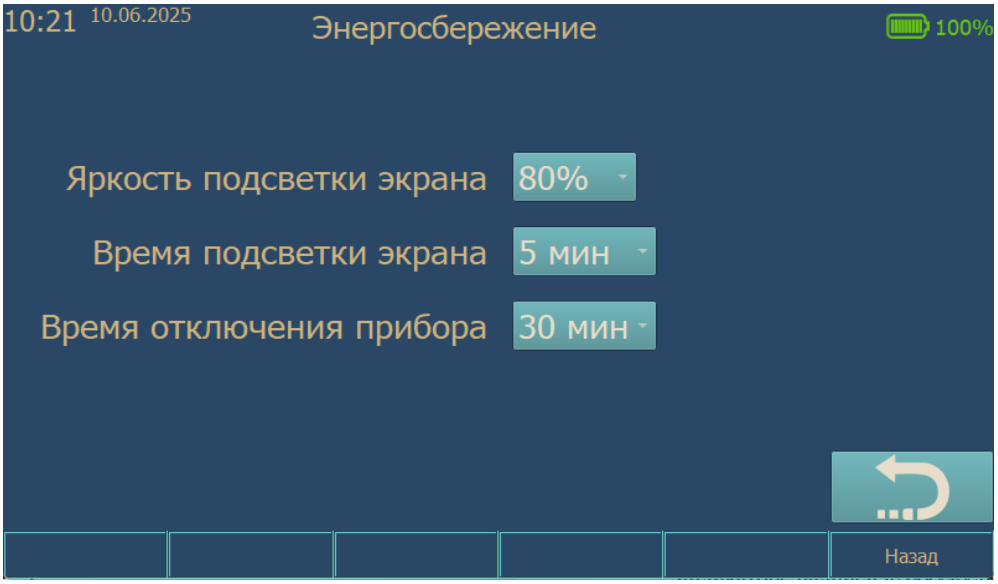

Рис. 21. Настройки энергосбережения

- Параметр «Яркость подсветки экрана» позволяет указать необходимый уровень яркости подсветки в рабочем режиме.
- Параметр «Время подсветки экрана» позволяет задать промежуток времени с момента последнего взаимодействия с прибором до снижения яркости подсветки в целях энергосбережения. Для возвращения к рабочей яркости экрана необходимо коснуться экрана в любой области, либо нажать функциональную клавишу на панели прибора.
- Параметр «Время отключения прибора» устанавливает промежуток времени с момента последнего взаимодействия с прибором до его выключения. Данная опция позволяет избежать глубоко разряда батареи прибора при длительном простое.

3.1.4. Пункт «Флеш-память» позволяет получить доступ к функциям работы с внешним накопителем. При выборе этого пункта открывается меню, представленное на рис. 22. Также подключается порт USB на панели прибора и в правом верхнем углу экрана появляется иконка USB-флеш. Данная иконка становится зеленой при успешном распознавании и подключении внешнего USB-диска.

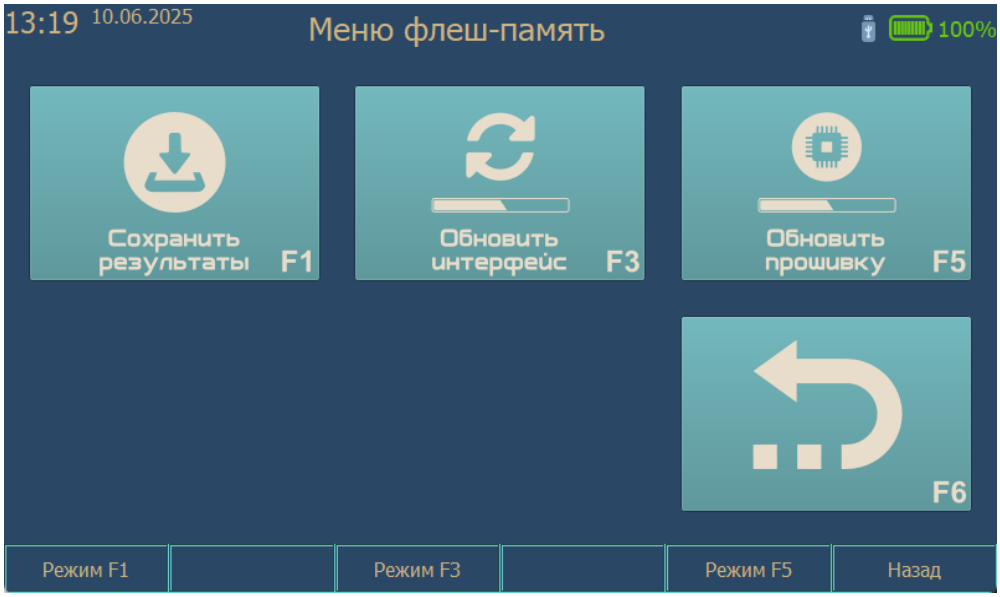

Рис. 22. Меню флеш-память

3.1.4.1 Пункт меню «Сохранить результаты» позволяет сохранить на подключенный флеш-диск хранимые во внутренней памяти данные. Внешний вид окна сохранения результатов представлен на рис. 23.

Рис. 23. Сохранение данных на USB-флеш

В основной части окна перечислены различные типы данных, которые могут быть сохранены во внутренней памяти. Рядом с названием типа данных размещен флаг выделения.
Справа расположены функциональные кнопки:

- кнопка «Сохранить» запускает процесс копирования выбранных данных на флеш-диск.
- кнопка «Удалить» очищает выбранные разделы внутренней памяти
- кнопка «Назад» позволяет вернуться в предыдущее меню.

3.1.4.2 Пункты «Обновить интерфейс» и «Обновить прошивку» позволяют осуществить обновление различного программного обеспечения прибора. Подробнее см.

3.1.5. Пункт «Информация о приборе» обеспечивает доступ к информации о текущей версии прошивки прибора и параметрах системы.

3.2. Обновление ПО и интерфейса

3.2.1. Обновление интерфейса.
Данный раздел позволяет обновить интерфейс прибора.

3.2.2. Обновление ПО.
Данный раздел позволяет обновить встроенное ПО прибора (прошивку).

3.3. Сообщения об ошибках

3.3.1. В случае возникновения нештатных ситуация в процессе работы прибора на его экран выводятся различные информационные сообщения.

3.3.2. Возможные сообщения об ошибках и способы их устранения приведены в таблице 2.

Таблица 3. Сообщения об ошибках

Сообщение	Возможная причина	Методы устранения
Слишком низкое напряжение батареи.	В процессе работы напряжение батареи опустилось ниже допустимого порога.	Подключить к прибору зарядное устройство.
Превышена допустимая температура батареи.	В процессе работы температура батареи превысила допустимое значение.	Приостановить работы. Дождаться снижения температуры батареи.
Превышена допустимая температура источника тока.	В процессе работы температура источника тока превысила допустимое значение.	Приостановить работы. Дождаться снижения температуры источника тока.
Слишком низкая температура батареи.	Температура батареи опустилась ниже допустимых значений. В целях безопасности заблокированы рабочие режимы прибора.	Поместить прибор в окружающую среду с температурой в пределах допустимого рабочего диапазона и дождаться, когда температура батареи поднимется до допустимых значений.

3.4. Заряд аккумулятора

3.4.1. В прибор ИКС-40А встроена схема, обеспечивающая балансировку АБ при заряде от ЗУ напряжением 14,6 В. Прибор комплектуется внешним ЗУ для зарядки АБ от сети переменного тока 230 В 50 Гц.

3.4.2. После подключения внешнего ЗУ автоматически начинается процесс зарядки АБ и индикатор батареи приобретает вид представленный на рис.

3.4.3. Окончание заряда АБ будет сопровождаться появлением на графическом индикаторе надписи «Аккумулятор заряжен» и изменением вида индикатора батареи. После этого необходимо отключить внешний ЗУ от прибора.

3.4.4. Для обеспечения длительного срока службы аккумуляторной батареи рекомендуется полностью заряжать ее не реже, чем 1 раз в 4 месяца.

3.4.5. При зарядке от ЗУ ток, потребляемый аккумуляторами, составляет до 10 А.

3.4.6. Замена АБ производится предприятием-изготовителем.

3.4.7. **Встроенные аккумуляторы обеспечивают измерительный ток до 40 А в широком диапазоне температур и обладают большой мощностью. Несанкционированное вскрытие, вмешательство в конструкцию АБ могут привести к короткому замыканию, образованию электрической дуги и травмам!**

4. Требования безопасности

4.1. При эксплуатации и техническом обслуживании прибора ИКС-40А соблюдают требования электробезопасности по ГОСТ 12.3.019-80 и руководствуются «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей».

4.2. В соответствии с п. 2.4 ГОСТ 12.3.019-80 запрещается подключение входных цепей прибора ИКС-40А при наличии напряжения на объекте испытания.

4.3. Подключение прибора ИКС-40А к объекту испытания, находящемуся под напряжением, может привести к выходу прибора из строя. Гарантия производителя не распространяется на прибор, выведенный из строя в результате подачи на его измерительные входы высокого напряжения.

5. Техническое обслуживание

5.1. Профилактические работы проводятся с целью обеспечения нормальной работы микроомметра в течение срока его эксплуатации. Частота осмотра определяется окружающей средой, в которой находится прибор, и интенсивностью его эксплуатации.

5.2. Рекомендуемые виды и сроки проведения профилактических работ:

- Визуальный осмотр и внешняя очистка – ежеквартально;
- Проверка заряженности батареи и подзарядка – ежеквартально;
- Полная проверка технического состояния прибора – ежегодно.

6. Текущий ремонт

Текущий ремонт осуществляет предприятие-изготовитель.

7. Поверка

Поверка прибора ИКС-40А осуществляется в соответствии с Методикой поверки ПТМР.411212.027 МП «Микроомметры ИКС-40А, ИКС-40АС. Методика поверки».

8. Транспортирование и хранение

8.1. Микроомметры допускают кратковременное хранение сроком до 6 месяцев в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от +5 до +40 ºС и относительной влажности до 80%. В помещениях для хранения не должно быть пыли, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

При длительном хранении прибора ИКС-40А требуется не реже чем 1 раз в 4 месяца проводить полную зарядку аккумулятора.

8.2. Способы транспортирования микроомметров должны соответствовать ГОСТ 22261-94.

Условия транспортирования микроомметров в части воздействия механических и климатических факторов не должны превышать следующих значений:

1) ударные нагрузки:
   - максимальное ускорение 30 м/с^2;
   - число ударов в минуту от 80 до 120;
   - продолжительность воздействия 1 ч.
2) повышенная температура +55 ºС;
3) пониженная температура –25 ºС;
4) относительная влажность 95% при 30 ºС;
5) атмосферное давление 70…106,7 кПа.

8.3. Климатические воздействия на микроомметры при предельных условиях транспортирования должны соответствовать условиям хранения 3 или 5 ГОСТ 15150-69.

8.4. В приборе ИКС-40А установлена батарея литий-ионных аккумуляторов, состоящая из 4 элементов удельной мощностью не более 20 Вт·ч каждый. Способ установки внутри прибора и ударопрочный корпус прибора обеспечивают сохранность аккумуляторной батареи и соответствуют ИУ 967 (PI967).

8.5. При перевозке авиатранспортом, согласно Правилам перевозки опасных грузов МАВТ, ионно-литиевые батареи, содержащиеся в оборудовании – приборе ИКС-40А, в соответствии с № ООН 3481/ИУ 967 (UN3481/PI967) допущены к перевозке коммерческими авиалиниями без специальной маркировки и декларирования. При этом в одной упаковке допускается перевозка одного прибора ИКС-40А, не более 2 упаковок на накладную.

9. Утилизация

Мероприятия по подготовке и отправке микроомметров на утилизацию проводятся согласно требованиям и инструкциям предприятия-потребителя.

Утилизация аккумулятора производится согласно требованиям и инструкциям предприятия-изготовителя аккумулятора.

Микроомметр не содержит драгоценных металлов, подлежащих переработке, иных веществ, утилизация которых осуществляется в особом порядке и требует дополнительных мер для обеспечения безопасности.

10. История изменений

Дата	Версия	Описание
03.2024	1.0	Первая версия документа
06.2025	1.1	- Дополнено содержание разделов «Структура меню», «Измерение сопротивления», «Функция размагничивания», «Сервисные функции и режимы». - Добавлены разделы «Двухканальное измерение сопротивления», «Режим трансформатор», «Тест DRM». - Добавлено приложение с таблицей рекомендуемых токов для режима размагничивания

Приложение

Таблица рекомендуемых начальных значений тока размагничивания для некоторых типов силовых трансформаторов

Тип трансформатора	S, кВА	$U_{ВН}$, кВ	$I_{ВН.ХХ}$, %	$I_{ВН.ХХ}$, А	$I_{НАЧ}$, А
ТСЗ-100/0,66	100	0,38	2,2	3,35	7
ТСЗ-160/0,66	160	0,38	1,9	4,62	10
ТМ-25/10	25	10	2,8	0,04	1
ТМ-63/10	63	10	2,4	0,09	1
ТМ-160/10	160	6,6	1,9	0,27	1
ТМ-250/10	250	6,6	1,9	0,42	1
ТМГ-400/10	400	10	0,8	0,18	1
ТМГ-630/10	630	10	0,6	0,22	1
ТСЗ-630/15	630	15	1,7	0,41	1
ТСЗУ-1600/10	1600	6	1	1,54	4
ТСЗКУ-1000/6	1000	6	1,2	1,16	3
ТМ-4000/10	4000	10	0,9	2,08	5
ТМ –6300/10	6300	10	0,7	2,55	6
ТДНС-10000/35	10000	35	0,7	1,16	3
ТМН-6300/35	6300	35	0,85	0,88	2
ТДН-10000/110	10000	115	1	0,50	2
ТДН-16000/110	16000	115	0,9	0,72	2
ТДТ-25000/110	25000	115	0,45	0,57	2
ТРДН-40000/110	40000	115	0,55	1,11	3
ТРДНС-63000/35	63000	35	0,2	2,08	5
ТДЦ-125000/110	125000	121	0,4	2,39	5
ТДЦ-125000/220	125000	242	0,55	1,64	4
ТРДЦН-100000/220	100000	230	0,65	1,63	4
ТДЦ-400000/220	400000	242	0,5	4,78	10
ТДЦ-400000/330	400000	347	0,45	3,00	6
ОРНЦ-533000/500/	533000	303	0,15	2,64	6
ОДЦ-333000/750	533000	454	0,5	5,87	12
ТЦ-630000/500	630000	525	0,4	2,77	6
ТНЦ-1250000/330	1250000	347	0,15	3,12	7