



Прибор универсальный испытательный

TD-Tester

Руководство пользователя

ВЦ.411182.001/1.000 ИЗ



г. Пермь



Прибор универсальный испытательный TD-Tester поставляется настроенным для обеспечения максимальной точности воспроизведения / измерения параметров при его использовании для проведения испытаний высоковольтного трансформаторного и иного оборудования.

Все результаты, полученные при использовании прибора TD-Tester, зависят от оборудования и материалов, находящихся в ответственности пользователя. Пользователь берет на себя ответственность за любое использование данного прибора.

ООО «Димурс» не несет никаких обязательств, не предоставляет гарантий и не принимает претензий, прямых или косвенных, предъявляемых к состоянию, производительности или правильной работе любого оборудования или другой собственности, на которых использовался прибор TD-Tester и полученные с его помощью данные.

Приведенные в данном Руководстве сведения о приборе TD-Tester и его технические характеристики соответствуют техническому состоянию прибора на момент написания руководства для соответствующей версии его изготовления и могут быть изменены без предварительного уведомления.

Содержание

Введение	5
1. Техника безопасности.....	5
1.1. Требования к персоналу	5
1.2. Основные правила техники безопасности при проведении работ	6
2. Назначение и область применения	7
2.1. Надлежащее использование.....	7
3. Устройство прибора и вспомогательное оборудование.....	8
3.1. Верхняя панель прибора TD-Tester	8
3.2. Боковая панель прибора TD-Tester	9
3.3. Индикаторы состояния и предупреждения.....	9
3.4. Кнопка аварийного останова	10
3.5. Заземление прибора	10
3.6. Вспомогательное оборудование	10
3.6.1.Тележка транспортная	10
3.6.2.Измерительные кабели	11
3.6.3.Дополнительное оборудование	12
4. Аварийные ситуации.....	14
5. Подготовка к работе	15
5.1. Внешний осмотр.....	15
5.2. Указания по включению и опробованию.....	15
5.3. Отключение прибора.....	16
5.3.1.Перевод прибора TD-Tester в исходное состояние без отключения питания	16
5.3.2.Выключение прибора TD-Tester.....	16
5.4. Подготовка прибора для проведения испытаний	16
5.5. Порядок проведения испытаний	17
5.5.1.Подключение прибора к испытываемому объекту.....	17
5.5.2.Последовательность проведения испытания.....	17
5.6. Работа с базой данных	19
5.6.1.Добавление нового объекта испытаний в базу данных	20
5.6.2.Параметры РПН/ПБВ	21
5.6.3.Заводские данные параметров холостого хода	21
5.6.4.Параметры высоковольтных вводов	21
5.6.5.Просмотр архива испытаний и работа с отчетами.....	22
5.7. Клавиатура	23
5.8. Настройки прибора	24
5.8.1.Системные настройки прибора	24
5.8.2.Расположение базы данных	25
5.8.3.Обновление программного обеспечения прибора	25
5.8.4.Список шаблонов норм.....	27
5.8.5.Параметры датчиков измерения вибрации и тока.....	27
5.9. Состояние подсистем прибора.....	28
5.10. Внешний интерфейс.....	28

5.11. Панель управления испытаниями	29
6. Рекомендации по освоению работы с прибором	31
7. Методы испытаний	34
8. Выполнение измерений с использованием прибора TD-Tester	35
8.1. Подключение испытательных проводов прибора TD-Tester к трансформатору	36
8.2. Измерение коэффициента трансформации	37
8.2.1. Измерение коэффициента трансформации в 1-фазном режиме	37
8.2.2. Измерение коэффициента трансформации в 3-фазном режиме	41
8.2.3. Анализ результатов измерения коэффициента трансформации	42
8.3. Сопротивление обмоток постоянному току	44
8.3.1. Измерение сопротивления обмоток трансформатора без РПН	44
8.3.2. Измерение сопротивления обмоток трансформатора с РПН	46
8.3.3. Анализ и формы отчетов результатов измерения сопротивления обмоток трансформатора постоянному току	47
8.4. Размагничивание магнитопровода трансформатора	49
8.4.1. Порядок проведения размагничивания	49
8.4.2. Анализ и формы отчетов результатов размагничивания	50
8.5. Группа соединений	52
8.5.1. Порядок определения группы соединений трансформатора	52
8.5.2. Анализ и формы отчета определения группы соединений	53
8.6. Напряжение короткого замыкания и частотная характеристика FRSL	54
8.6.1. Порядок определения напряжения короткого замыкания	54
8.6.2. Анализ и формы отчета определения напряжения короткого замыкания	57
8.7. Потери и токи холостого хода	58
8.7.1. Порядок определения потерь и тока холостого хода трансформатора	58
8.7.2. Анализ и формы отчета определения потерь холостого хода	60
8.8. Динамическое сканирование РПН (DRM)	61
8.8.1. Порядок проведения измерений при тестировании РПН методом DRM	61
8.8.2. Анализ сигналов динамического сканирования РПН	64
8.8.3. Формы отчета динамического сканирования РПН	66
8.9. Контроль прессовки активных элементов трансформатора	67
8.9.1. Места и особенности проведения измерений вибрации	67
8.9.2. Режимы работы трансформатора, при которых проводятся измерения вибрации	68
8.9.3. Порядок проведения измерений	69
8.9.4. Анализ результатов измерений и формы отчета	71
8.10. Измерение по параметрам пользователя	73
9. Комплексный отчет по результатам испытаний	75
9.1. Формирование комплексного отчета	75
9.2. Комплексный отчет в базе данных	76
Список иллюстраций	77
Приложение А. Библиография	79

Введение

Настоящее Руководство пользователя (далее по тексту – РП) распространяются на приборы универсальные испытательные TD-Tester (далее прибор, TD-Tester). РП содержит описание конструкции, принципа действия, встроенного программного обеспечения (ПО), а также сведения, необходимые для правильной эксплуатации прибора и проведения испытаний.

Встроенное ПО (микропрограмма) приборов реализовано аппаратно, разделено на метрологически значимую и незначимую части, заносится в защищенную от записи память микроконтроллера приборов предприятием-изготовителем и недоступно для изменения потребителем.

Диагностические тесты контролируемого объекта, выполняемые приборами TD-Tester, включая обработку зарегистрированной информации, могут осуществляться в автоматическом режиме.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право вносить в конструкцию прибора не принципиальные изменения, не ухудшающие технические характеристики изделия. Данные изменения могут быть не отражены в тексте настоящего документа.

Перечень эксплуатационной документации на TD-Tester, с которой необходимо дополнительно ознакомиться пользователю:

- 1) Паспорт ВЦ.411182.001 ПС;
- 2) Руководство по эксплуатации ВЦ.411182.001 РЭ.

Перечень сокращений, принятых в документе:

БД – база данных;
ВН – высокое напряжение;
ЗИП – запасные части, инструмент и принадлежности;
КД – конструкторская документация;
НН – низкое напряжение;
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство (оперативная память);
ОС – операционная система компьютера;
ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;
ПО – программное обеспечение;
ПС – подстанция;
ПСИ – приемо-сдаточные испытания;
ПТК – программно-технический комплекс;
ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина (персональный компьютер);
РПН – регулирование напряжения под нагрузкой (устройство переключения ответвлений обмоток трансформатора);
РЭ – руководство по эксплуатации;
СИ – средство измерений;
СН – среднее напряжение;
ТУ – технические условия.

1. Техника безопасности

1.1. Требования к персоналу

- При проведении испытаний должны соблюдаться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденные Министерством энергетики РФ.
- К работе с прибором, а также к его техническому обслуживанию должны допускаться лица с соответствующими полномочиями, изучившие эксплуатационные документы на прибор, настоящее Руководство пользователя, ежегодно проходящие проверку знаний по технике безопасности и имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.
- Работники, проходящие стажировку или обучение по эксплуатации прибора TD-Tester, допускаются к работе с прибором только под постоянным наблюдением опытного специалиста, владеющего навыками работы с прибором в полном объеме.
- Ремонт прибора TD-Tester допускается проводить только в сервисных центрах ООО «Димрус» или специалистами, прошедшими обучение и имеющими действующий сертификат для выполнения таких работ, выданный ООО «Димрус».

1.2. Основные правила техники безопасности при проведении работ

При работе с прибором TD-Tester необходимо соблюдать следующие правила:

- Перед выполнением испытаний с использованием прибора TD-Tester должны быть проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 12.2.007.3-75.
- Убедитесь в наличии заземления объекта испытаний.
- **При работе с прибором TD-Tester корпус прибора должен быть надежно заземлен (болт заземления с соответствующим значком на боковой панели прибора) проводом заземления из комплекта поставки, как описано в разделе [3.5]. Эксплуатация прибора без заземления категорически запрещена!**
- Обеспечьте изоляцию токопроводящих частей, находящихся под напряжением в зоне расположения прибора и соединительных кабелей.
- Убедитесь, что во время подключения и испытания прибор TD-Tester является единственным источником напряжения/тока испытываемого объекта.
- Прежде чем подключать или отключать испытываемые объекты и/или кабели, убедитесь, что прибор TD-Tester отключен или в режиме ожидания.



ВНИМАНИЕ! Запрещается производить перемещение прибора во включенном состоянии, а также при подключенных к разъемам прибора внешних измерительных и соединительных кабелей вне зависимости от способа его перемещения.

- Не отсоединяйте кабели от прибора TD-Tester или объекта испытаний во время испытания.



ВНИМАНИЕ! На выходные разъемы прибора TD-Tester могут подаваться опасные для жизни ток и напряжение. Перед подсоединением кабелей обязательно проверьте их на предмет повреждений. а сетевой выключатель на боковой панели прибора находится в положении «Выкл.».

- При работе с прибором следите за световыми индикаторами состояния и предупреждения, не заслоняйте световые индикаторы во время работы [Таблица 3-1].
- После отключения прибора TD-Tester подождите, пока на лицевой панели прибора полностью не погаснет красный индикатор предупреждения. Свечение красного индикатора свидетельствует о наличии напряжения и/или тока на одном или нескольких выходах прибора.
- Используйте чистые и сухие кабели из комплекта поставки прибора TD-Tester.
- Располагайте прибор таким образом, чтобы было легко отключить его от сети, а кнопка питания или выключатель находились в зоне прямой досягаемости.
- Не работайте с прибором TD-Tester, если в месте его установки обнаружены взрывоопасные вещества или газы.
- Строго соблюдайте внутренние инструкции по охране труда и технике безопасности.

2. Назначение и область применения

Приборы TD-Tester предназначены для воспроизведения и измерений напряжения и силы постоянного и переменного тока, измерений фазового угла и электрического сопротивления постоянному току и могут использоваться при проведении диагностических испытаний энергетического оборудования в процессе комплексных обследований. Они являются базовыми приборами в составе комплекса переносного диагностического оборудования производства фирмы ДИМРУС.

Для удобства работы с прибором предусмотрено несколько режимов управления. Допускается управление работой прибора с помощью встроенного сенсорного экрана на лицевой панели прибора или при помощи удаленного ноутбука или компьютера, подключаемых с использованием стандартных беспроводных или проводных интерфейсов.

В приборе реализовано несколько экспертных уровней обработки и анализа информации. Первый уровень — это параметрическая диагностика технического состояния трансформатора. Выполняется на основе сравнения измеренных и расчетных параметров, полученных в результате проведения тестов со «стандартными» параметрами, для которых имеются общепринятые нормированные и пороговые значения.

Следующим уровнем является более подробный анализ результатов и сочетаний первичных параметров, полученных в тестах. Встроенная в прибор автоматизированная экспертная программа может оценивать текущее техническое состояние каждой контролируемой подсистемы и всего трансформатора.

2.1. Надлежащее использование

Приборы могут использоваться для плановой диагностики на месте эксплуатации, а также для заводских приемочных испытаний силовых трансформаторов.

Прибор TD-Tester и его принадлежности допускается использовать только в полном соответствии с технической и эксплуатационной сопроводительной документацией. Использование оборудования иным способом может привести к снижению уровня защиты, который обеспечивает оборудование.



ВНИМАНИЕ! Использование прибора TD-Tester иными способами и/или для других целей, кроме указанных в сопроводительной документации, рассматривается как ненадлежащее использование и аннулирует все гарантийные обязательства.

Целью реализованных в приборе TD-Tester экспертных оценок является сопоставление результатов испытаний с промышленными стандартами и/или иными параметрами для контролируемого оборудования и информирования Пользователя об отклонении значений измеренных параметров от ожидаемых значений. Всю ответственность за принятие решения о продолжении или прекращении эксплуатации оборудования несет исключительно владелец или конечный пользователь прибора TD-Tester.

3. Устройство прибора и вспомогательное оборудование

Приборы TD-Tester производятся в переносном и стойном (6U) исполнениях для использования автономно или в составе диагностической лаборатории. Они имеют максимально компактную конструкцию, размещены в закрытых металлических корпусах и различаются только размерами верхней (лицевой) панели и отсутствием крышки на лицевой панели в стойном исполнении. Для удобства перемещения переносная версия прибора поставляется в защитном транспортном кейсе.

3.1. Верхняя панель прибора TD-Tester

Верхняя (лицевая) панель прибора [Рисунок 3-1] предназначена для ввода данных и управления процессом испытания.

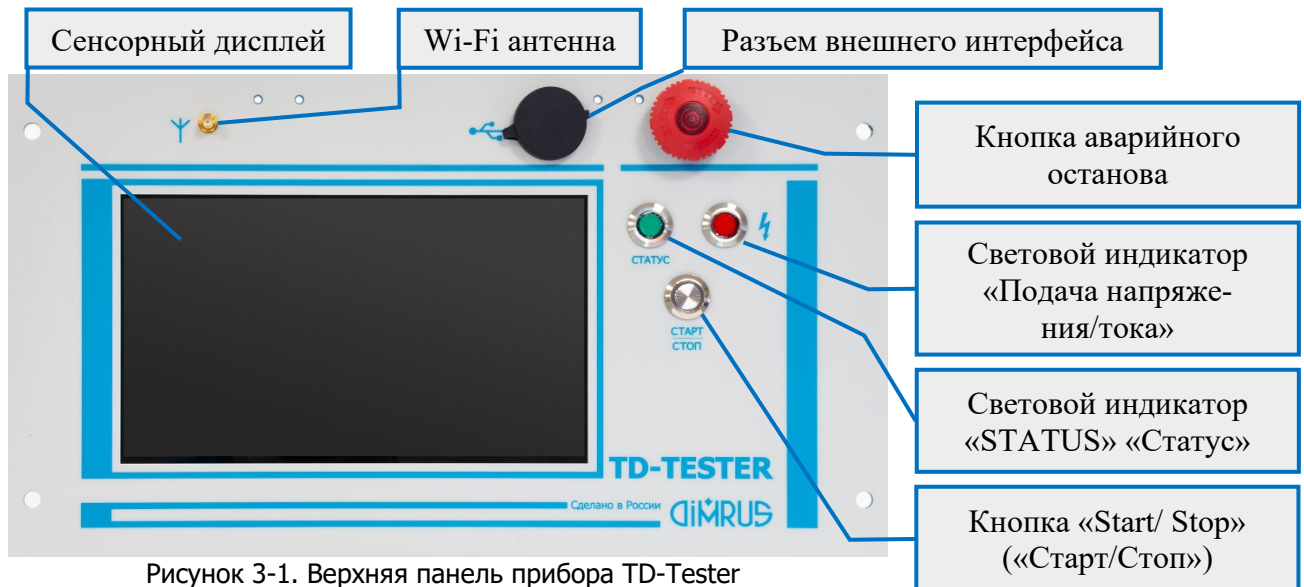
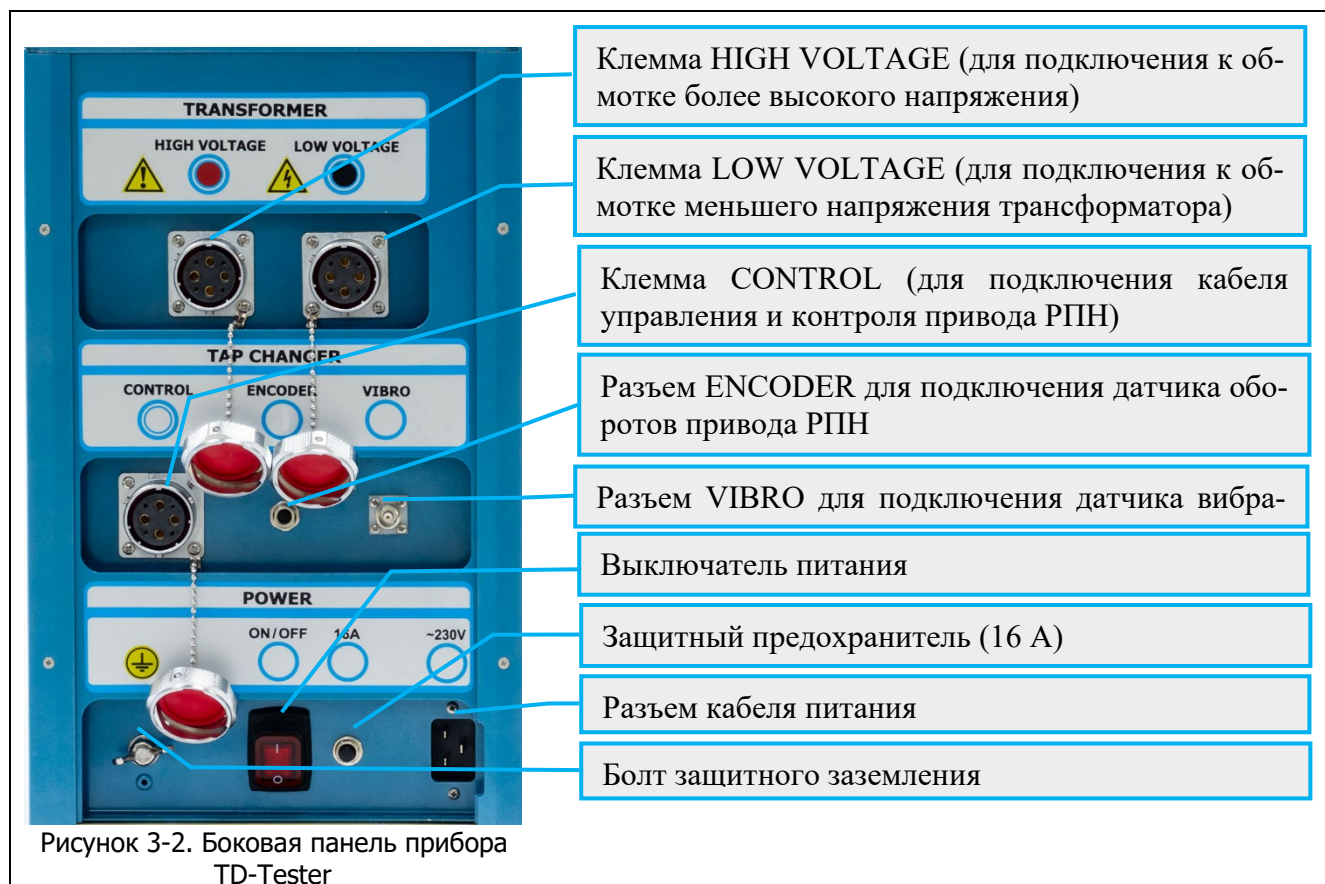


Рисунок 3-1. Верхняя панель прибора TD-Tester

3.2. Боковая панель прибора TD-Tester

Боковая панель (панель коммутации) прибора [Рисунок 3-2] с установленными на ней разъемами предназначена для подключения измерительных кабелей, кабеля питания и заземления прибора.



3.3. Индикаторы состояния и предупреждения

Прибор TD-Tester оснащен световыми индикаторами состояния работы и предупреждения для безопасного проведения испытаний, расположенными на верхней панели, Рисунок 3-1.

Таблица 3-1. Индикаторы состояния и предупреждения

Индикатор	Описание	Состояние прибора	Режим работы
 STATUS Статус	Светится зеленым цветом	Прибор включен и готов к работе	Нормальные условия эксплуатации.
	Мигает зеленым цветом	Выявлена неисправность в результате тестирования или работы прибора. Нажата кнопка аварийного останова.	Возможны опасные условия эксплуатации
	Не горит	Неисправность лампы	
 START STOP Кнопка «Старт/Стоп» испытания	Светится голубое кольцо	Прибор готов к запуску испытания. Источник тока/напряжения выключен.	Нормальные условия эксплуатации.
	Мигает голубое кольцо	Была нажата кнопка «Start/Stop», идет процесс испытаний.	Нормальные условия эксплуатации, прибор в режиме испытаний.
 Подача напряжения / тока	Светится красным цветом	Нажата кнопка «Start/Stop» запуска испытаний. Источник тока/напряжения включен.	Нормальные условия эксплуатации, прибор в режиме испытаний.
	Мигает красным цветом	Возможно, превышен безопасный уровень напряжения/тока вследствие не корректно собранной схемы измерения.	Опасные условия эксплуатации

3.4. Кнопка аварийного останова

Кнопка аварийного останова [Рисунок 3-1] предназначена для использования только в аварийных ситуациях. В стандартном режиме работы испытание можно остановить при помощи кнопки «Start/Stop» или программного обеспечения.

При нажатии кнопки аварийного останова происходит отключение всех выходов прибора TD-Tester, текущий процесс испытаний останавливается.

Если была нажата кнопка аварийного останова, для возобновления измерений необходимо снять фиксацию кнопки путем поворота по часовой стрелке и при отсутствии признаков аварийной ситуации в работе прибора заново задать необходимые параметры и продолжить испытания.

3.5. Заземление прибора

- Прибор TD-Tester должен подключаться к сети электропитания с защитным (РЕ) заземлением и надежно заземлен (болт заземления с соответствующим значком на боковой панели прибора) кабелем из комплекта поставки.



Эксплуатация прибора без заземления категорически запрещена!

- Кабель заземления должна иметь надежный электрический контакт с шиной заземления. Не допускается подключать его к шинам заземления со следами коррозии или окрашенными в месте присоединения.
- Перед началом проведения испытаний необходимо убедиться в надежном подключении заземляющего кабеля и исключении его случайного отсоединения в процессе испытания.

3.6. Вспомогательное оборудование

3.6.1. Тележка транспортная



Рисунок 3-3. Тележка транспортная

Тележка предназначена для перемещения кейса с прибором TD-Tester и кейса с измерительными кабелями. Тележка и транспортировочный кейс могут использоваться как основание для размещения прибора и катушек с кабелями в процессе работы. Тележка имеет 3 специализированных выдвижных устройства крепления катушек с фиксатором.

3.6.2. Измерительные кабели

Таблица 3-2

Для подключения к выходу HIGH VOLTAGE	
	Кабель с общей силиконовой изоляцией оранжевого (красного) цвета или с соответствующим маркером рядом с разъемом - стандартная длина кабеля 15 метров; - сечение проводов: силовых 3,3 мм², измерительных 1,3 мм² Маркировка проводов: фаза А – желтый, фаза В – зеленый, фаза С – красный, нейтраль – синий.
Для подключения к выходу LOW VOLTAGE	
	Кабель с общей силиконовой изоляцией черного цвета или с соответствующим маркером рядом с разъемом - стандартная длина кабеля 15 метров; - сечение проводов: силовых 3,3 мм², измерительных 1,3 мм² Маркировка проводов: фаза А – желтый, фаза В – зеленый, фаза С – красный, нейтраль – синий.
Для подключения к разъему CONTROL	
	Кабель с общей силиконовой изоляцией серого цвета или с соответствующим маркером рядом с разъемом Стандартная Длина кабеля 15 метров, сечение проводов 2 мм² Маркировка проводов: - контроль напряжения привода РПН - красный; - клещи токоизмерительные для контроля тока нагрузки привода РПН - белый; - управление переключением РПН вверх – синий; - управление переключением РПН вниз – черный.

Кабели поставляются со специально разработанной катушкой из нержавеющей стали с возможностью крепления на транспортной тележке и фиксации измерительных клещей.



Рисунок 3-4. Катушка для кабелей

Для подключения к прибору TD-Tester на измерительных кабелях устанавливаются угловые металлические разъемы с резьбовым (для приборов стойкого исполнения) или байонетным (для приборов переносного исполнения) сочленением. Для подключения кабеля необходимо вставить разъем в гнездо и, удерживая разъем, зафиксировать его вращением гайки по часовой стрелке до

упора, не прилагая значительных усилий. Отсоединение разъема выполняется в обратной последовательности.



Рисунок 3-5. Разъемы измерительных кабелей
а) – с резьбовым сочленением; б) – с байонетным сочленением

Для подключения отдельных кабелей датчиков оборота привода РПН и датчика вибрации используются специализированные винтовые разъемы.

3.6.3. Дополнительное оборудование

Для подключения к трансформатору кабелей HIGH VOLTAGE и LOW VOLTAGE используются клещи Кельвина.



Рисунок 3-6. Клещи Кельвина

В комплект оборудования для контроля параметров РПН входит датчик вибрации, энкодер и клещи токоизмерительные.

В комплект энкодера входит сам энкодер «ДПУ-1», узлы крепления на сплошной и U-образный валы привода РПН, комплект сменных направляющих на различные диаметры вала и рукоятка.



Рисунок 3-7. Энкодер в комплекте

Датчик вибрации предназначен для измерения вибрации бака РПН в момент переключения или измерения только вибрации для оценки прессовки активных элементов трансформатора. Поставляется с магнитным креплением на бак трансформатора.



Рисунок 3-8. Датчик вибрации в комплекте

Вышеуказанное оборудование располагается в кейсе для измерительных кабелей.



Рисунок 3-9. Кейс для измерительных кабелей

4. Аварийные ситуации



ВНИМАНИЕ! Для экстренного выключения прибора при наличии или развивающейся неисправности, связанной с перегревом прибора или неуправляемым ростом величины напряжения или тока встроенного источника питания, необходимо нажать кнопку аварийного останова на лицевой панели прибора.

Признаки аварийной ситуации при работе с прибором TD-Tester:

- прибор не включается;
- срабатывает защитный предохранитель цепи питания прибора;
- индикатор «STATUS» мигает зеленым цветом - выявлена неисправность в результате тестирования или работы прибора. Для просмотра подробности об ошибке и принятия решения необходимо нажать кнопку «Состояние прибора» , [Рисунок 5-1];
- на сенсорном дисплее отсутствует изображение;
- сенсорный дисплей не реагирует на попытку ввода команд или ввода данных;
- прибор не выходит на заданный режим работы по уровням тока и напряжения встроенного источника питания;
- иные неисправности, приводящие к отклонению параметров от заданных значений.

При возникновении неисправности прибор необходимо выключить, отключить кабель питания из розетки, выяснить причину неисправности и способы ее устранения в соответствии с эксплуатационной документацией на прибор TD-Tester. Для принятия решений по восстановлению работоспособности прибора необходимо ознакомиться с гарантийными обязательствами в паспорте прибора TD-Tester и (или) обратиться к разработчику для получения консультаций и согласованию дальнейших действий.

5. Подготовка к работе

Подготовка прибора TD-Tester к работе, включение и начало работы с прибором подразумевает, что условия эксплуатации прибора и электрическая безопасность соответствуют требованиям эксплуатационной документации, а также проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с внутренними нормативными документами Пользователя по охране труда и технике безопасности.

5.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра прибор должен находиться в выключенном состоянии. Внешние соединительные и измерительные кабели отключены от прибора и по результатам осмотра должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям:

- Комплектность должна соответствовать паспорту и руководству по эксплуатации.
- Все органы управления и коммутации должны действовать плавно и обеспечивать надежность фиксации во всех позициях.
- Не должно быть механических повреждений корпуса, лицевой панели, дисплея, органов управления. Незакрепленные или отсоединенные части прибора должны отсутствовать. Внутри корпуса не должно быть посторонних предметов. Все надписи на панелях должны быть четкими и ясными.
- Все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.
- Заводской номер на корпусе прибора TD-Tester должен соответствовать паспортным данным и не нарушена пломбировка прибора от несанкционированного доступа.

5.2. Указания по включению и опробованию

- Разместить прибор TD-Tester на ровной горизонтальной поверхности и удобном для работы месте с учетом длины кабелей для подключения их к испытуемому объекту без натяжения.
- Убедиться, что сетевой выключатель [Рисунок 3-2] находится в положении «Выкл.».
- Надежно заземлить корпус прибора с контуром заземления, см. раздел [3.5].
- Подключить кабель питания к разъему на боковой панели прибора, [Рисунок 3-2].
- Подключить кабель питания к розетке.
- Включить прибор нажатием клавиши питания.
- На сенсорном дисплее отобразится главное окно программы. Процесс загрузки программного обеспечения может занять порядка 30 сек. Изображение главного окна может незначительно отличаться от представленного на рисунке, что не является критической ошибкой.

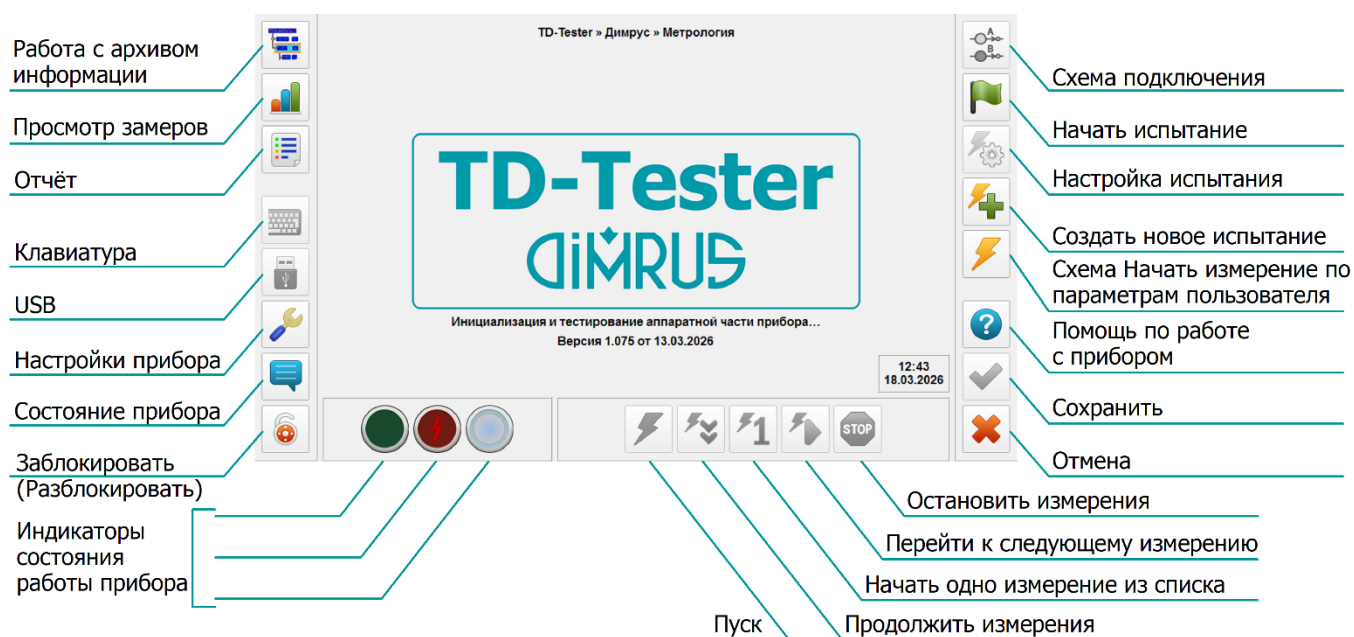


Рисунок 5-1. Главное окно прибора TD-Tester

- Зафиксировать номер версии ПО (должен быть не ниже 1.000 и соответствовать паспортным данным прибора).
- Индикатор «STATUS» [Рисунок 3-1] должен светиться зеленым цветом, а индикатор подачи напряжения / тока погашен.
- На сенсорном дисплее нажать на кнопку «Состояние прибора» и убедиться в наличии отображаемых технических параметров. Для возврата на главное окно нажать кнопку «Отмена»



ВНИМАНИЕ! До начала выполнения испытаний выдержать прибор TD-Tester во включенном состоянии не менее 30 минут.

5.3. Отключение прибора

При нормальном режиме работы прибора TD-Tester испытание заканчивается автоматически или может быть остановлено при помощи кнопки «Start/Stop» на лицевой панели прибора или программного обеспечения .

Даже после останова процесса испытаний на объекте может оставаться опасное напряжение. Перед любым изменением схемы испытаний и отключением питания прибора необходимо обязательно убедиться, что красный индикатор «Подача напряжения / тока» не горит.

5.3.1. Перевод прибора TD-Tester в исходное состояние без отключения питания

При нормальном режиме работы прибора TD-Tester для перехода к другому виду испытания все операции по внесению изменений в схему испытаний или переключению измерительных кабелей допускается выполнять без отключения питания прибора от сети. При этом в целях безопасного выполнения работ необходимо соблюдать следующие требования и порядок выполнения операций:

- обязательно убедиться, что красный индикатор «Подача напряжения / тока» на лицевой панели прибора не горит;
- на главном экране ПО нажать кнопку «Заблокировать» для исключения случайного нажатия кнопок на сенсорном экране;
- после выполнения всех необходимых операций по внесению изменений нажать кнопку «Разблокировать» для снятия блокировки сенсорного экрана прибора.

5.3.2. Выключение прибора TD-Tester

Для отключения прибора от сети необходимо убедиться, что красный индикатор «Подача напряжения / тока» на лицевой панели прибора не горит.

Нажмите кнопку «Отмена» в главном окне прибора и подтвердите, что готовы закончить работу с программой. Программа автоматически и корректно завершит работу с файловой системой на диске и отключит экран прибора.

Клавишу сетевого выключателя на боковой поверхности прибора перевести в положение «Выкл.» и отключить кабель питания от розетки.

5.4. Подготовка прибора для проведения испытаний

Перед началом работы убедитесь, что световой индикатор красного света «Подача напряжения/тока» погашен. Дождитесь его отключения при необходимости.

Не подключайте/отключайте кабели и испытываемый объект при включенном индикаторе «Подача напряжения/тока» ввиду возможного наличия напряжения/тока на выходе прибора.

Убедитесь в том, что объект испытаний не находится под напряжением.

Не подключайте кабели к объекту испытаний в отсутствие видимого заземления объекта испытаний.

Работа прибора без заземления запрещена!

Запрещается использовать удлинительные кабели электропитания на кабельном барабане (удлинитель необходимо размотать).

Длина удлинительных кабелей должна быть минимальной.

Используйте только кабели из комплекта поставки прибора.

Для обеспечения требований безопасности перед подсоединением кабелей нажмите кнопку аварийный останов или кнопку «Заблокировать»  на экране прибора. Не отключайте ее до начала проведения испытаний.

Устанавливайте прибор так, чтобы можно было легко отключить его и использовать кнопку аварийного останова.

Перед подачей напряжения/тока убедитесь в отсутствии персонала в зоне проведения испытаний.

5.5. Порядок проведения испытаний

Под испытанием понимается процесс измерения различных параметров трансформатора, которые необходимо провести в определенное время. Испытания включает в себя определенный набор методов и параметров тестирования.

5.5.1. Подключение прибора к испытываемому объекту

При подключении прибора TD-Tester к испытываемому объекту (трансформатору) следует соблюдать следующий порядок выполнения операций (для пунктов 1-3 см. Рисунок 5-1):

1. Выбрать метод испытания [Рисунок 5-18].
2. Отобразить схему подключения. Схема подключения прибора к испытываемому объекту отображается нажатием кнопки «Схема подключения» . Схема отображается в зависимости от характеристик объекта, которые заполняются в соответствующих полях (параметров трансформатора) [см. раздел 5.6.1] и метода испытания.
3. Заблокируйте прибор кнопкой  на экране прибора или кнопкой аварийного останова на панели прибора.
4. Присоединить кабели к прибору и трансформатору в следующей последовательности:



ВНИМАНИЕ! Перед подключением испытательных кабелей к трансформатору убедитесь, что он полностью отключен от линий высокого напряжения.

- Подсоедините испытательные кабели в соответствии со схемой подключения.
 - Установите ограждение рабочей зоной (зона работы персонала с установленным прибором) и зоной высокого напряжения.
5. Разблокируйте прибор TD-Tester нажатием кнопки «Разблокировать»  или кнопкой аварийного останова.

5.5.2. Последовательность проведения испытания

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте новый трансформатор с указанием его параметров в базу данных прибора.
2. Выберите метод одиночного испытания или добавьте новый метод из списка и задайте необходимые параметры.
3. Нажмите кнопку «Пуск»  на экране прибора. На кнопке «Start/Stop» панели прибора начнет постоянно светиться индикатор.
4. Нажмите кнопку «Start/Stop» на панели прибора. На кнопке «Start/Stop» световой индикатор начнет мигать.
5. Включится красный световой индикатор «Подача напряжения/тока» при проведении испытания.
6. На экране прибора будет отображаться весь процесс испытания и текущие параметры.
7. Остановка испытания может быть плановая при достижении заданных параметров усреднений или кнопкой «Start/Stop» на панели прибора. Аварийная – нажатием кнопки аварийный останов.
8. После завершения или остановки испытания красный световой индикатор «Подача напряжения/тока» индикатор на кнопке «Start/Stop» отключаются. Результаты измерения отображаются на экране прибора.

9. При завершении испытания и для сохранения результатов испытания в архив необходимо нажать кнопку «Сохранить»  на экране прибора.
10. Отключение прибора TD-Tester должно выполняться в соответствии с разделом [5.3] настоящего руководства.

В случае, если не корректно собрана схема измерения или прибор не обеспечивает выход на режим работы в соответствии с заданными параметрами испытания, происходит не плановый останов измерения, световой индикатор «Подача напряжения/тока» и индикатор на кнопке «Start/Stop» отключаются. При этом зеленый индикатор «STATUS» мигает. Ошибка, вызвавшая не плановый останов, отображается на панели прибора в текстовом виде красным цветом.

При проведении испытаний с помощью удаленного доступа к прибору TD-Tester с компьютера по сети Wi-Fi последовательность выполнения операции при испытаниях будет оставаться такой же, а индикаторы состояния и предупреждения будут полностью дублироваться на Главном окне программы с физическими светодиодами, расположенными на верхней панели прибора. Индикаторы дополнены различными пиктограммами [Таблица 5-1]. Описание работы светодиодов см. в [Таблица 3-1].

Таблица 5-1. Световые индикаторы на главном окне программы

Индикатор	Описание	Состояние прибора	Режим работы
	Светится зеленым цветом	Прибор включен и готов к работе	Нормальные условия эксплуатации.
	Мигает зеленым цветом, горит пиктограмма «восклицательный знак»	Выявлена неисправность в результате тестирования или работы прибора. Нажата кнопка аварийного останова.	Возможны опасные условия эксплуатации
	Светится красным цветом, горит пиктограмма «молния»	Нажата кнопка «Start/Stop» запуска испытаний. Источник тока/напряжения включен.	Нормальные условия эксплуатации, прибор в режиме испытаний.
	Мигает красным цветом, горит пиктограмма «восклицательный знак»	Возможно, превышен безопасный уровень напряжения/тока вследствие не корректно собранной схемы измерения.	Опасные условия эксплуатации
	Светится голубое кольцо, горит пиктограмма «стрелка»	Прибор готов к запуску испытания. Источник тока/напряжения выключен.	Нормальные условия эксплуатации.
	Мигает голубое кольцо горит пиктограмма «синусоида»	Была нажата кнопка «Start/Stop», идет процесс испытаний.	Нормальные условия эксплуатации, прибор в режиме испытаний.

5.6. Работа с базой данных



Доступ к базе данных осуществляется при помощи кнопки «Выбрать из архива», [Рисунок 5-1].

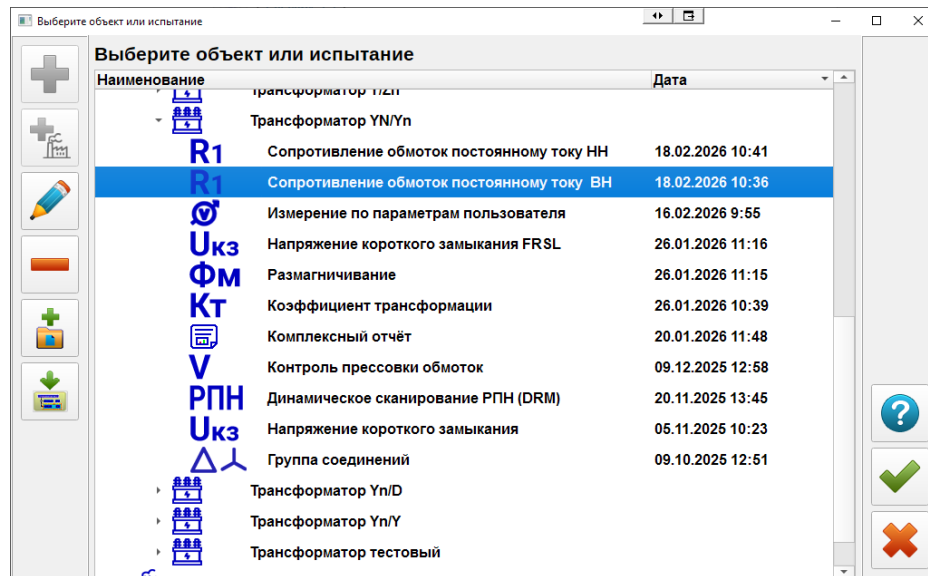


Рисунок 5-2. Выбор объекта или испытания

В приборе TD-Tester организована специализированная база данных, позволяющая организовывать иерархическую структуру хранения информации о трансформаторах, параметрах и результатах испытаний. Реализована возможность проводить анализ проведенных измерений и получить отчет по состоянию трансформатора.

В центре окна работы с архивом отображается иерархическая структура существующей базы данных и панель управления слева. Иерархическая структура организации базы данных может включать в себя большое количество вложений. Это позволяет организовать любую удобную структуру хранения информации. Например: Компания -> Предприятие -> Подразделение -> Подстанция -> Трансформатор.

Таблица 5-2. Панель управления работы с архивом

	Имеет различное назначение в зависимости от объекта. Добавить новый трансформатор (объект испытаний). Добавляет в текущий выбранный элемент трансформатор, указать с заданием его параметров и паспортных данных. Добавить метод испытаний. Добавляет новый метод испытаний из списка доступных для выбранного трансформатора с заданием необходимых параметров.
	Добавить подразделение/подстанцию. Добавляет в текущий выбранный элемент архива следующий уровень иерархической структуры. Это может быть предприятие, подразделение, подстанция или любое другое производственное подразделение.
	Редактировать. На уровне подразделения возможность исправить наименование. На уровне трансформатора – параметры трансформатора. На уровне измерения – сопоставление с нормами
	Удалить. Позволяет удалить любой элемент иерархической структуры архива.
	Сохранить в архив. Сохраняет текущий выбранный в базе объект со всеми вложенными данными в архив на выбранном носителе. Позволяет переносить данные на другой прибор или компьютер.
	Восстановить из архива. Восстанавливает ранее сохраненные на приборе или компьютере данные из архива в текущей базе данных.

	Выбрать. Выбор объекта или испытания.
	Отмена. Возврат в Главное окно программы без выбора объекта или испытания.

5.6.1. Добавление нового объекта испытаний в базу данных

При добавлении нового объекта испытаний (трансформатора) необходимо указать его паспортные данные, общие технические параметры и технические параметры высоковольтных вводов (в случае ведения общей базы с прибором «Тангенс-Д»).

Параметры трансформатора

Технологический индекс: ТРДН-25000 110

Марка трансформатора:

Завод-производитель:

Год выпуска:

Заводской номер:

Мощность трансформатора, кВА: 25000,0

Номинальная частота, Гц: 50,0

Тип: ☒ Трансформатор ☐ Автотрансформатор

Количество фаз: ☒ Трёхфазный ☐ Однофазный

Количество обмоток: ☒ 2х-обмоточный ☐ 3х-обмоточный

Материал обмоток: ☒ Медь ☐ Алюминий

Основная изоляция обмоток: ☒ Масло ☐ Элегазовая ☐ Сухая

Маркировка фаз трансформатора: ☒ Российская (ГОСТ) А В С ☐ Европейская (IEC) 1U 1V 1W ☐ Американская (IEEE) H1 H2 H3

Общие технические параметры трансформатора

Рисунок 5-3. Паспортные данные трансформатора

Общие технические параметры трансформатора

Обмотка	ВН	СН	НН
Номинальная мощность, кВА	25000,00	12500,00	12500,00
Класс напряжения, кВ	105,00	6,30	6,30
Ток, А	126,00	1146,00	1143,00
Группа соединений	☒ YN ☐ D ☐ Y	☐ yn ☒ d ☐ y	☐ yn ☒ d ☐ y ☐ z
Номер группы		11	11
Переключатель ответвлений	☐ Нет ☒ РПН ☐ ПБВ	☒ Нет ☐ РПН ☐ ПБВ	☒ Нет ☐ РПН ☐ ПБВ
Количество положений	19	19	19
Номинальное положение	10	10	10
Таблица напряжений	-	-	-
Напряжение КЗ, %	ВН-НН	10,000	
	ВН-СН	10,000	
	СН-НН	10,000	
Заводские данные параметров	Параметры XX		

Рисунок 5-4. Общие технические параметры трансформатора

5.6.2. Параметры РПН/ПБВ

При наличии РПН в параметре «Таблица напряжений» необходимо указать напряжения РПН во всех положениях. Номинальное напряжение и номер положения берется из введенных паспортных данных.

Обмотка ВН: Напряжения РПН

	Напряжение, В
Положение 1	133 420
Положение 2	131 373
Положение 3	129 327
Положение 4	127 280
Положение 5	125 233
Положение 6	123 187
Положение 7	121 140
Положение 8	119 093
Положение 9	117 047
Положение 10	115 000
Положение 11	112 953
Положение 12	110 907
Положение 13	108 860
Положение 14	106 813
Положение 15	104 767
Положение 16	102 720

Расчёт напряжений, В

Номинальное Положение 10

— 115000,00 +

Положение 1

— 133420,00 +

Положение 19

— 96580,00 +

Процент изменения

— 1,0000 +

Расчитать по напряжениям

Расчитать по процентам

Рисунок 5-5. Задание уровня напряжений в различных положениях РПН

Напряжения РПН можно ввести 3 различными способами:

1. Ввести данные напряжений в таблице вручную.
2. Ввести процент изменения на каждом положении РПН и нажать кнопку «Расчитать по процентам». Будет произведен расчет напряжений относительно номинального и введенных процентов.
3. Ввести напряжения для крайних положений РПН и нажать кнопку «Расчитать по напряжениям». Будет произведен расчет относительно введенных напряжений.

Аналогичным образом указываются напряжения ПБВ (при наличии).

5.6.3. Заводские данные параметров холостого хода

Для ввода заводских данных параметров холостого хода трансформатора необходимо нажать кнопку «Параметры ХХ» [Рисунок 5-4] и ввести необходимую информацию [Рисунок 5-6].

Заводские данные параметров холостого хода (ХХ)

	a-b	b-c	c-a
Потери ХХ при малом напряжении, Вт	— 0,0 +	— 0,0 +	— 0,0 +
Соотношение потерь ХХ при малом напряжении	a-b / b-c	b-c / c-a	c-a / a-b
	— 0,000 +	— 0,000 +	— 0,000 +

Рисунок 5-6. Задание параметров холостого хода трансформатора

5.6.4. Параметры высоковольтных вводов

Завершающим этапом ввода паспортных данных трансформатора является ввод технических параметров высоковольтных вводов. Эти параметры могут вводиться справочно для совместимости базы данных с прибором «Тангенс-Д».

— Технические параметры высоковольтных вводов

Обмотка	ВН	СН	НН
Марка ввода, фаза А			
Марка ввода, фаза В			
Марка ввода, фаза С			
Тип изоляции ввода, фаза А			
Тип изоляции ввода, фаза В			
Тип изоляции ввода, фаза С			
Базовый tg δ %, фаза А	0,000	0,000	0,000
Базовый tg δ %, фаза В	0,000	0,000	0,000
Базовый tg δ %, фаза С	0,000	0,000	0,000
Базовая С, пф., фаза А	0,00	0,00	0,00
Базовая С, пф., фаза В	0,00	0,00	0,00
Базовая С, пф., фаза С	0,00	0,00	0,00

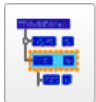
Примечание

Рисунок 5-7. Технические параметры высоковольтных вводов

5.6.5. Просмотр архива испытаний и работа с отчетами

Для работы с архивными данными на главном экране программы расположены кнопки «Анализ измерений», «Сравнение измерений», «Отчет».

Таблица 5-3. Панель работы с архивом испытаний и отчетами

	Работа с архивом. Добавление, редактирование данных о трансформаторах, выбор трансформаторов и методов испытаний.
	Просмотр замеров. Просмотр и анализ данных измерений.
	Комплексный Отчет. Формирование отчетной формы по результатам проведенных испытаний.

Анализ измерений позволяет выбрать из архива данные испытаний и просмотреть их на экране. Имеется возможность сравнить с паспортными данными трансформатора и оценить техническое состояние, а также сравнение с нормами для каждого измерения в отдельности, даже если при проведении измерения не были учтены нормы. Для этого необходимо выбрать измерение, нажать кнопку  «Исправить» и применить или изменить нормы, которые были выбраны в процессе измерения. После этого в отчет добавится сравнение с нормами, которые выбрал пользователь.

Функция составления отчета позволяет сформировать общий документ о комплексном испытании, сохранить его на диск или внешний носитель в редактируемом стандартном формате документов «.odt» или не редактируемых «.pdf», «.html».

5.7. Клавиатура



При вводе или корректировке данных может быть задействована виртуальная клавиатура. Использование виртуальной клавиатуры позволяет значительно упростить ввод информации с сенсорного экрана прибора TD-Tester. Для ввода информации с использованием виртуальной клавиатуры необходимо выбрать поле для ввода данных, нажать кнопку «Клавиатура» [Рисунок 5-1] и ввести необходимую информацию [Рисунок 5-8]. Виртуальная клавиатура автоматически вызывается при долгом нажатии на поле ввода.

Параметры трансформатора

Технологический индекс:

Марка трансформатора:

Завод-производитель:

Год выпуска:

Заводской номер:

Мощность трансформатора, кВА:

Номинальная частота, Гц:

Тип:
☒ Трансформатор ☐ Автотрансформатор
☒ Трёхфазный ☐ Однофазный
☐ 2х-обмоточный ☒ 3х-обмоточный

Количество фаз:

Количество обмоток:

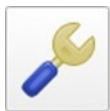
й	ц	у	к	е	н	г	ш	щ	з	х	⌫
ф	ы	в	а	п	р	о	л	д	ж	э	⌫
⬅	я	ч	с	м	и	т	ь	б	ю	➡	
123	.						,	;	en		

Buttons: [Green], [Red], [Blue], [Lightning], [Double Lightning], [1], [Double Arrow], [STOP], [Check], [Error]

Рисунок 5-8. Виртуальная клавиатура

Кнопка  на виртуальной клавиатуре предназначена для стирания всех символов в строке ввода информации. Для деактивации клавиатуры необходимо повторно нажать кнопку «Клавиатура» .

5.8. Настройки прибора



Доступ к настройкам параметров прибора осуществляется при помощи кнопки «Настройки прибора», [Рисунок 5-1].

Настройки включают в себя настройку даты и времени прибора, включение режима удаленного управления прибором и расположения базы данных при работе с прибором, запуск функции обновления программного обеспечения, список шаблонов норм при проведении испытаний трансформаторов в различных режимах, задание параметры датчиков измерения вибрации и тока привода РПН.

5.8.1. Системные настройки прибора

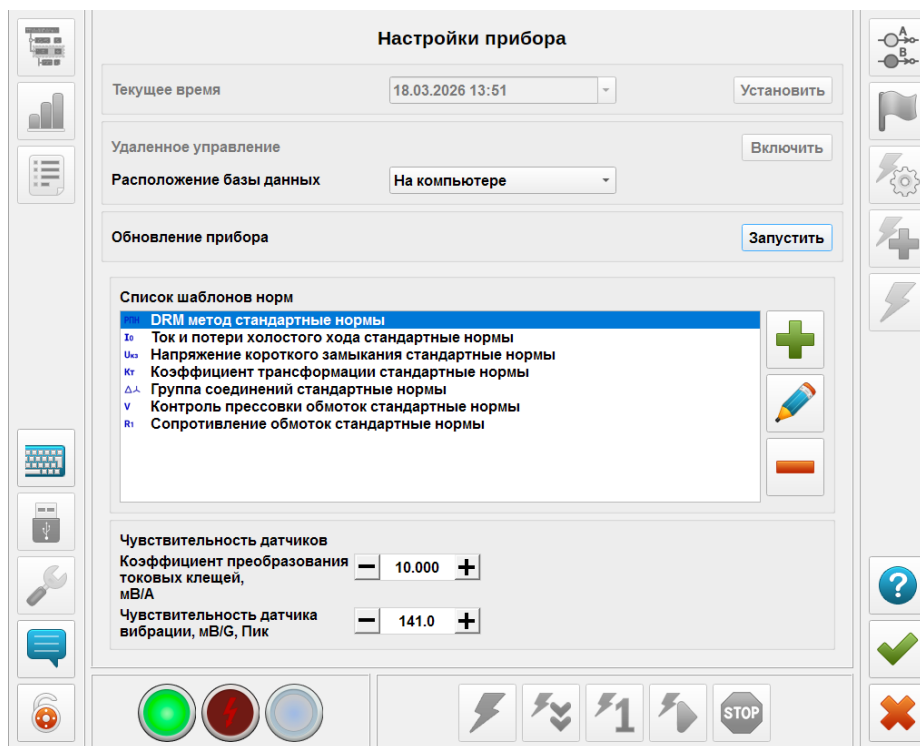


Рисунок 5-9. Настройки прибора

Для установки системной даты и времени необходимо нажать кнопку «Установить», а затем подтвердить установку нажатием кнопки «ОК».

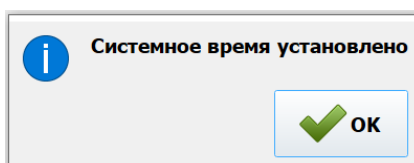


Рисунок 5-10. Установка системного времени

Для удаленного управления прибором TD-Tester в приборе реализована удаленная точка доступа по сети Wi-Fi. Для включения режима удаленного управления необходимо на приборе нажать кнопку «Включить» [Рисунок 5-9].

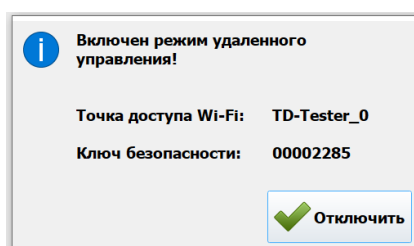


Рисунок 5-11. Параметры удаленного управления

Подключение компьютера происходит стандартным для ОС способом. Необходимо выбрать указанную в параметре «Точка доступа» сеть Wi-Fi из списка доступных сетей в ОС.

Нажать кнопку «Подключить» и ввести ключ безопасности, указанный на приборе. Подключение происходит от нескольких секунд до десятков секунд. Разница связана с проверками выхода в интернет и настроенными защитами на конкретном компьютере.

ВНИМАНИЕ! Ключ безопасности является уникальным и одноразовым. Всегда генерируется новый ключ при включении точки доступа. Это сделано для отключения возможности автоматического подключения к прибору и выполнения осознанных действий оператора с целью безопасного использования оборудования.

После подключения к точке доступа на компьютере используется программа-эмулятор прибора «TD-Tester» для установленной ОС из комплекта поставки.

ВНИМАНИЕ! После включения точки доступа управление прибором полностью передается на удаленный компьютер. Возможность управлять прибором с помощью встроенного экрана полностью блокируется.

После завершения процесса удаленного управления прибором необходимо нажать кнопку «Отключить» режим удаленного доступа на экране прибора. Точка доступа и компьютер автоматически отключаются. Управление полностью передается на прибор.

5.8.2. Расположение базы данных

При работе с прибором TD-Tester база данных (БД) расположена в памяти прибора, а при удаленном управлении прибором может располагаться как на компьютере, так и в памяти прибора. Путь к расположению БД на компьютере указывается при установке программы удаленного управления прибором TD-Tester системным администратором.

5.8.3. Обновление программного обеспечения прибора

Позволяет проводить обновление программного обеспечения (ПО) всех модулей и подсистем прибора TD-Tester. Обновление ПО предоставляется в виде одного файла архива с расширением «zip». Обновление может быть выполнено непосредственно на приборе при помощи USB FLASH накопителя или с компьютера в режиме удаленного управления.

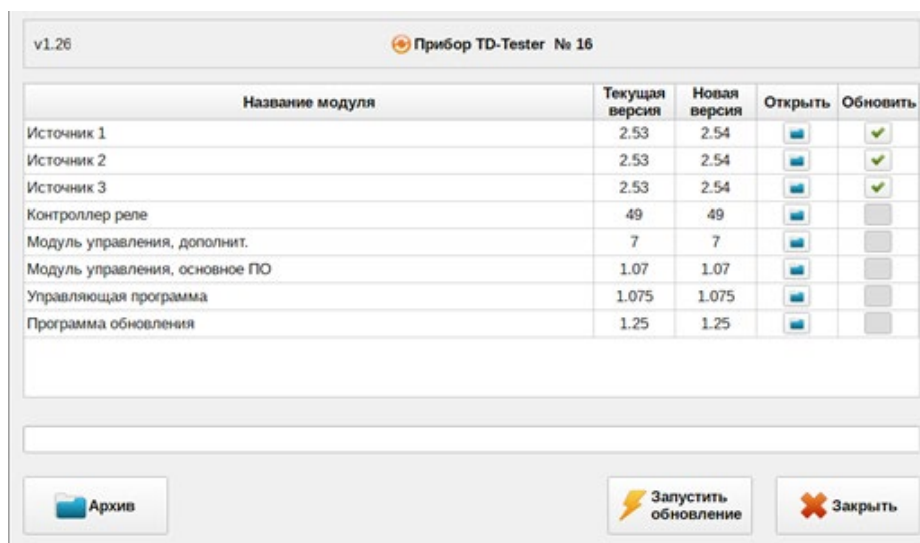


Рисунок 5-12. Обновление ПО прибора

В окне отображается список подсистем прибора, доступных для обновления ПО, и их текущая версия. Кнопка «Архив» позволяет с использованием стандартного системного файлового менеджера выбрать файл обновления ПО прибора.

При загрузке архива производится проверка текущей и новой версии ПО. В случае, если новая в архиве более поздняя, автоматически ставится отметка в столбце «Обновить». Пользователь может самостоятельно включать/отключать отметки в поле «Обновить» в соответствии с необходимостью.

Процесс обновления ПО каждого модуля отображается в нижней части экрана. При успешном обновлении отображается соответствующее сообщение.

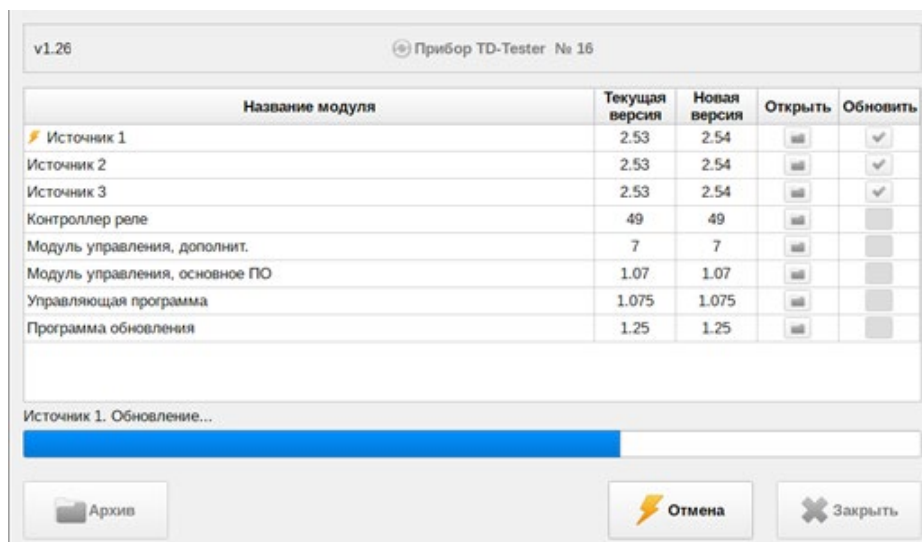


Рисунок 5-13. Процесс обновления

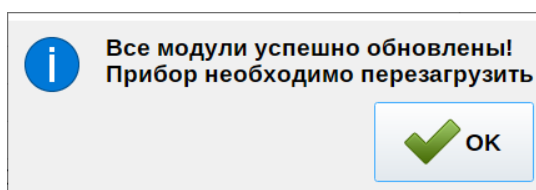


Рисунок 5-14. Успешное обновление

В результате процесса обновления текущая и новая версии модулей должны быть идентичны.

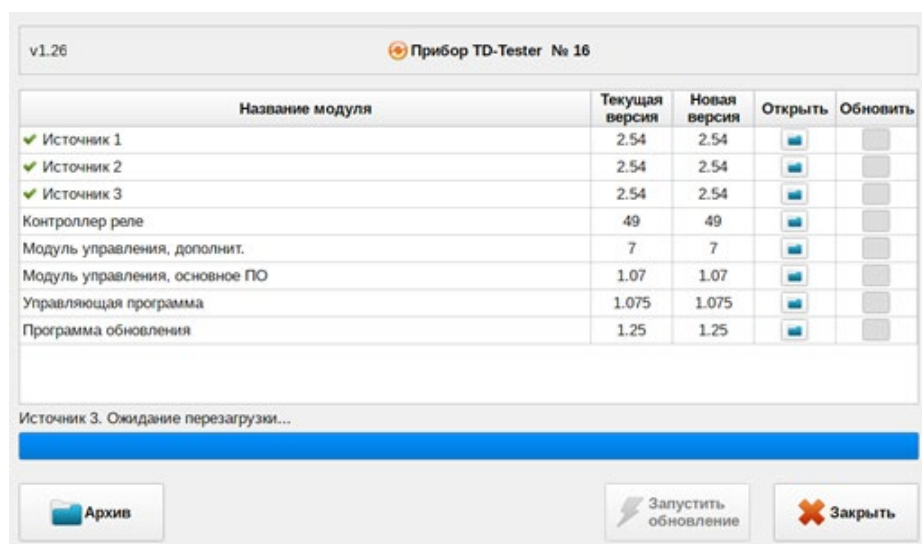


Рисунок 5-15. Результат обновления

Если по каким-либо причинам обновление модуля не произошло, рекомендуем повторить процесс. Возможно, для повторного обновления потребуется отключение/включение питания прибора.

5.8.4. Список шаблонов норм

Список шаблонов норм предназначен для формирования нормативных значений и их допустимых отклонений при проведении испытаний оборудования в соответствии с нормативными документами. Для каждого типа испытаний в приборе заложены индивидуальные типовые нормы.

Таблица 5-4. Панель работы со списком шаблонов норм

	Новый. Добавление нового набора нормативных параметров для выбранного режима испытаний.
	Исправить. Корректировка нормативных параметров для выбранного режима испытаний.
	Удалить. Удаление нормативных параметров для выбранного режима испытания.

5.8.5. Параметры датчиков измерения вибрации и тока

Для токовых клещей измерения тока нагрузки привода РПН необходимо задать коэффициент преобразования – мВ/А.

Для датчика вибрации необходимо задать чувствительность – мВ/Г.

Чувствительность датчиков
Коэффициент преобразования
токовых клещей,
мВ/А

–

10.000

+

Чувствительность датчика
вибрации, мВ/Г, Пик

–

141.0

+

Рисунок 5-16. Параметры датчиков

Параметры устанавливаются на заводе-изготовителе, их изменение требуется при изменении параметров или замене соответствующих датчиков.

5.9. Состояние подсистем прибора



Доступ к параметрам состояния прибора осуществляется при помощи кнопки «Состояние прибора» [Рисунок 5-1]. В этом режиме отображаются параметры текущего состояния прибора, его защит и возникшие ошибки.

Состояние прибора	
Максимальная температура в элементах контроля в приборе	31
Температура измерительных цепей(Тизм) °C	29
Температура источника 1 (Тист1) °C	31
Температура источника 2 (Тист2) °C	31
Температура источника 3 (Тист3) °C	30
Температура цепей переключения(Трел) °C	31
Температура защит(Тзшт) °C	28
Обороты вентилятора №1	0
Обороты вентилятора №2	0
Обороты вентилятора №3	0
Версия ПО контроллера	0.99 7 2.48 2.48 2.48 42.00
Номер прибора	12

Рисунок 5-17. Состояние прибора

Температурные параметры, обороты вентиляторов охлаждения и версии ПО отображаются в цифровом виде. Ошибки в работе прибора и текущая выполняемая операция отображаются в текстовом виде.

5.10. Внешний интерфейс



Работа с внешним интерфейсом осуществляется при помощи кнопки «USB» [Рисунок 5-1]. Основным внешним интерфейсом является USB. Интерфейс USB позволяет подключить стандартные USB-флэш-накопители, клавиатуру и манипулятор «мышь». Накопитель используется для сохранения, импорта и экспорта данных на компьютер и другие аналогичные приборы.

5.11. Панель управления испытаниями

Панель управления испытаниями находится в правой боковой и нижней части экрана программы. Кнопки управления активируются при доступности элемента управления [Рисунок 5-1].

Таблица 5-5. Панель управления испытаниями

	Схема подключения. Отображает схему подключения кабелей, соответствующую выбранному методу.		
	Начать испытание. Запуск испытания выбранным методом.		
	Настройка испытания. Просмотр и редактирование параметров выбранного метода.		
	Выбрать новое испытание. Оперативное добавление нового метода испытаний или с отличающимися параметрами.		
	Начать Измерение по параметрам пользователя. Настройка испытания по произвольным параметрам пользователя. Используется при поверке и тестировании приборов.		
	Сохранить. Сохранение введенных данных.		Сохранение измерения.
	Отмена. Отмена действия без сохранения введенных данных или данных замеров		
	Пуск. Запуск процесса измерения. Запускает заново процесс измерения с удалением несохраненных замеров, если были произведены замеры, но они не были сохранены.		
	Продолжить измерения с выбранного из списка. Продолжение измерения после остановки или паузы без удаления результатов измерения.		
	Начать одно измерение из списка. Запуск одного замера, выбранного из списка. Возможность произвести новое измерение взамен несохраненного существующего.		
	Перейти к следующему измерению. Переход на следующее измерение, не дожидаясь окончания производимого измерения.		
	Остановить измерения. Остановка или пауза в измерениях.		

Добавить новый метод испытаний из списка доступных для выбранного трансформатора с заданием необходимых параметров можно в окне работы с архивом или кнопкой в панели управления испытаниями.

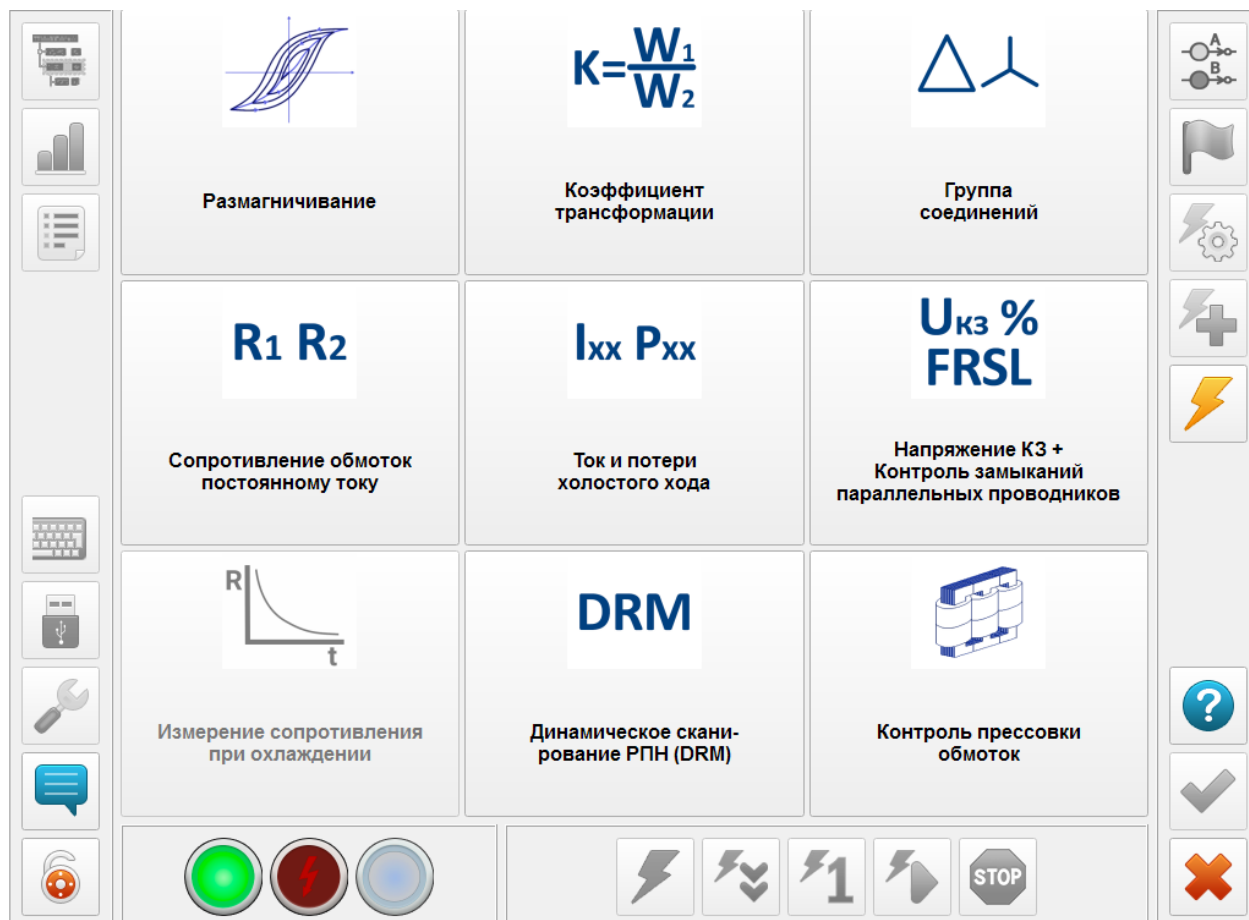


Рисунок 5-18. Выбор метода испытаний

Все методы испытаний сохраняются в общей базе, и их можно просматривать, редактировать и проводить измерения.

6. Рекомендации по освоению работы с прибором

Данный раздел Руководства предназначен для пользователей, не владеющих навыками работы с приборами TD-Tester.

Ознакомление с ПО и работой прибора можно проводить без подключения прибора TD-Tester к испытываемому объекту. Формирование данных и выполнения измерений будет выполняться для вида испытания «Измерение по параметрам пользователя» в режиме воспроизведения/измерения напряжения переменного тока. Для этого необходимо собрать схему, приведенную на рисунке ниже.

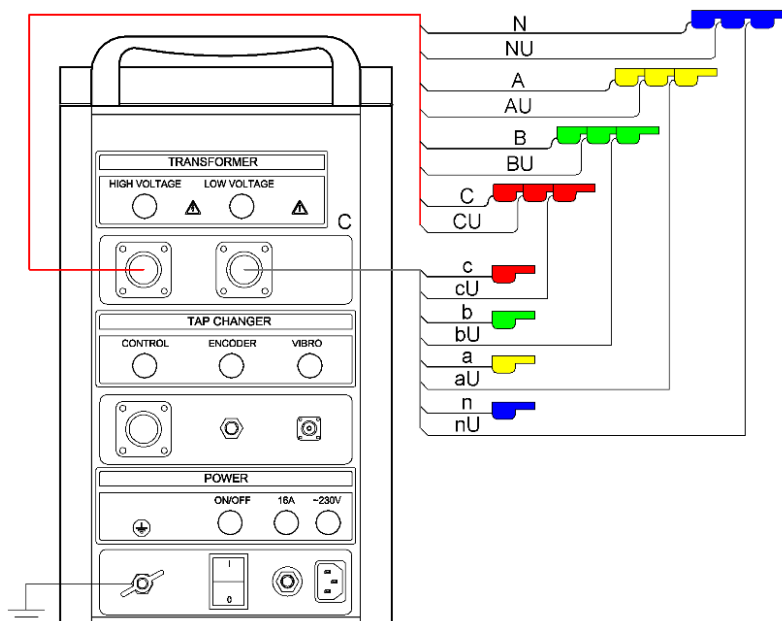


Рисунок 6-1. Схема измерения напряжения

Порядок выполнения операций:

1. Подключить кабель питания к разъему на боковой панели прибора и к розетке питания.
2. Включить прибор нажатием клавиши питания.
3. На сенсорном дисплее отобразится главное окно программы.
4. Убедиться [Рисунок 3-1], что светится (не мигает) голубое кольцо кнопки «Start/Stop», индикатор «STATUS» светится зеленым цветом, а индикатор подачи напряжения / тока не горит.
5. На сенсорном дисплее нажать кнопку «Заблокировать» [Рисунок 5-1] для исключения случайного нажатия кнопок управления.
6. Подсоединить измерительные кабели к прибору TD-Tester и нажать кнопку «Разблокировать» для разблокировки сенсорного экрана.
7. Порядок создания нового вида испытания в разделе «Метрология»:
 - нажать кнопку «Выбрать из архива» [Рисунок 5-1] и переместить курсор на раздел *Метрология*;

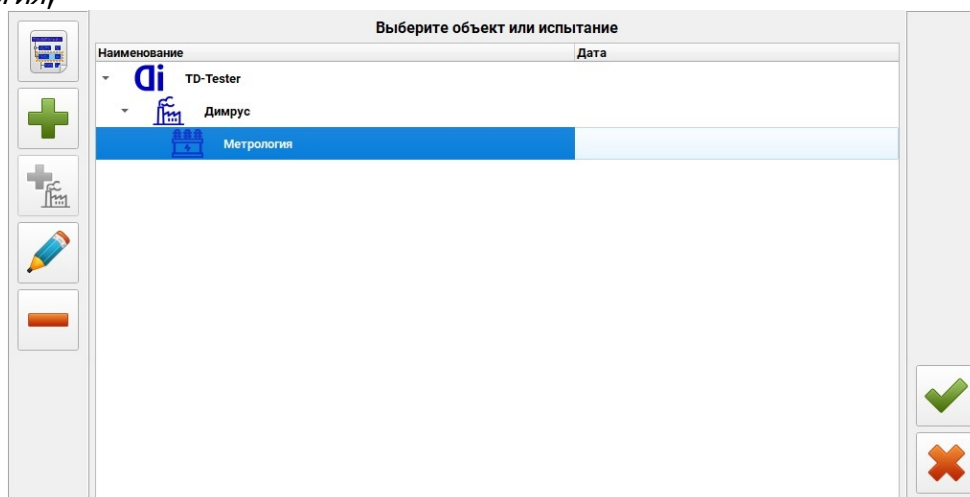


Рисунок 6-2. Выбор режима испытания

- нажать кнопку «Добавить» ;
 - на вкладке выбора вида испытания [Рисунок 5-18] нажать кнопку «Начать измерения по параметрам пользователя» .
 - на вкладке «Выберите объект или испытание» выберите созданный вид испытания.
8. На главном окне ПО нажать кнопку «Начать измерения по параметрам пользователя»  и ввести данные для испытаний в режиме «Источник переменного напряжения» [Таблица 6-1].

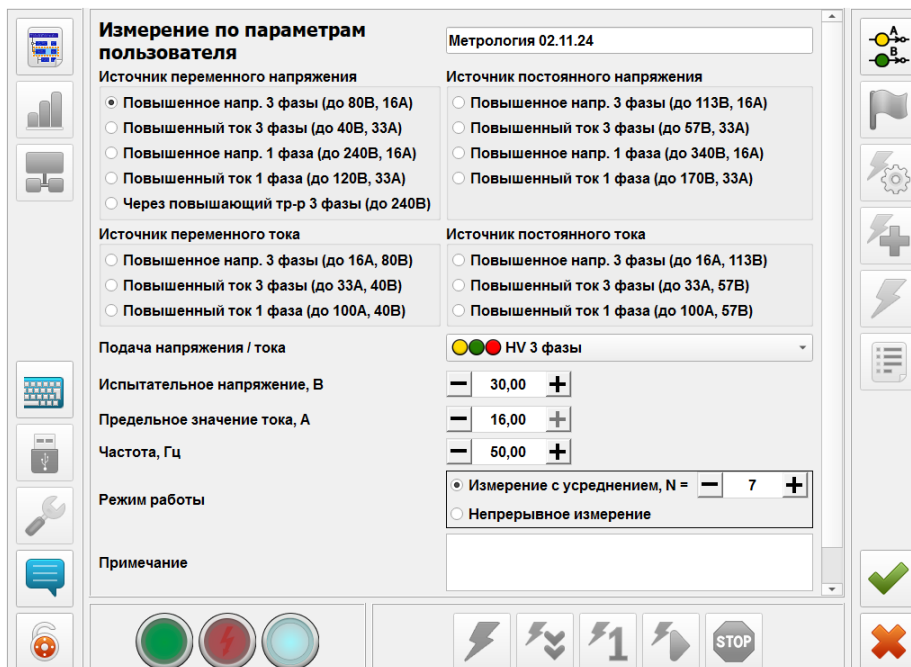


Рисунок 6-3. Окно ввода данных при измерении по параметрам пользователя

Таблица 6-1

	Повышенное напряжение 3 фазы (до 80 В, 16 А)
Поддача напряжения / тока	HV 3 фазы
Испытательное напряжение, В	30.00
Предельное значение тока, А	16.00
Частота, Гц	50
Режим работы	Измерение с усреднением, N= 7

9. Нажать кнопку «Сохранить»  и на экране отобразится окно «Текущие данные измерения».

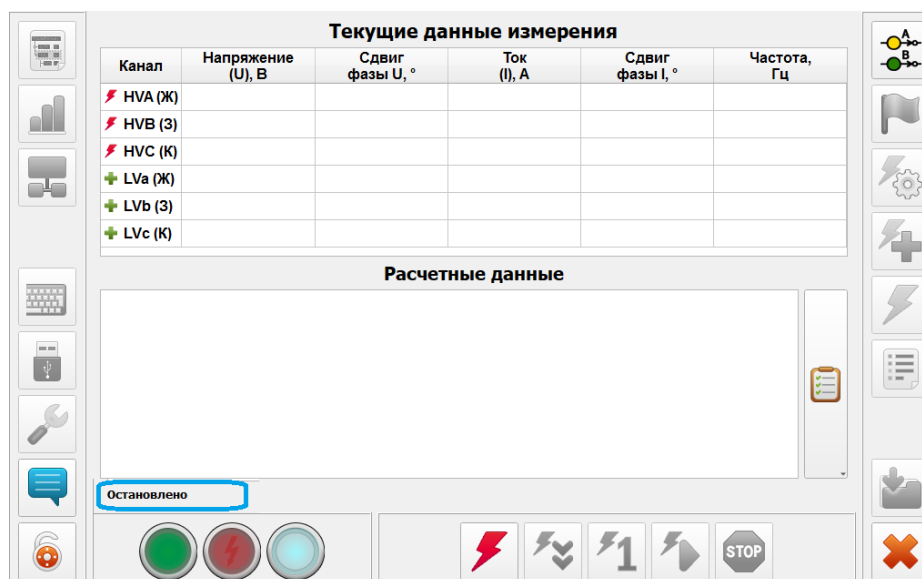


Рисунок 6-4. Окно «Текущие данные измерения»

Кнопка «Выбор расчетных данных»  предназначена для выбора и вычисления выбираемых параметров по результатам измерений.

10. Для выполнения измерений нажать кнопку «Пуск» , затем кнопку «Start/Stop» на лицевой панели прибора. Если был выбран режим «Непрерывное измерение» [Рисунок 6-3] для завершения измерений необходимо повторно нажать кнопку «Start/Stop».

После завершения процесса измерений на сенсорном экране отобразятся их результаты.

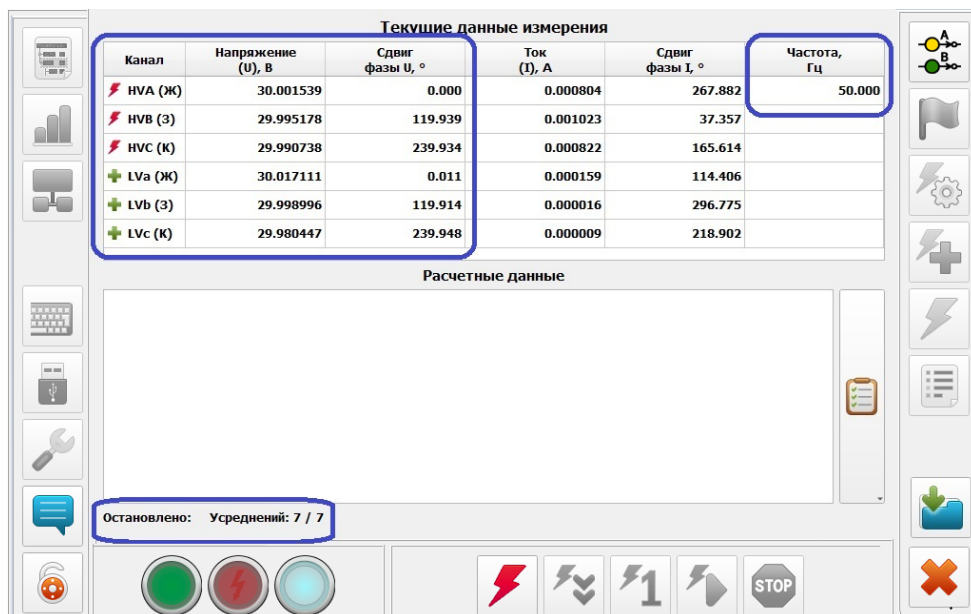


Рисунок 6-5. Окно с результатами измерений по параметрам пользователя

11. Для завершения измерений без сохранения результата нажать кнопку «Отмена» , а при необходимости сохранения данных нажать кнопку «Сохранить измерение»  и на сенсорном экране отобразится окно «Параметры измерения»

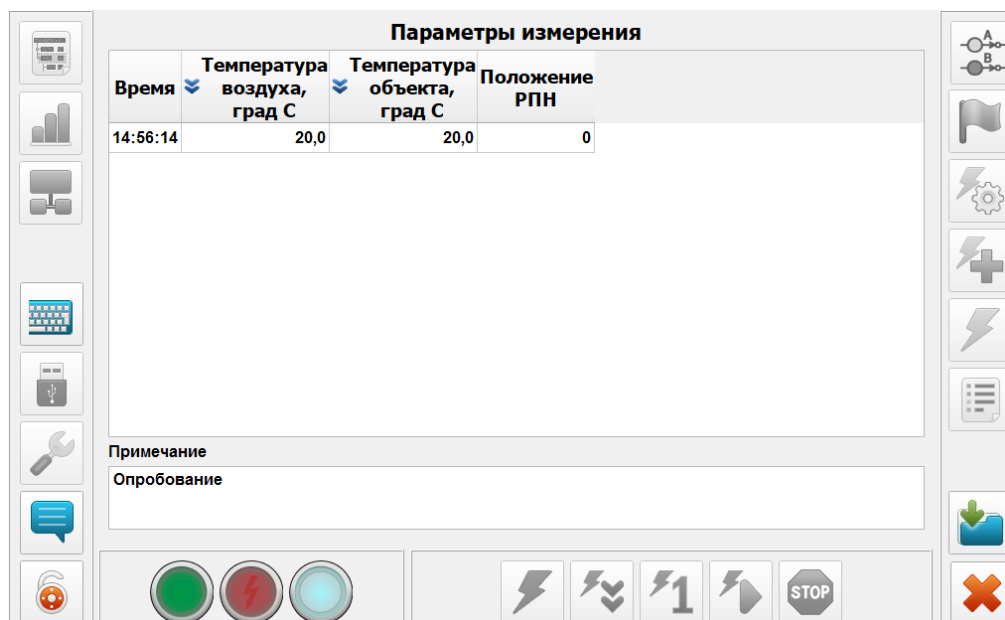


Рисунок 6-6. Окно «Параметры измерения»

В поле «Примечание» можно ввести данные, которые будут отображаться при просмотре анализов замера, и нажать кнопку «Сохранить измерение».

12. Завершить работу с прибором в соответствии с разделом [5.3] данного документа.

7. Методы испытаний

Основные методы проведения испытаний согласно ГОСТ 3484, выполняемых прибором TD-Tester:

1. Измерение коэффициента трансформации.
2. Проверка группы соединения обмоток.
3. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.
4. Измерение потерь и напряжения короткого замыкания (КЗ).
5. Измерение потерь и тока холостого хода.

Дополнительные методы испытаний:

1. Измерение динамического сопротивления (DRM тест) и вибрации РПН с целью контроля технического состояния устройства РПН силового трансформатора без вскрытия РПН.
2. Измерение частотной характеристики потерь рассеяния (FRSL – Frequency Response of Stray Losses) с целью контроля замыканий в параллельных проводниках. Схема подключения аналогична методу измерения потерь и напряжения КЗ. Измерение обычно проводится на частотах от 15 до 400 (максимум 600) Гц.
3. Измерение вибрации бака трансформатора в режиме холостого хода и нагрузки с целью контроля качества прессовки обмоток, определение технического состояния маслонасосов и вентиляторов, оценка целостности и состояния конструктивных элементов трансформатора по вибрационным параметрам (методика ПО Веста).
4. Размагничивание магнитной системы трансформатора, контроль намагниченности.
5. Измерения по параметрам пользователя. Настраиваемый пользователем режим работы источников (АС или DC, одна или 3 фазы, источник напряжения или тока и т.д.) и измерение заданных параметров. Этот режим используется для проведения нестандартных типов измерений и для поверки прибора.

Теоретические основы методов испытаний согласно ГОСТ 3484 подробно описаны в различной литературе. Основы методов измерения динамического сопротивления РПН, частотной характеристики потерь рассеяния и измерения вибрации бака трансформатора для контроля качества прессовки описаны в Руководстве по эксплуатации прибора TD-Tester.

8. Выполнение измерений с использованием прибора TD-Tester

Подготовка прибора TD-Tester к проведению измерений, включение и начало работы с прибором подразумевает, что условия эксплуатации прибора и электрическая безопасность соответствуют требованиям эксплуатационной документации, а также проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с внутренними нормативными документами Пользователя по охране труда и технике безопасности.

Настоящий документ (Руководство пользователя) всегда должен находиться в месте использования прибора TD-Tester, а персонал Пользователя должен ознакомиться с этим руководством перед использованием прибора и соблюдать изложенные в нем инструкции по технике безопасности, установке и эксплуатации.

Выполнение измерений с использованием прибора TD-Tester должно проводиться в соответствии с разделом [5.5 Порядок проведения испытаний].

Проведение испытаний необходимо проводить в полном соответствии со схемами подключения прибора к трансформатору, приведенными в БД прибора TD-Tester и Руководстве пользователя для соответствующей версии исполнения прибора TD-Tester в зависимости от вида и режима испытания.

8.1. Подключение испытательных проводов прибора TD-Tester к трансформатору

При подключении испытательных проводов прибора к трансформатору [Рисунок 8-1] необходимо соблюдать следующую последовательность:

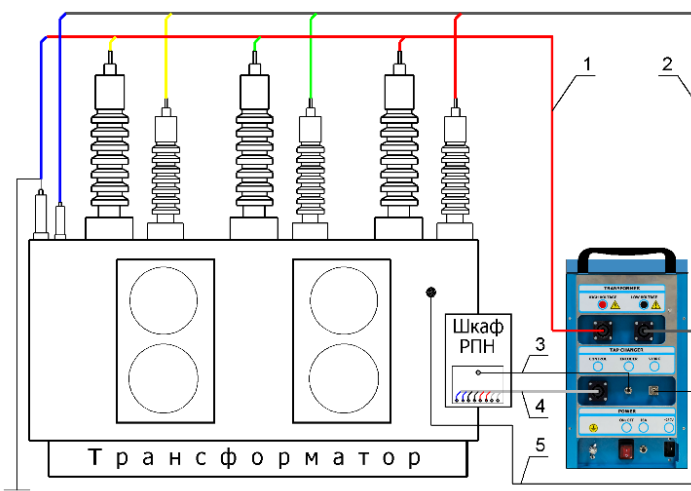


Рисунок 8-1. Типовая схема подключения прибора TD-Tester к трансформатору

- подсоединить кабель высокого напряжения (1) и кабель низкого напряжения (2) к прибору TD-Tester;
- при наличии РПН и необходимости контроля напряжения и тока нагрузки привода РПН, а также управления переключением РПН подсоединить кабель контроля и управления переключением РПН (4) к прибору TD-Tester;
- подсоединить кабель высокого напряжения (1) и кабель низкого напряжения (2) ко входам трансформатора;
- при необходимости контроля углового перемещения привода РПН установите энкодер и подсоединить его кабель (3) к соответствующему разъему прибора TD-Tester;
- при необходимости контроля вибрации установите датчик вибрации на контролируемом элементе трансформатора и подсоединить его кабель (5) к соответствующему разъему прибора TD-Tester;
- подсоединить кабель контроля РПН (4) к соответствующим клеммам в шкафу управления РПН [Рисунок 8-2];

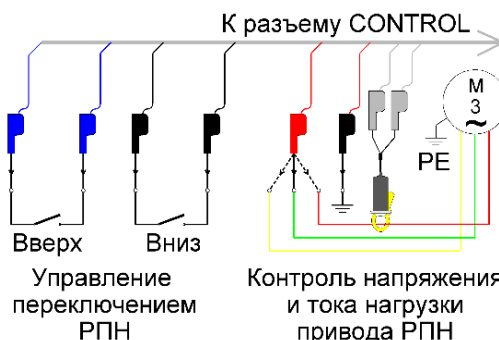


Рисунок 8-2. Схема подключения кабеля управления РПН

8.2. Измерение коэффициента трансформации

Коэффициент трансформации измеряется для проверки одного из основных параметров силового трансформатора. Измерения коэффициента трансформации и фазового угла позволяют обнаруживать обрывы цепи и короткие замыкания в обмотках трансформатора. Коэффициент трансформации измеряется во время приемочных испытаний, а затем необходимо регулярно проверять при плановом обслуживании трансформатора.

При наличии РПН коэффициент трансформации определяется для каждого ответвления обмотки трансформатора.

8.2.1. Измерение коэффициента трансформации в 1-фазном режиме

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте в базу данных прибора новый трансформатор с указанием его параметров в соответствии с разделом [5.6] данного руководства.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Выбрать новое испытание»  выберите «Коэффициент трансформации» и задайте необходимые параметры. При дальнейших измерениях коэффициента трансформации для других режимов достаточно выбрать метод испытания

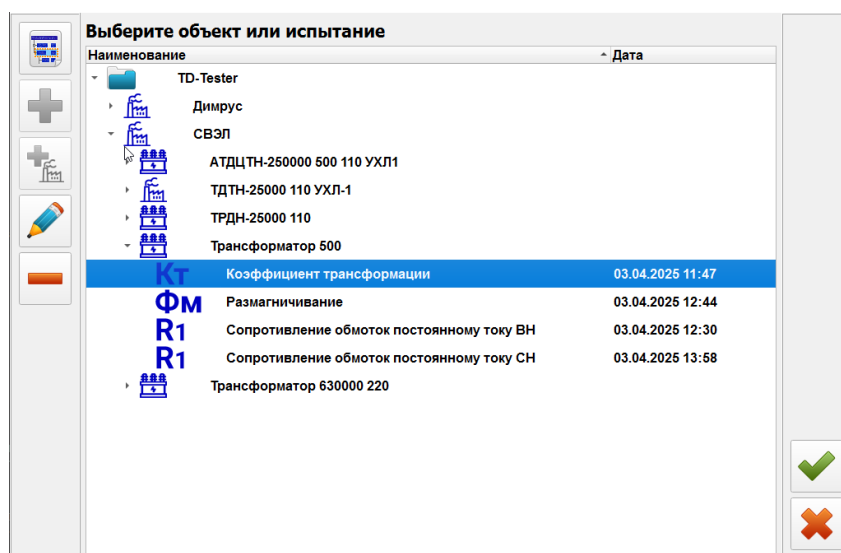


Рисунок 8-3. Выбор существующего метода испытания

и нажатием кнопки «Настройка испытания»  на главном окне прибора задать необходимые параметры.

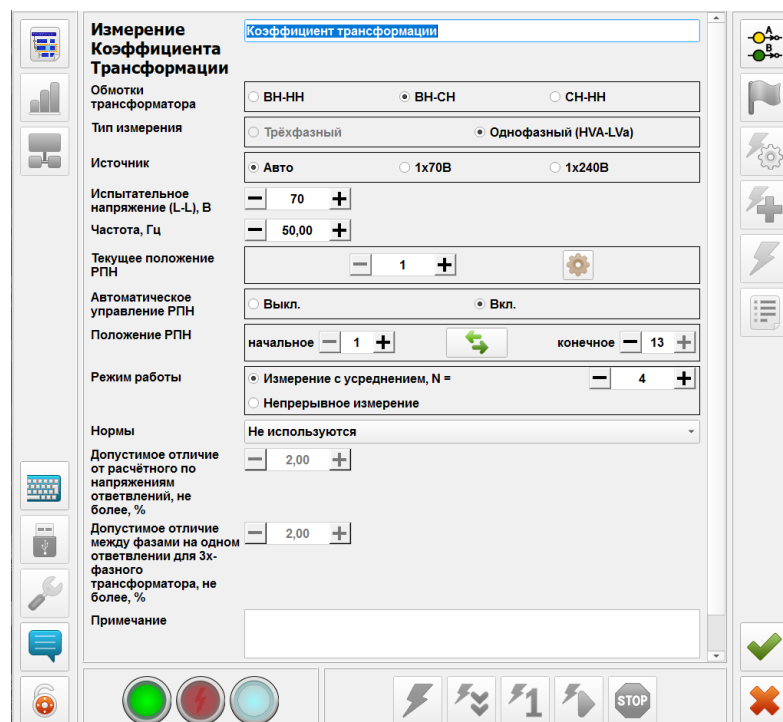


Рисунок 8-4. Ввод данных для измерения КТ в 1-фазном режиме

- Нажмите кнопку «Параметры управления РПН» , задайте необходимые значения для правильного переключения РПН и регистрации измерений в процессе испытания. При этом за время переключения принимается интервал времени, необходимый для завершения переключения РПН «вверх» (+) или «вниз» (-) на одно положение.

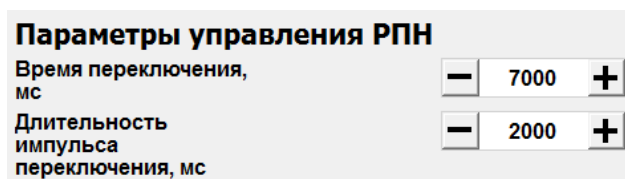


Рисунок 8-5. Параметры управления РПН

- Для установления нормативных значений и сопоставления их с результатами измерений необходимо открыть вкладку меню «Нормы» [Рисунок 8-4] и выбрать необходимое условие:

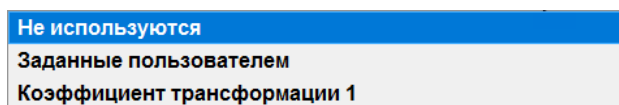


Рисунок 8-6. Выбор нормативных параметров при измерении КТ

При выборе условия:

- «Не используется» - результаты измерений не сопоставляются с нормативными данными;
 - «Заданные пользователем» - необходимо задать данные вручную [Рисунок 8-4];
 - «Коэффициент трансформации...» - нормативные данные в соответствии со списком шаблонов норм, указанных при настройке прибора, раздел [5.8].
- После ввода данных нажмите кнопку «Сохранить» .
 - Для запуска измерений нажмите кнопку «Начать испытание»  на главном окне программы.
 - В окне «Результаты измерения» нажмите кнопку «Пуск» .
 - В окне «Управление измерениями» на кнопке «Start/Stop» начнет постоянно светиться индикатор.

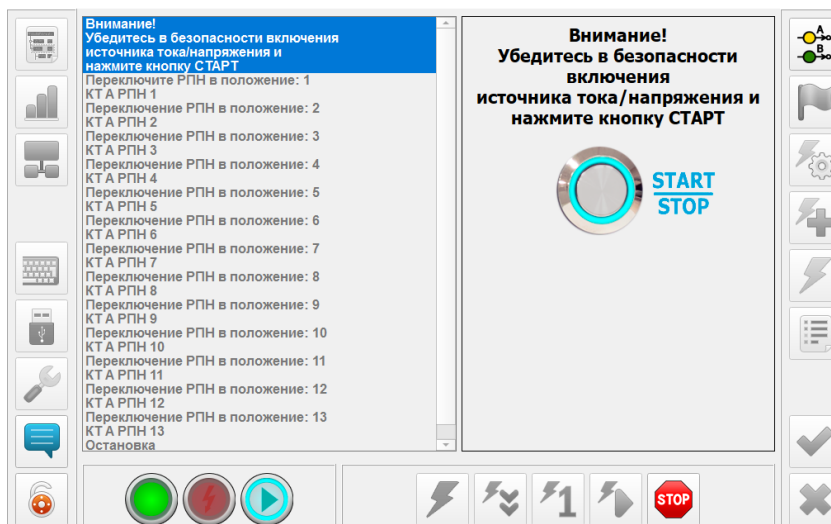


Рисунок 8-7. Управление измерениями КТ

9. Нажмите кнопку «Start/Stop» на панели прибора.
10. В окне «Управление измерениями» выполнить переключение РПН [Рисунок 8-8] в необходимое положение и нажать кнопку «Начать измерение»

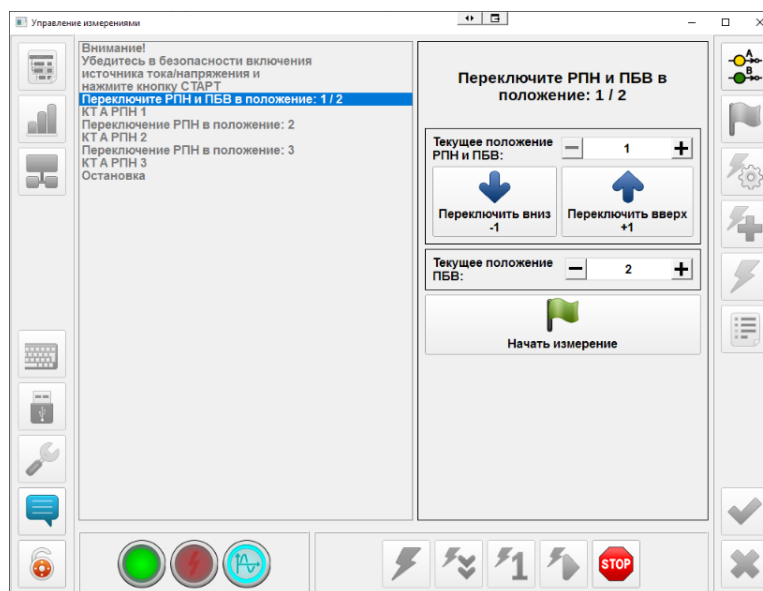


Рисунок 8-8. Управление переключением РПН

Если при настройке испытания [Рисунок 8-4] был выбран режим автоматического управления РПН, процесс переключения положения и измерение будут проводиться автоматически. При ручном управлении РПН программа будет автоматически останавливаться после измерения на каждом положении и ожидать переключения в следующее. После переключения положения в окне программы необходимо изменить текущее положение РПН (ПБВ) и нажать кнопку «Начать измерение» .

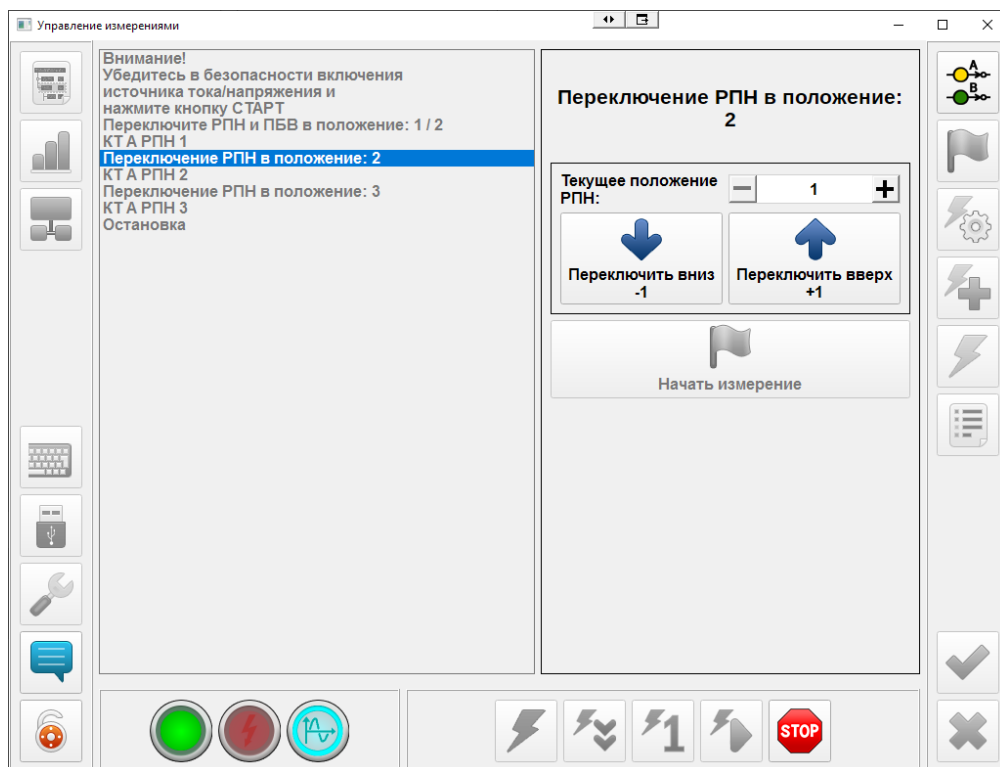


Рисунок 8-9. Изменение положения РПН

11. Остановка испытания может быть плановая при достижении заданных параметров усреднений или кнопкой «Start/Stop» на панели прибора. Аварийная остановка испытаний – нажатием кнопки «Аварийный останов» на верхней панели прибора TD-Tester.
12. После завершения или остановки испытания красный световой индикатор «Подача напряжения/тока» индикатор на кнопке «Start/Stop» отключаются. Результаты измерения отображаются на экране прибора.

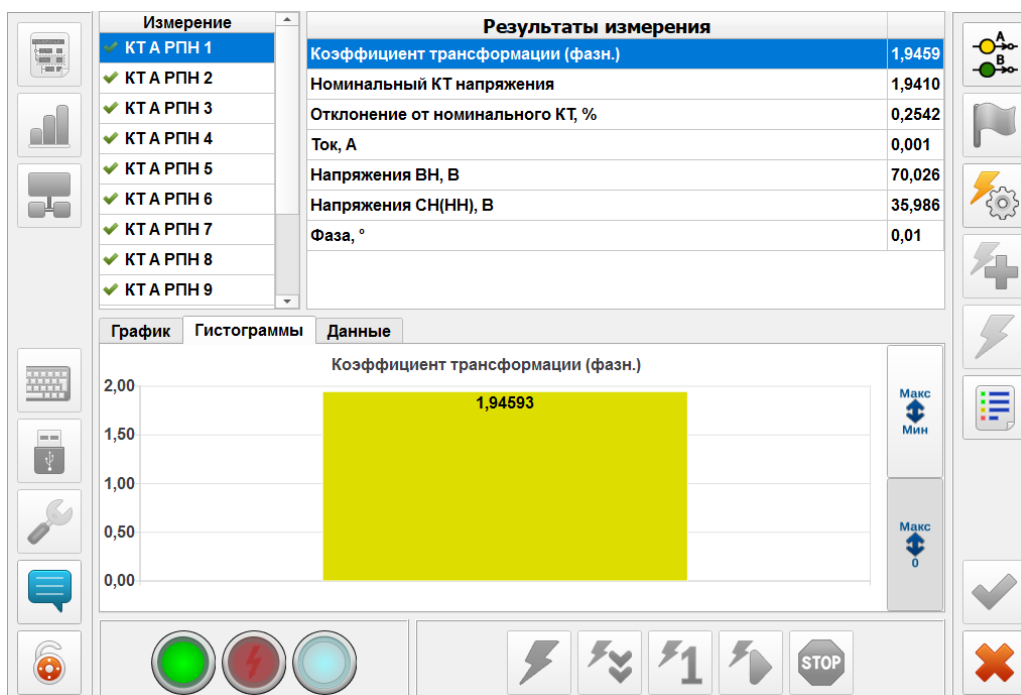


Рисунок 8-10. Результаты измерения КТ в 1-фазном режиме

13. Для измерения коэффициента трансформатора для других фаз необходимо выключить прибор TD-Tester, произвести необходимые переключения измерительных кабелей прибора и выполнить аналогичные испытания.

8.2.2. Измерение коэффициента трансформации в 3-фазном режиме

Порядок выполнения операций не отличается от измерения коэффициента трансформации в 1-фазном режиме, за исключением вводимых параметров

Измерение Коэффициента Трансформации

Коэффициент трансформации ВН-СН

Обмотки трансформатора: ☐ ВН-НН ☒ ВН-СН ☐ СН-НН

Тип измерения: ☒ Трёхфазный ☐ Однофазный (HVA-LVa)

Источник: ☐ Авто ☒ 3x120В (L-L) ☐ 3x400В (L-L)

Испытательное напряжение (L-L), В: 120

Частота, Гц: 50,00

Текущее положение РПН: 19

Автоматическое управление РПН: ☒ Выкл. ☐ Вкл.

Положение РПН: начальное 19, конечное 1

Режим работы: ☒ Измерение с усреднением, N = 4 ☐ Непрерывное измерение

Нормы: Не используются

Допустимое отличие от расчётного по напряжениям ответвлений, не более, %: 2,00

Допустимое отличие между фазами на одном ответвлении для 3х-фазного трансформатора, не более, %: 2,00

Примечание

Рисунок 8-11. Ввод данных для измерения КТ в 3-фазном режиме

и отображения результатов измерений.

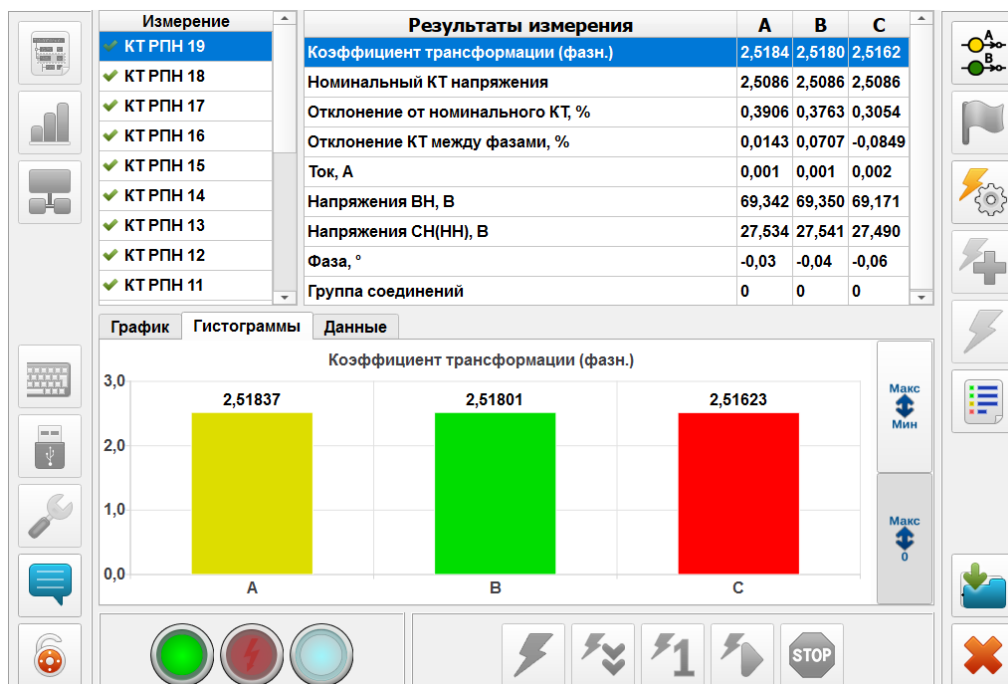


Рисунок 8-12. Результаты измерения КТ в 3-фазном режиме

8.2.3. Анализ результатов измерения коэффициента трансформации

Для просмотра архива информации нажать кнопку «Анализ измерения»  на главном окне прибора TD-Tester [Рисунок 5-1].

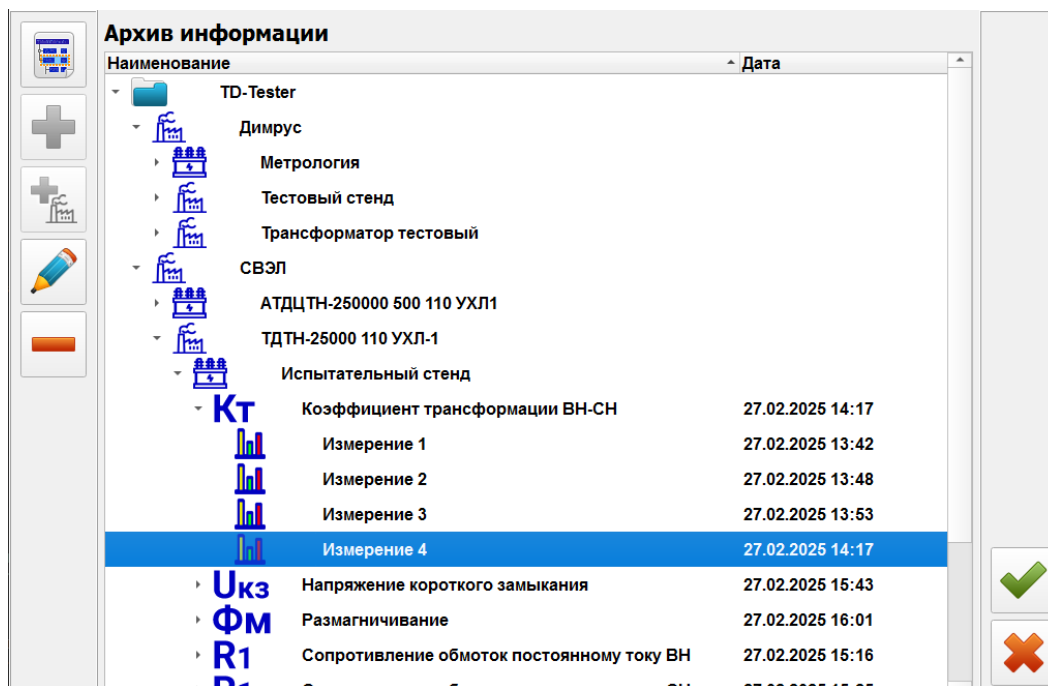


Рисунок 8-13. Выбор из архива измерений информации для просмотра

В окне «Архив информации» выбрать сохраненный в процессе испытания результат измерения коэффициента трансформации и нажать кнопку «Выбрать» .

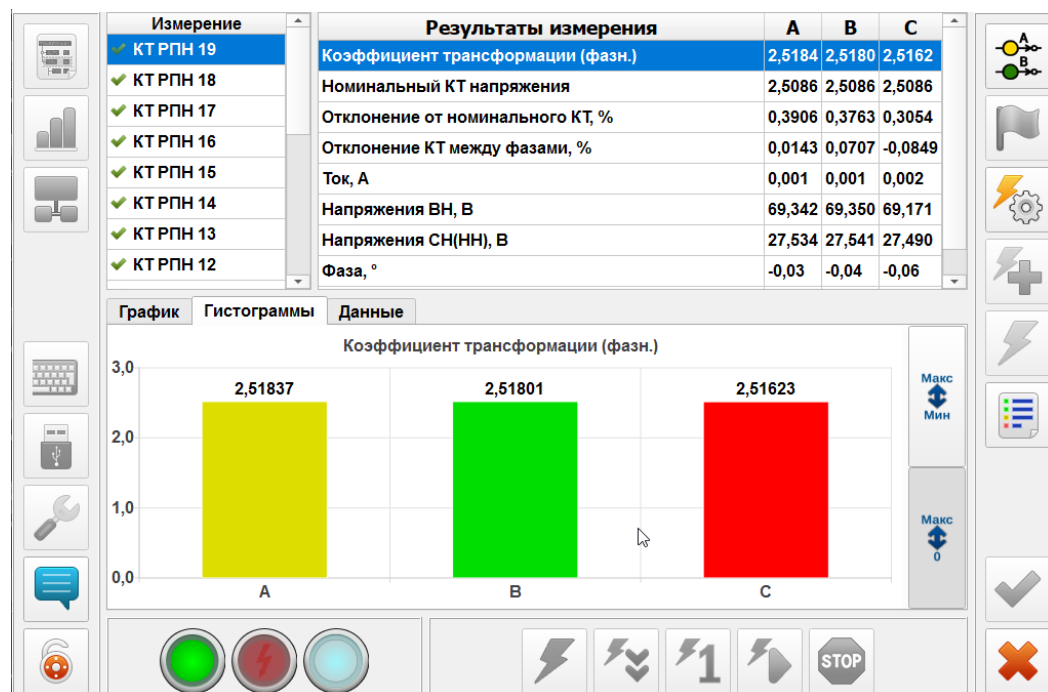
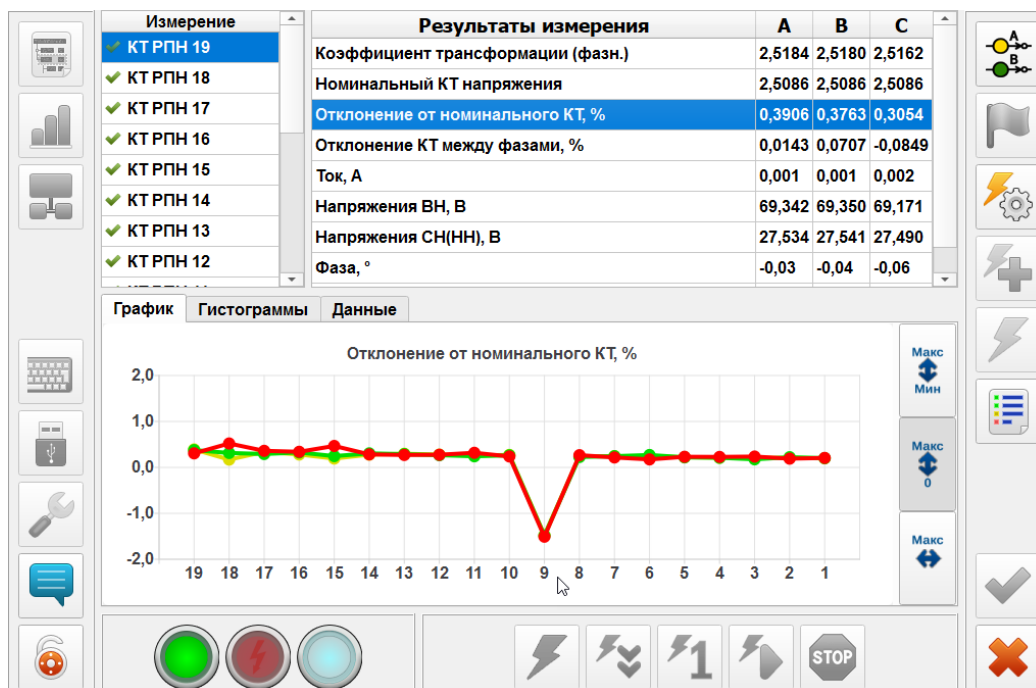


Рисунок 8-14. Окно просмотра результатов измерений КТ

Результаты измерений регистрируемых параметров можно просматривать в виде графиков, гистограмм и данных в числовом формате.



Набор регистрируемых параметров позволяет оценить техническое состояние обмоток трансформатора, а при отклонении какого-либо параметра от среднестатистических данных выполнить дополнительное испытание для соответствующего положения РПН трансформатора.

Для просмотра и сохранения результатов измерений в форме отчета необходимо нажать кнопку «Отчет» , а затем кнопку «Сохранить отчет в файл»  и указать параметры сохранения отчета. Для выхода из режима просмотра отчета без его сохранения нажать кнопку «Отменить» .



8.3. Сопротивление обмоток постоянному току

Сопротивление обмоток постоянному току измеряют способом падения напряжения на обмотке трансформатора. При наличии у трансформатора РПН прибор TD-Tester позволяет измерять сопротивление всех ответвлений обмоток трансформатора в автоматическом режиме.

8.3.1. Измерение сопротивления обмоток трансформатора без РПН

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте в базу данных прибора новый трансформатор с указанием его параметров в соответствии с разделом [5.6] данного руководства.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Выбрать новое испытание»  выберите «Сопротивление обмоток постоянному току» и задайте необходимые параметры.

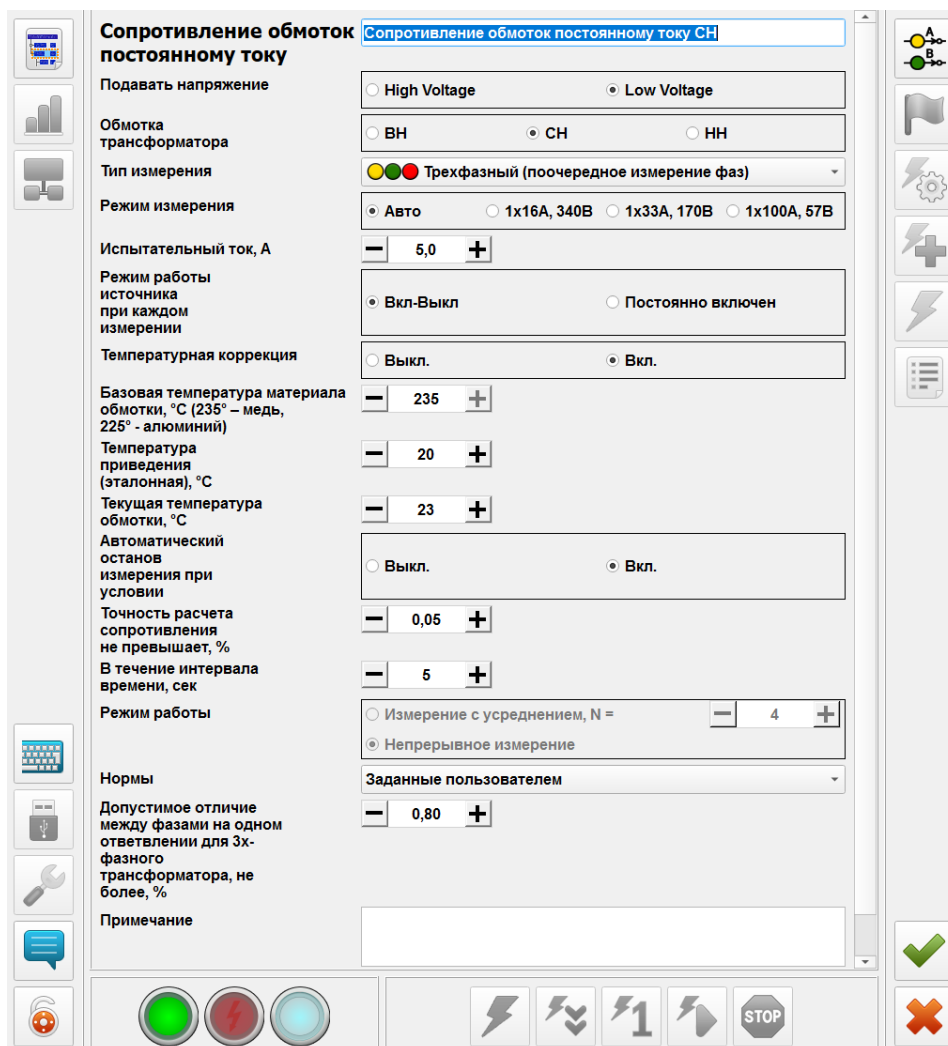


Рисунок 8-17. Ввод параметров при измерении сопротивления обмоток без РПН

Параметры «Точность расчета сопротивления» и «В течение интервала времени» задаются в соответствии с нормативно-техническими требованиями на проведение испытаний для установившихся показаний прибора в течение определенного времени.

Для установления нормативных значений и сопоставления их с результатами измерений необходимо открыть вкладку меню «Нормы» и выбрать необходимое условие:

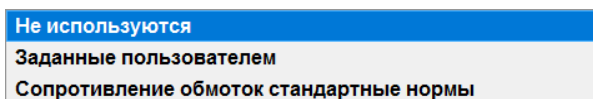


Рисунок 8-18. Выбор нормативных параметров при измерении сопротивления обмоток

При выборе условия:

- «Не используется» - результаты измерений не сопоставляются с нормативными данными;

- «Заданные пользователем» - необходимо задать данные вручную;
 - «Сопротивление обмоток стандартные нормы» - нормативные данные в соответствии со списком шаблонов норм, указанных при настройке прибора, раздел [5.8].
3. После ввода данных нажмите кнопку «Сохранить» .
 4. Для запуска измерений нажмите кнопку «Начать испытание»  на главном окне программы.
 5. В окне «Результаты измерения» нажмите кнопку «Пуск» .
 6. В окне «Управление измерениями» на кнопке «Start/Stop» начнет постоянно светиться индикатор.

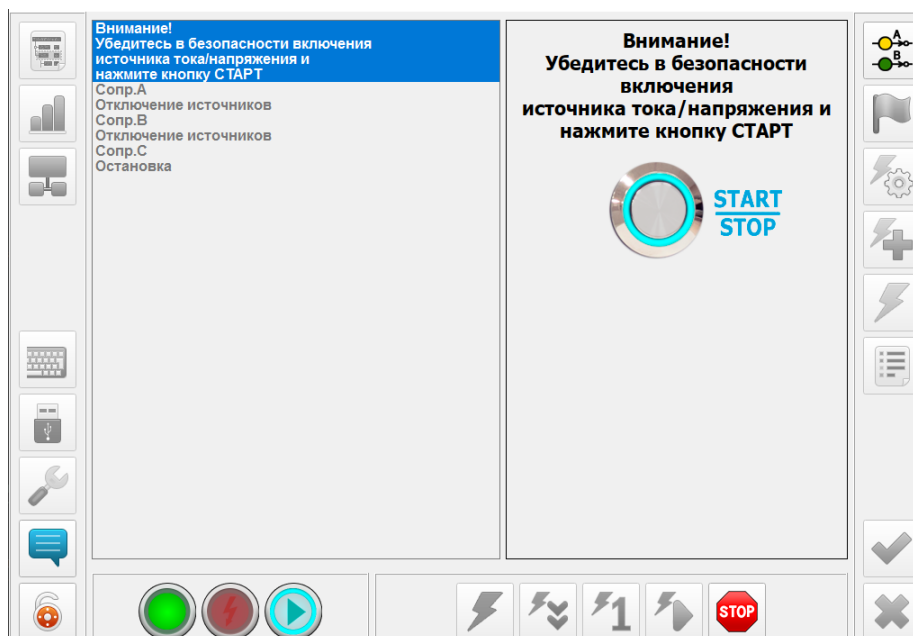


Рисунок 8-19. Управление измерениями R обмоток трансформатора

7. Нажмите кнопку «Start/Stop» на панели прибора.
8. Остановка испытания может быть плановая при достижении заданных параметров установившегося значения измерения сопротивления. Аварийная остановка испытаний – нажатием кнопки «Аварийный останов» на верхней панели прибора TD-Tester.
9. После завершения или остановки испытания красный световой индикатор «Подача напряжения/тока» индикатор на кнопке «Start/Stop» отключаются. Результаты измерения отображаются на экране прибора.

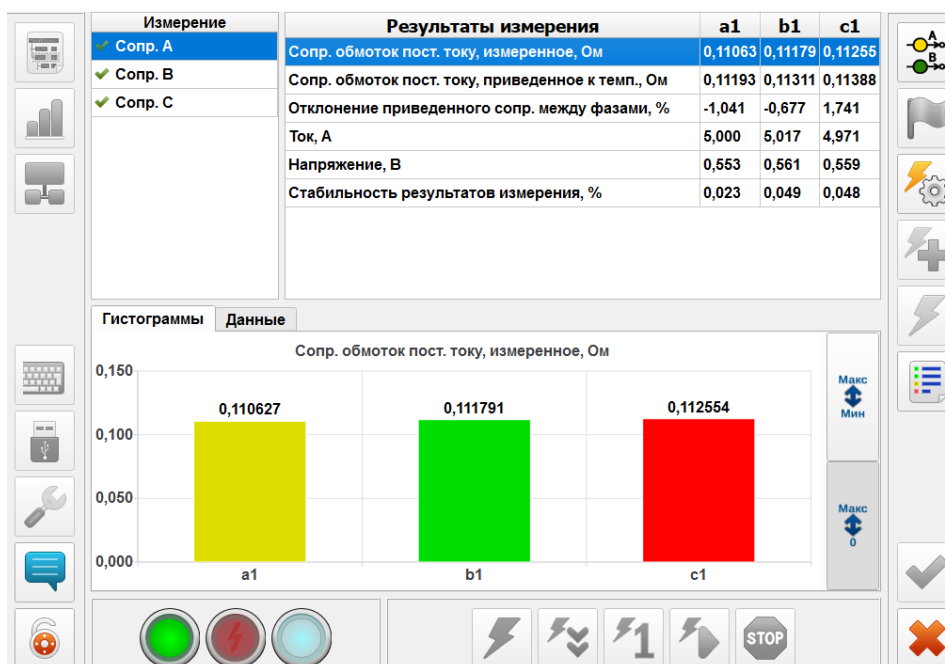


Рисунок 8-20. Результаты измерения R обмоток без РПН

8.3.2. Измерение сопротивления обмоток трансформатора с РПН

Порядок выполнения операций не отличается от измерения сопротивления обмоток постоянному току трансформатора без РПН, за исключением набора вводимых параметров и отображения результатов измерений.

Рисунок 8-21. Ввод параметров при измерении сопротивления обмоток с РПН

Подача установившегося значения постоянного тока может быть достаточно длительным процессом. При измерении с переключением РПН имеется возможность не отключать источник тока в процессе переключений. Для этого необходимо в пункте «Режим работы источника при каждом измерении» выбрать пункт «Постоянно включен». В этом случае источник тока будет включен во время всего процесса измерений на разных положениях РПН, что значительно сокращает время проведения испытаний.

Для правильного переключения РПН и регистрации измерений в процессе испытания необходимо нажать кнопку «Параметры управления РПН» , задать необходимые значения и нажать кнопку «Сохранить» . При этом за время переключения принимается интервал времени, необходимый для завершения переключения РПН «вверх» (+) или «вниз» (-) на одно положение.

Рисунок 8-22. Параметры управления РПН

Измерение сопротивления обмоток трансформатора для каждого положения РПН производится в автоматическом режиме при достижении требований к установившемуся значению измерения сопротивления обмоток.

После завершения измерений сопротивлений обмоток для всех положений РПН будут отображены результаты измерений.

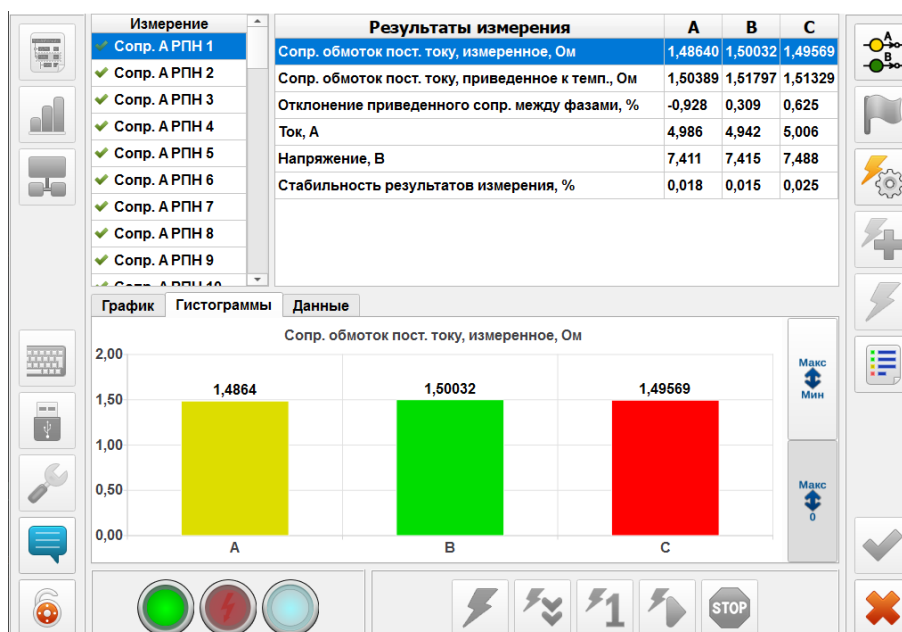


Рисунок 8-23. Результаты измерений сопротивления обмоток трансформатора с РПН

8.3.3. Анализ и формы отчетов результатов измерения сопротивления обмоток трансформатора постоянному току

Анализ результатов измерения и сохранения отчетов испытаний выполняется типовыми операциями работы с архивом для соответствующего вида испытания. Формы отчетов представлены на рисунках ниже.

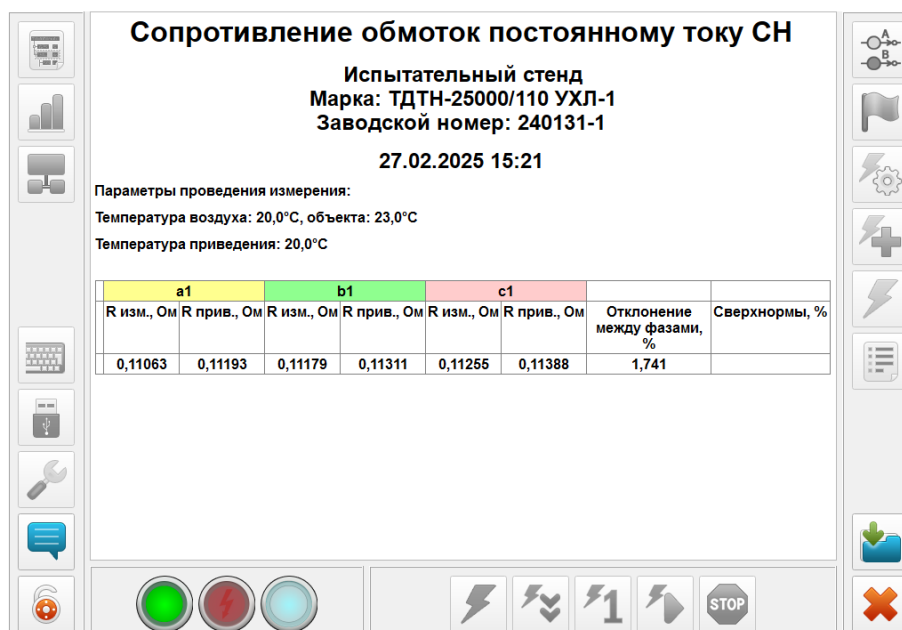


Рисунок 8-24. Отчет измерений сопротивления обмоток без РПН

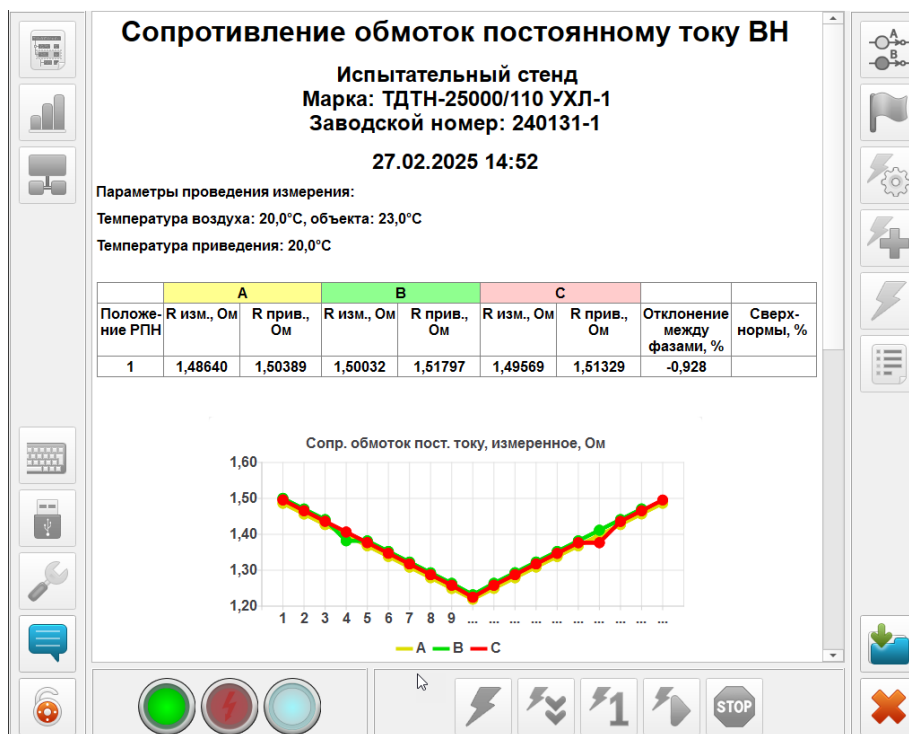


Рисунок 8-25. Отчет измерений сопротивления обмоток с РПН

8.4. Размагничивание магнитопровода трансформатора

При проведении испытаний силовых трансформаторов остаточная намагниченность магнитопровода может привести к искажению результатов ряда параметров, например, при измерении потерь холостого хода. Прибор TD-Tester позволяет в автоматическом режиме оперативно выполнить процесс размагничивания с соблюдением требований нормативных документов. Встроенный собственный алгоритм для расчета начального и остаточного потока после размагничивания предоставляет информацию о состоянии магнитопровода после размагничивания и гарантирует пользователю, что процесс размагничивания прошел успешно.

Ток, при котором заканчивается процесс размагничивания, не должен быть больше действующего значения тока, ожидаемого в опыте холостого хода при малом напряжении. Размагничивание проводят пропусканием тока по одной из обмоток каждого из стержней магнитной системы. Прибор позволяет выполнить поочередное размагничивание каждой фазы трансформатора в автоматическом режиме.

8.4.1. Порядок проведения размагничивания

1. В меню «Работа с архивом» выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте в базу данных прибора новый трансформатор с указанием его параметров в соответствии с разделом [5.6] данного руководства.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Выбрать новое испытание» выберите «Размагничивание» и задайте необходимые параметры.

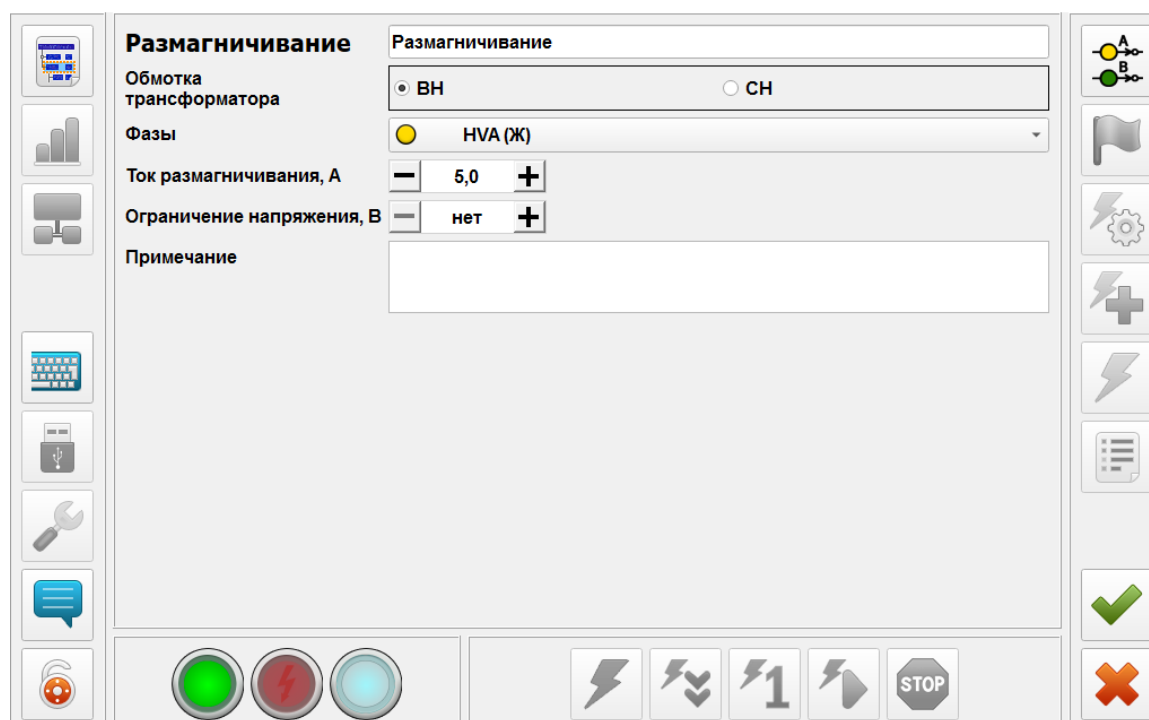


Рисунок 8-26. Ввод параметров при размагничивании

Параметры «Ток размагничивания» и «Ограничение напряжения» задаются в соответствии с нормативно-техническими требованиями на проведение размагничивания магнитопровода трансформатора.

3. Для запуска измерений нажмите кнопку «Начать испытание» на главном окне программы.
4. В окне «Результаты измерения» нажмите кнопку «Пуск» .
5. В окне «Управление измерениями» на кнопке «Start/Stop» начнет постоянно светиться индикатор.

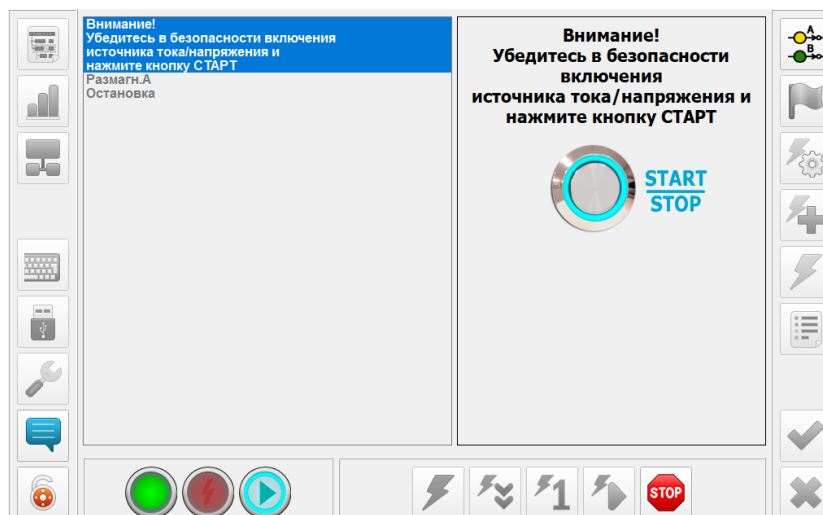


Рисунок 8-27. Управление процессом размагничивания

6. Нажмите кнопку «Start/Stop» на панели прибора.
7. После завершения размагничивания красный световой индикатор «Подача напряжения/тока» индикатор на кнопке «Start/Stop» отключаются. Результаты измерения отображаются на экране прибора.
8. Для сохранения результатов нажмите кнопку  «Сохранить измерения».

8.4.2. Анализ и формы отчетов результатов размагничивания

Анализ результатов, просмотр и сохранение результатов размагничивания выполняется типовыми операциями работы с архивом для соответствующего вида испытания. Формы отчетов представлены на рисунках ниже.

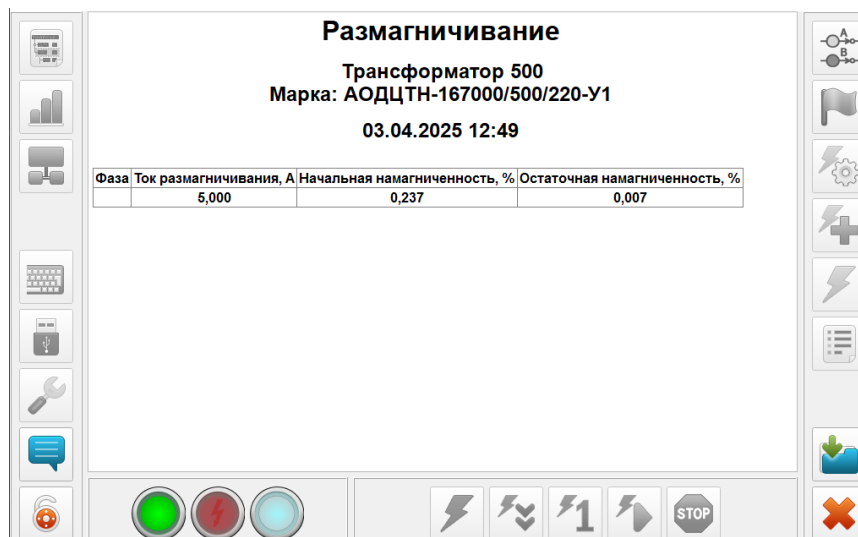


Рисунок 8-28. Отчет размагничивания для одной фазы

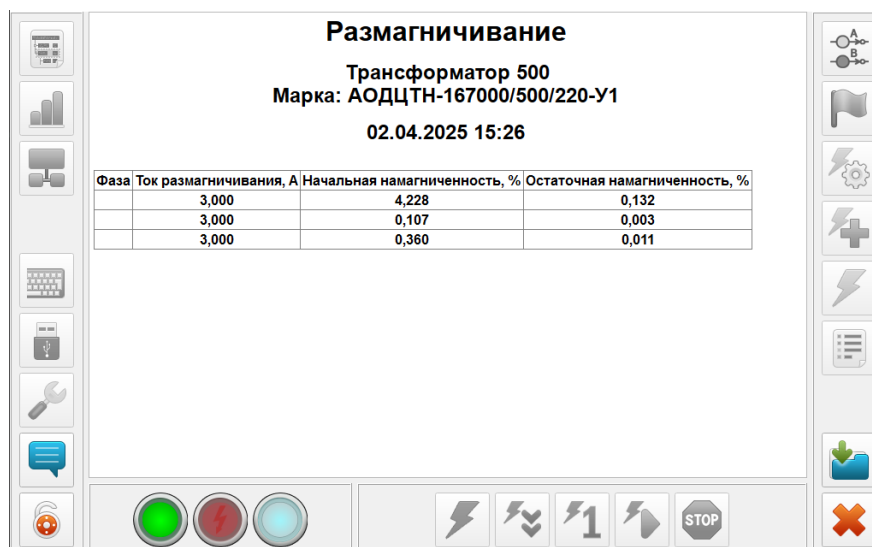


Рисунок 8-29. Отчет поочередного размагничивания трех фаз

8.5. Группа соединений

Группа соединения обмоток силового трансформатора определяется углом сдвига векторов линейных электродвижущих сил (ЭДС) обмотки низшего напряжения к векторам соответствующих электродвижущих сил обмотки высшего напряжения.

8.5.1. Порядок определения группы соединений трансформатора

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте в базу данных прибора новый трансформатор с указанием его параметров в соответствии с разделом [5.6] данного руководства.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Выбрать новое испытание»  выберите «Группа соединений» и задайте необходимые параметры.

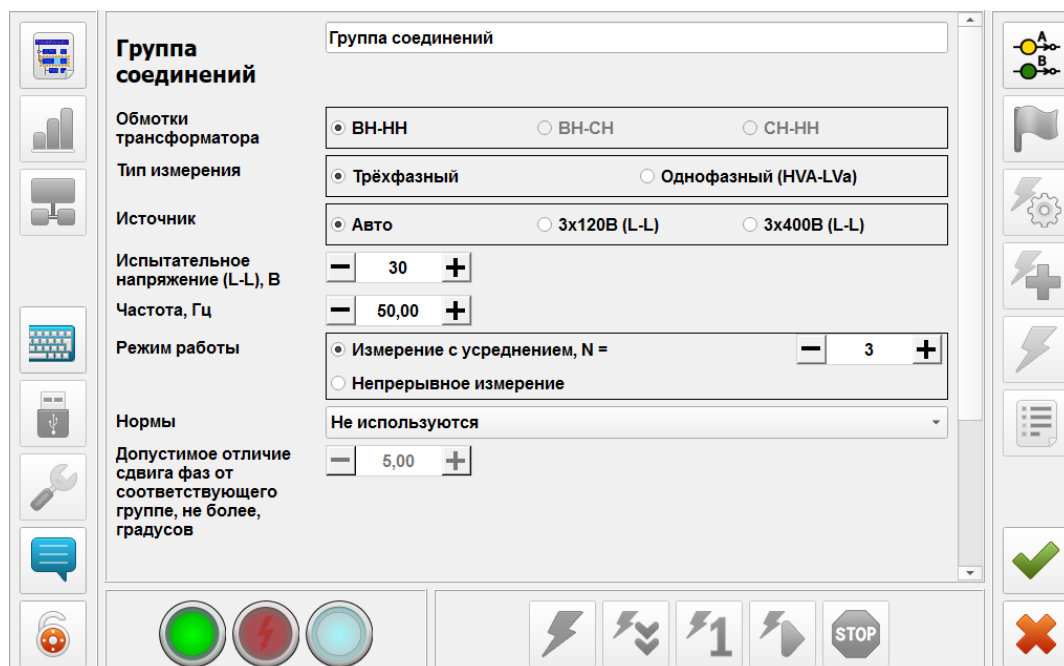


Рисунок 8-30. Ввод параметров при определении группы соединения

Величина испытательного напряжения должна выбираться с учетом требований нормативных данных, схемы испытания, коэффициента трансформации и допустимых значений измерения напряжения для прибора TD-Tester.

Для установления нормативных значений и сопоставления их с результатами измерений необходимо открыть вкладку меню «Нормы» и выбрать необходимое условие:

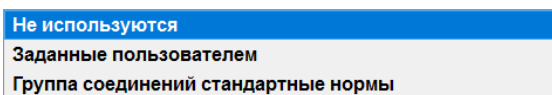


Рисунок 8-31. Выбор нормативных параметров при определении группы соединения

При выборе условия:

- «Не используется» - результаты измерений не сопоставляются с нормативными данными;
 - «Заданные пользователем» - необходимо задать данные вручную;
 - «Группа соединений стандартные нормы» - нормативные данные в соответствии со списком шаблонов норм, указанных при настройке прибора, раздел [5.8].
3. Для запуска измерений нажмите кнопку «Начать испытание»  на главном окне программы.
 4. В окне «Результаты измерения» нажмите кнопку «Пуск» .
 5. В окне «Управление измерениями» на кнопке «Start/Stop» начнет постоянно светиться индикатор.

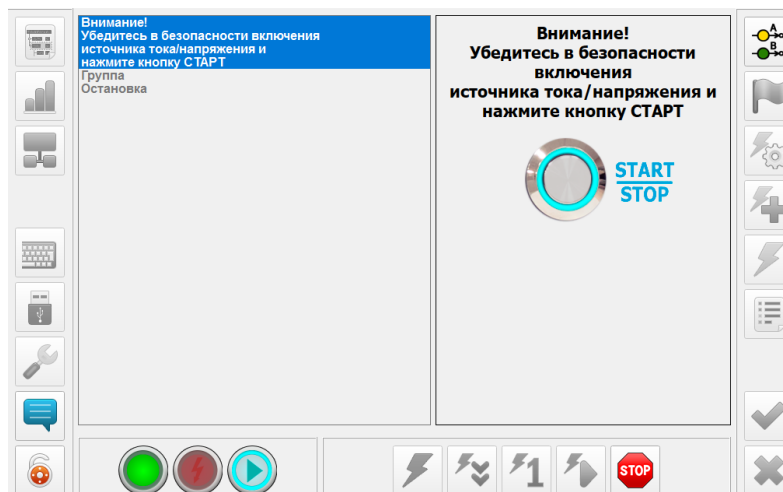


Рисунок 8-32. Управление процессом определения группы соединений

6. Нажмите кнопку «Start/Stop» на панели прибора.
7. После завершения испытания красный световой индикатор «Подача напряжения/тока» индикатор на кнопке «Start/Stop» отключаются. Результаты определения группы соединения отображаются на экране прибора.

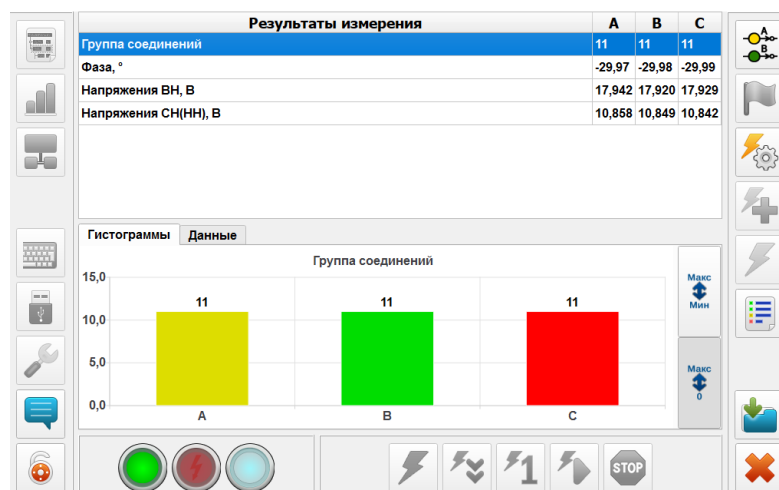


Рисунок 8-33. Результаты определения группы соединений

8. Для сохранения результатов нажмите кнопку «Сохранить измерения».

8.5.2. Анализ и формы отчета определения группы соединений

Анализ результатов, просмотр и сохранение результатов определения группы соединений выполняется типовыми операциями работы с архивом для соответствующего вида испытания. Форма отчета представлена на рисунке ниже.

Группа соединений ВН-НН

Трансформатор тестовый

07.02.2025 15:14

Фаза	Напряжение ВН, В	Напряжение НН, В	Фаза, °	Группа соединений измеренная	Группа соединений паспортная
A	17,942	10,858	-29,97	11	11
B	17,920	10,849	-29,98	11	11
C	17,929	10,842	-29,99	11	11

Группа соединений обмоток соответствует паспортным данным.

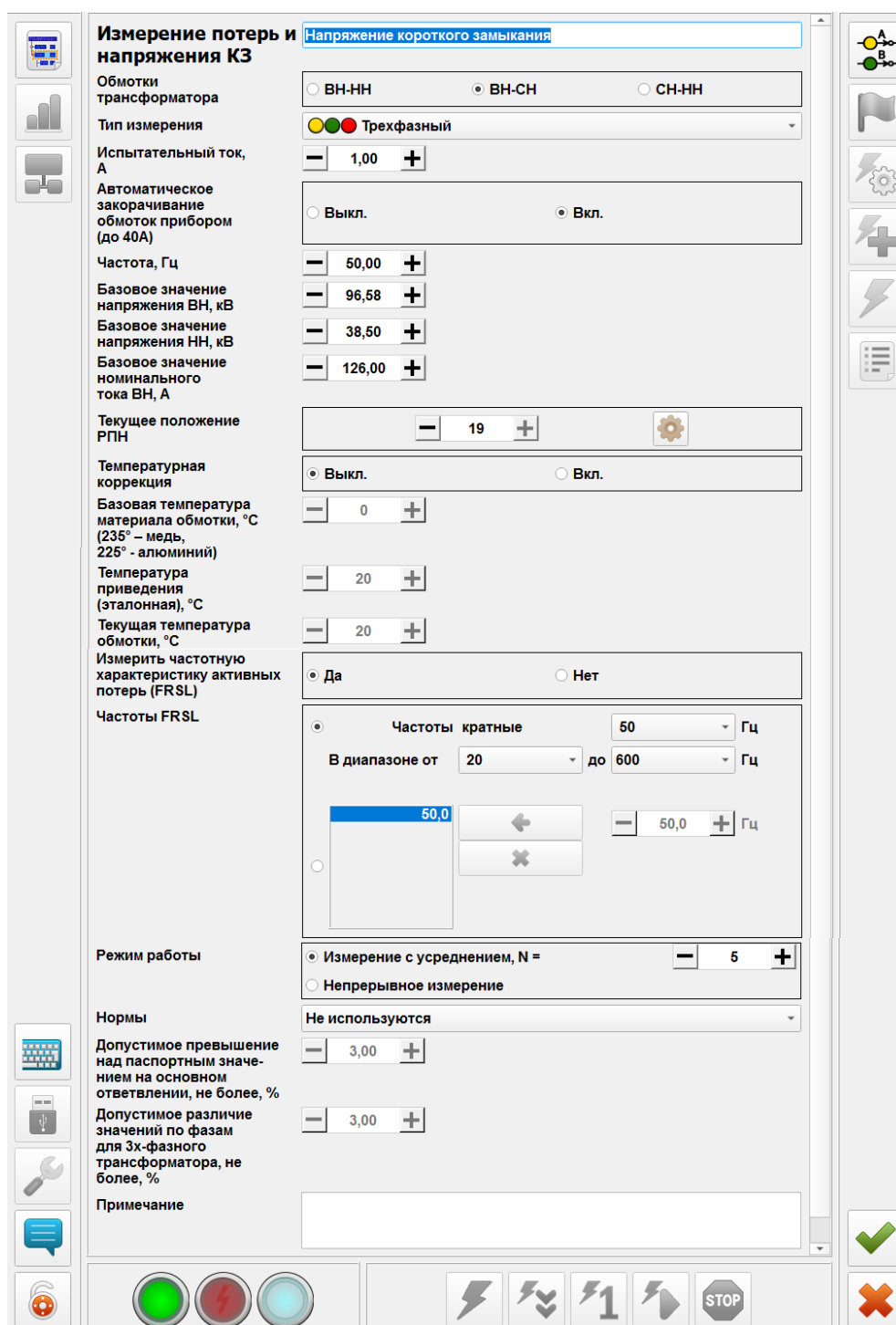
Рисунок 8-34. Отчет определения группы соединений

8.6. Напряжение короткого замыкания и частотная характеристика FRSL

Опыт короткого замыкания выполняют для каждой пары обмоток. Одну из обмоток замыкают накоротко, на другую подается напряжение переменного тока от прибора TD-Tester номинальной частоты, остальные обмотки размыкают. Замыкание обмотки накоротко осуществляют соединением ее линейных зажимов между собой.

8.6.1. Порядок определения напряжения короткого замыкания

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте в базу данных прибора новый трансформатор с указанием его параметров в соответствии с разделом [5.6] данного руководства.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Выбрать новое испытание»  выберите «Напряжение короткого замыкания» и задайте необходимые параметры.



Измерение потерь и напряжения КЗ

Обмотки трансформатора: ☐ ВН-НН ☒ ВН-СН ☐ СН-НН

Тип измерения: ☐ Однофазный ☒ Трехфазный

Испытательный ток, А:

Автоматическое закорачивание обмоток прибором (до 40А): ☐ Выкл. ☒ Вкл.

Частота, Гц:

Базовое значение напряжения ВН, кВ:

Базовое значение напряжения НН, кВ:

Базовое значение номинального тока ВН, А:

Текущее положение РПН:

Температурная коррекция: ☒ Выкл. ☐ Вкл.

Базовая температура материала обмотки, °C (235° - медь, 225° - алюминий):

Температура приведения (эталонная), °C:

Текущая температура обмотки, °C:

Измерить частотную характеристику активных потерь (FRSL): ☒ Да ☐ Нет

Частоты FRSL: ☒ Частоты кратные Гц
В диапазоне от до Гц

Режим работы: ☒ Измерение с усреднением, N =
☐ Непрерывное измерение

Нормы:

Допустимое превышение над паспортным значением на основном ответвлении, не более, %:

Допустимое различие значений по фазам для 3х-фазного трансформатора, не более, %:

Примечание:

Рисунок 8-35. Ввод параметров при определении напряжения КЗ

3. Прибор TD-Tester позволяет производить опыт короткого замыкания для трехфазного трансформатора в автоматическом режиме путем автоматического закорачивания обмоток прибором. Для включения данной функции необходимо выбрать метку «Вкл.». Ограничением на использование режима автоматического закорачивания является величина тока во вторичной обмотке 40 А. При возможном превышении данного тока во вторичной обмотке прибор не будет выполнять измерения с выдачей соответствующего сообщения. В этом случае необходимо установить соответствующие закоротки вручную.
4. Для правильного переключения РПН и регистрации измерений в процессе испытания необходимо нажать кнопку «Параметры управления РПН» , задать необходимые значения и нажать кнопку «Сохранить» . При этом за время переключения принимается интервал времени, необходимый для завершения переключения РПН «вверх» (+) или «вниз» (-) на одно положение.
5. Для выполнения измерений частотной характеристики FRSL необходимо выбрать метку «Да» и задать необходимые частоты.
6. Для установления нормативных значений и сопоставления их с результатами измерений необходимо открыть вкладку меню «Нормы» и выбрать необходимое условие:

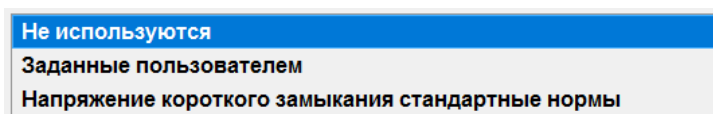


Рисунок 8-36. Ввод нормативных параметров напряжения КЗ

При выборе условия:

- «Не используется» - результаты измерений не сопоставляются с нормативными данными;
 - «Заданные пользователем» - необходимо задать данные вручную;
 - «Напряжение короткого замыкания стандартные нормы» - нормативные данные в соответствии со списком шаблонов норм, указанных при настройке прибора, раздел [5.8].
7. После ввода данных нажмите кнопку «Сохранить» .
 8. Для запуска измерений нажмите кнопку «Начать испытание»  на главном окне программы.
 9. В окне «Результаты измерения» нажмите кнопку «Пуск» .
 10. В окне «Управление измерениями» на кнопке «Start/Stop» начнет постоянно светиться индикатор.

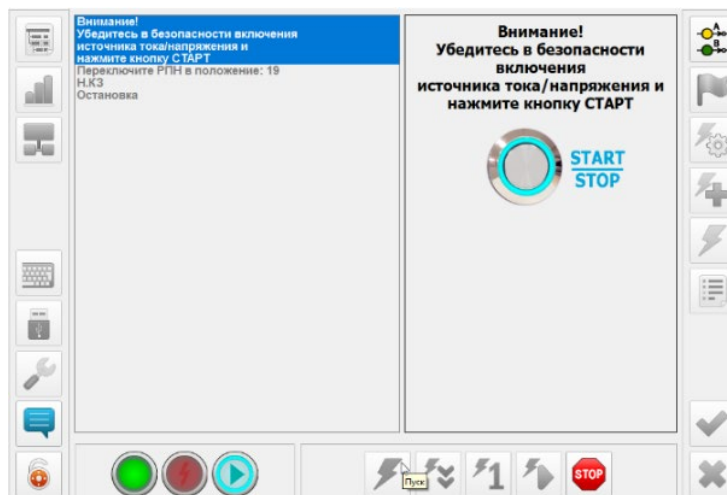


Рисунок 8-37. Управление измерениями тока КЗ

11. Нажмите кнопку «Start/Stop» на панели прибора.
12. В окне «Управление измерениями» выполнить переключение РПН» в необходимое положение и нажать кнопку «Начать измерение» .

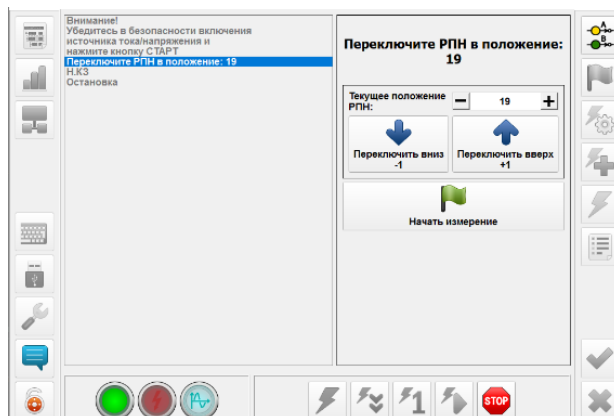


Рисунок 8-38. Управление переключением РПН при измерении тока КЗ

13. Остановка испытания может быть плановая при достижении заданных параметров усреднений или кнопкой «Start/Stop» на панели прибора. Аварийная остановка испытаний – нажатием кнопки «Аварийный останов» на верхней панели прибора TD-Tester.
14. После завершения испытания красный световой индикатор «Подача напряжения/тока» индикатор на кнопке «Start/Stop» отключаются. Результаты измерений отображаются на экране прибора.

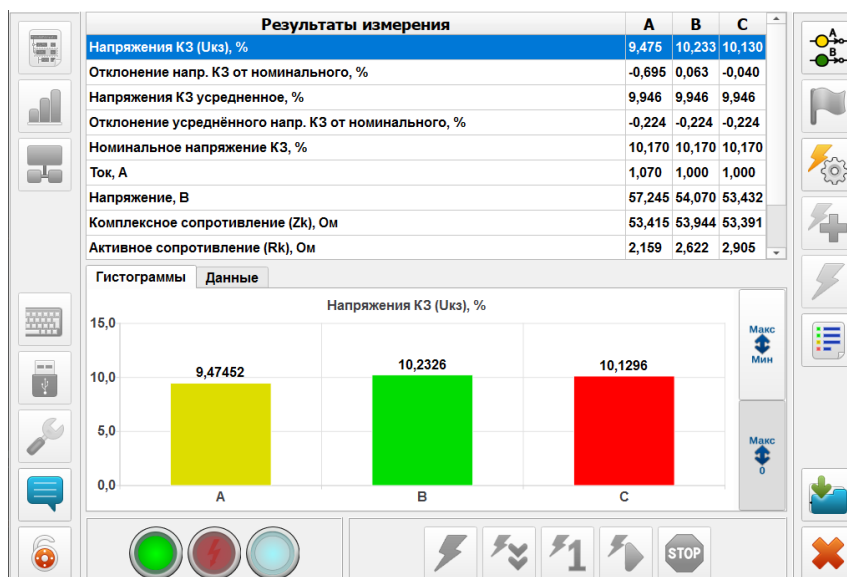


Рисунок 8-39. Результаты определения напряжения КЗ

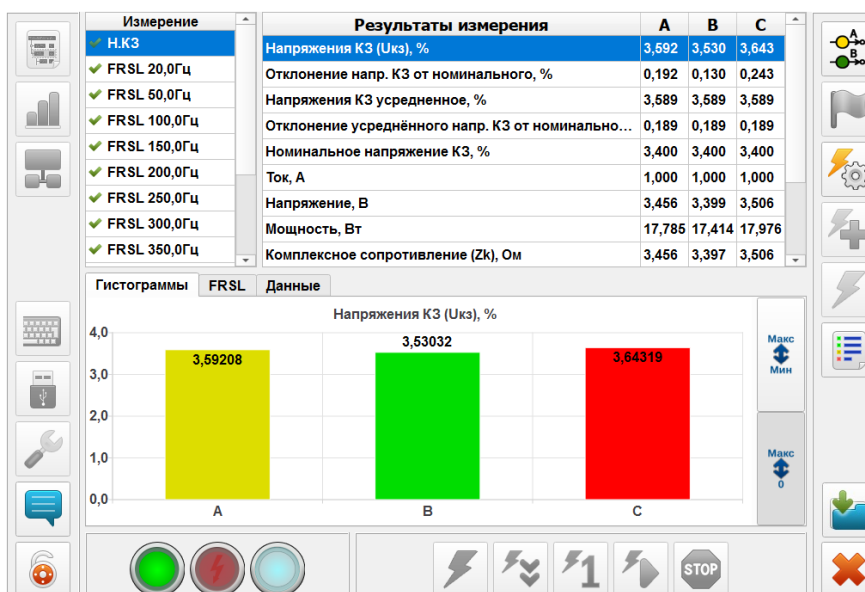


Рисунок 8-40. Результат измерения частотной характеристики FRSL

8.6.2. Анализ и формы отчета определения напряжения короткого замыкания.

Анализ результатов, просмотр и сохранение результатов определения напряжения короткого замыкания выполняется типовыми операциями работы с архивом для соответствующего вида испытания. Ниже приведены формы отчетов измерения напряжения КЗ и частотной характеристики FRSL



Рисунок 8-41. Отчет определения напряжения КЗ

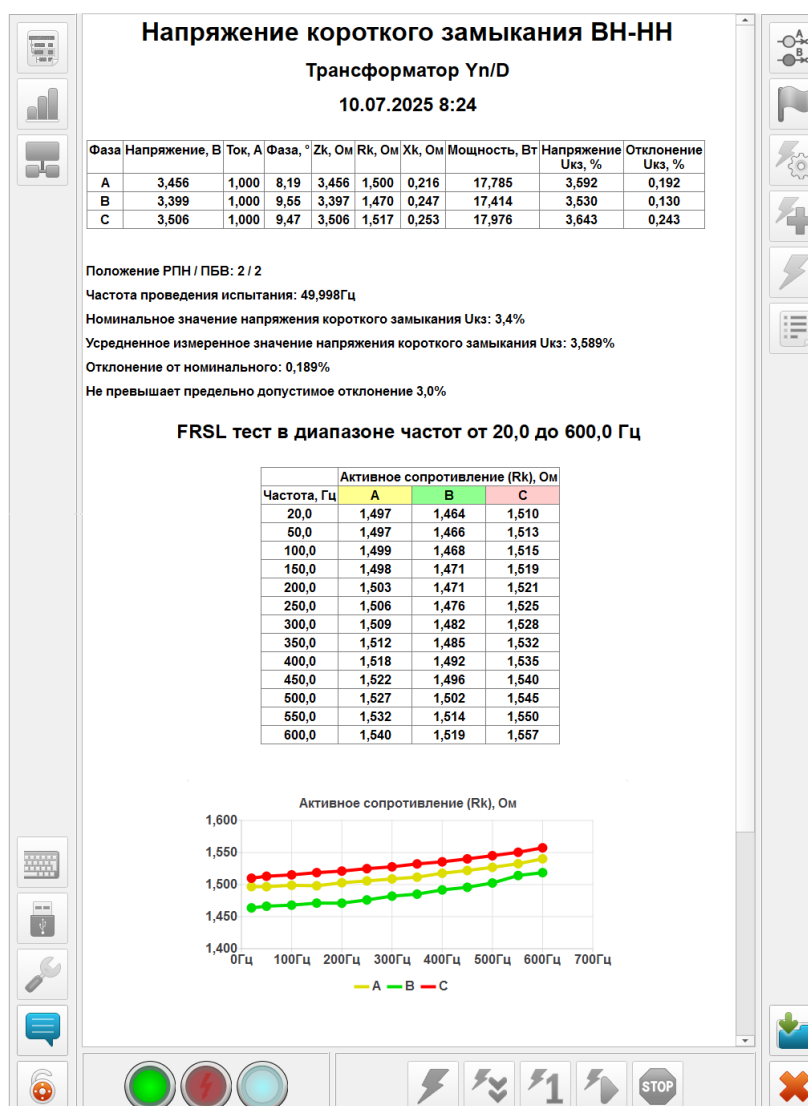


Рисунок 8-42. Отчет измерения частотной характеристики FRSL

8.7. Потери и токи холостого хода

Определение потерь холостого хода при малом напряжении в опыте холостого хода для однофазных трансформаторов выполняют при подведенном со стороны НН напряжении 380 (220) В или менее при частоте 50 Гц. Опыт холостого хода трехфазного трансформатора при малом напряжении проводят в виде трех следующих однофазных опытов:

- Первый опыт – выполняют короткое замыкание обмотки фазы А, возбуждают фазы В и С трансформатора и измеряют потери.
- Второй опыт – выполняют короткое замыкание обмотки фазы В, возбуждают фазы А и С трансформатора и измеряют потери.
- Третий опыт – выполняют короткое замыкание обмотки фазы С, возбуждают фазы А и В трансформатора и измеряют потери.

Короткое замыкание обмотки любой фазы проводят на соответствующих зажимах любой из обмоток трансформатора (высшего, среднего или низшего напряжений).

Подведенное напряжение не должно превышать номинальное.

Опыт холостого хода при малом напряжении следует выполнять после снятия остаточного намагничивания магнитной системы трансформатора.

8.7.1. Порядок определения потерь и тока холостого хода трансформатора

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте в базу данных прибора новый трансформатор с указанием его параметров в соответствии с разделом [5.6] данного руководства.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Выбрать новое испытание»  выберите «Ток и потери холостого хода» и задайте необходимые параметры.

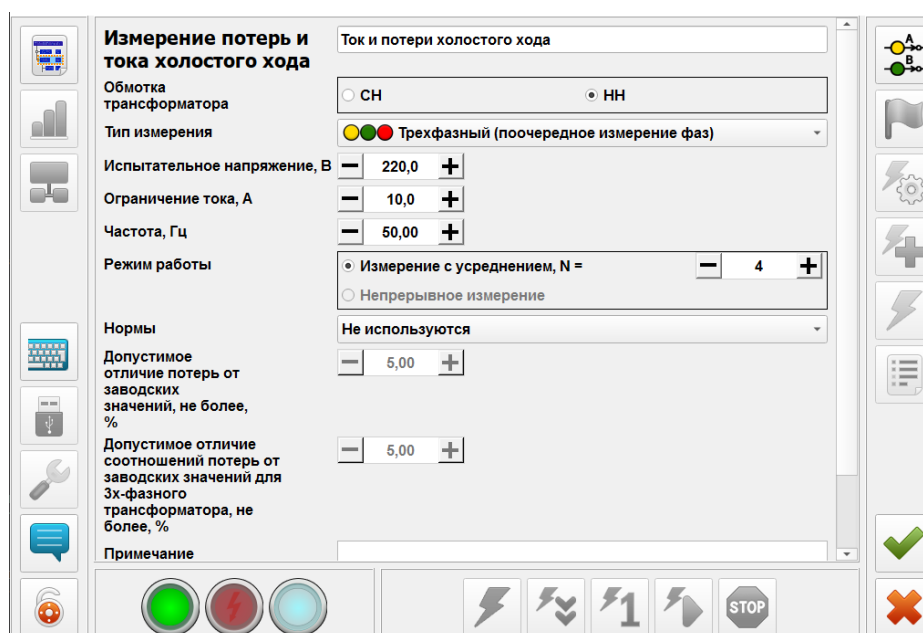


Рисунок 8-43. Ввод параметров при определении потерь холостого хода

Величина испытательного напряжения должна выбираться с учетом требований нормативных данных, схемы испытания и допустимых значений измерения напряжения для прибора TD-Tester.

Для установления нормативных значений и сопоставления их с результатами измерений необходимо открыть вкладку меню «Нормы» и выбрать необходимое условие:

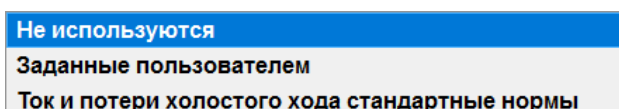


Рисунок 8-44. Выбор нормативных параметров потерь холостого хода

При выборе условия:

- «Не используется» – результаты измерений не сопоставляются с нормативными данными;
 - «Заданные пользователем» – необходимо задать данные вручную;
 - «Ток и потери холостого хода стандартные нормы» – нормативные данные в соответствии со списком шаблонов норм, указанных при настройке прибора, раздел [5.8].
3. После ввода данных нажмите кнопку «Сохранить» .
 4. Для запуска измерений нажмите кнопку «Начать испытание»  на главном окне программы.
 5. В окне «Результаты измерения» нажмите кнопку «Пуск» .
 6. В окне «Управление измерениями» на кнопке «Start/Stop» начнет постоянно светиться индикатор.

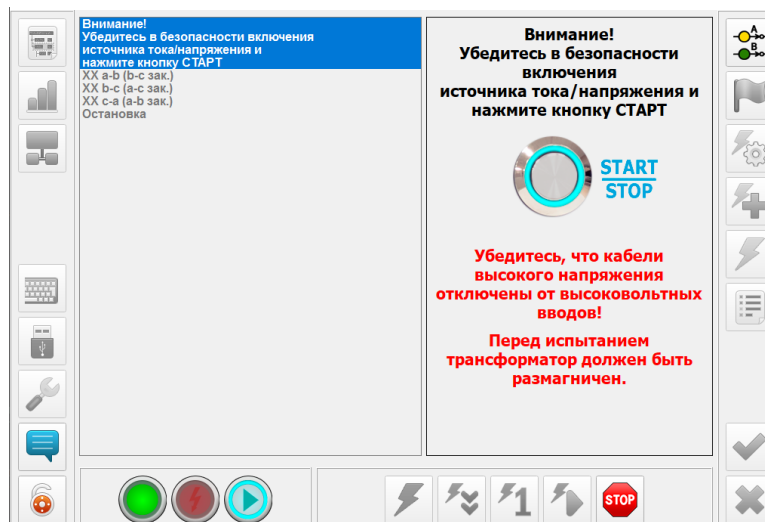


Рисунок 8-45. Управление измерениями тока XX трансформатора

7. Нажмите кнопку «Start/Stop» на панели прибора.
8. Прибор первоначально подает небольшое тестовое напряжение и осуществляет проверку наличия повышенного напряжения на кабелях высокого напряжения. В случае наличия повышенного напряжения, что может свидетельствовать о том, что кабели ВН не отключены от высоковольтных вводов, измерение будет остановлено с выдачей соответствующего сообщения об ошибке.
9. Остановка испытания может быть плановая при достижении заданных параметров установившегося значения измерения тока. Аварийная остановка испытаний – нажатием кнопки «Аварийный останов» на верхней панели прибора TD-Tester
10. После завершения испытания красный световой индикатор «Подача напряжения/тока», индикатор на кнопке «Start/Stop» отключаются. Результаты определения группы соединения отображаются на экране прибора.

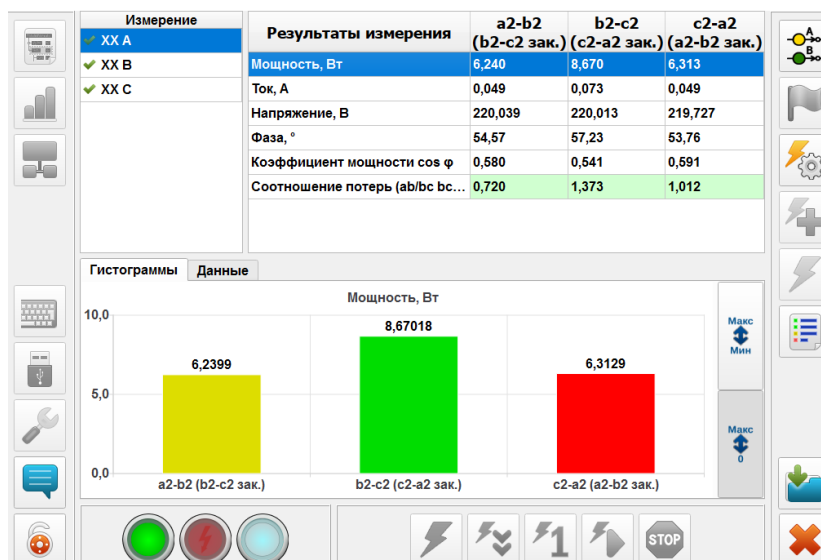


Рисунок 8-46. Результаты определения потерь холостого хода

8.7.2. Анализ и формы отчета определения потерь холостого хода

Анализ результатов, просмотр и сохранение результатов определения потерь холостого хода выполняется типовыми операциями работы с архивом для соответствующего вида испытания. Форма отчета представлена на рисунке ниже.

Ток и потери холостого хода НН
 Испытательный стенд
 Марка: ТДТН-25000/110 УХЛ-1
 Заводской номер: 240131-1
 27.02.2025 16:14

Фаза	Напряжение, В	Ток, изм., А	Фаза, °	cos φ	Мощность потерь, изм., Вт	Мощность потерь, завод., Вт	Δ изм./ завод., %
a2-b2 (b2-c2 зак.)	220,039	0,049	54,57	0,580	6,240		
b2-c2 (c2-a2 зак.)	220,013	0,073	57,23	0,541	8,670		
c2-a2 (a2-b2 зак.)	219,727	0,049	53,76	0,591	6,313		

Максимальное отклонение мощности потерь холостого хода от заводских данных: 0,0%

Фаза	Соотношение	Соотношение потерь измерен.	Соотношение потерь завод.	Δ изм./ завод., %
a2-b2 (b2-c2 зак.)	Pa2-b2 (b2-c2 зак.) / Pb2-c2 (c2-a2 зак.)	0,720		
b2-c2 (c2-a2 зак.)	Pb2-c2 (c2-a2 зак.) / Pc2-a2 (a2-b2 зак.)	1,373		
c2-a2 (a2-b2 зак.)	Pc2-a2 (a2-b2 зак.) / Pa2-b2 (b2-c2 зак.)	1,012		

Максимальное отличие соотношений потерь: 0,0%

●

●

●

⚡

⚡

1

⏮

STOP

Рисунок 8-47. Отчет определения потерь холостого хода

8.8. Динамическое сканирование РПН (DRM)

Метод измерения динамического переходного сопротивления в РПН (DRM – Dynamic Resistance Measurement) – единственный метод, который позволяет проводить эффективную диагностику технического состояния РПН без вскрытия бака.

Схема подключения аналогична методу измерения сопротивления обмоток постоянному току, но с возможностью коротки другой обмотки через прибор с целью более быстрого достижения заданного уровня тока.

Измерения проводится последовательно для всех положений РПН в прямом и обратном направлениях работы РПН.

Дополнительно в момент переключения контролируется вибрация бака РПН, обороты, ток и напряжение привода РПН.

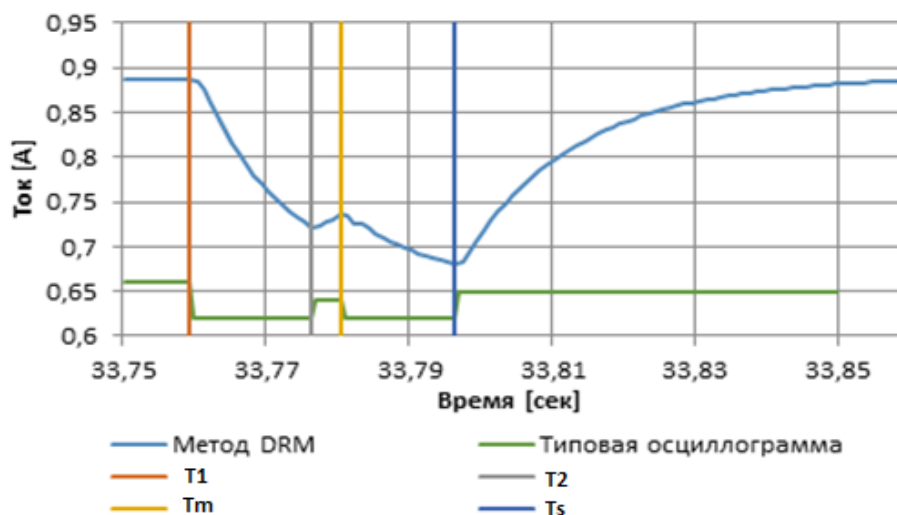


Рисунок 8-48. Пример осциллограммы работы РПН

Пример осциллограммы исправно работающего контактора для переключающего устройства, снятая с помощью метода DRM (верхний график) и наложенная на него типовая осциллограмма (нижний график).

При рассмотрении осциллограммы, снятой с помощью метода DRM, можно выделить 4 характерных отметки времени t1, t2, tm, ts. Интервал между точками t1 и ts соответствует длительности переключения, а интервал между точками t2 и tm соответствует нахождению контактов в положении "моста".

Частота регистрации тока через контакты РПН прибором TD-Tester – 6 кГц.

8.8.1. Порядок проведения измерений при тестировании РПН методом DRM

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте в базу данных прибора новый трансформатор с указанием его параметров в соответствии с разделом [5.6] данного руководства.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Выбрать новое испытание»  выберите «Динамическое сканирование РПН (DRM)» и задайте необходимые параметры.

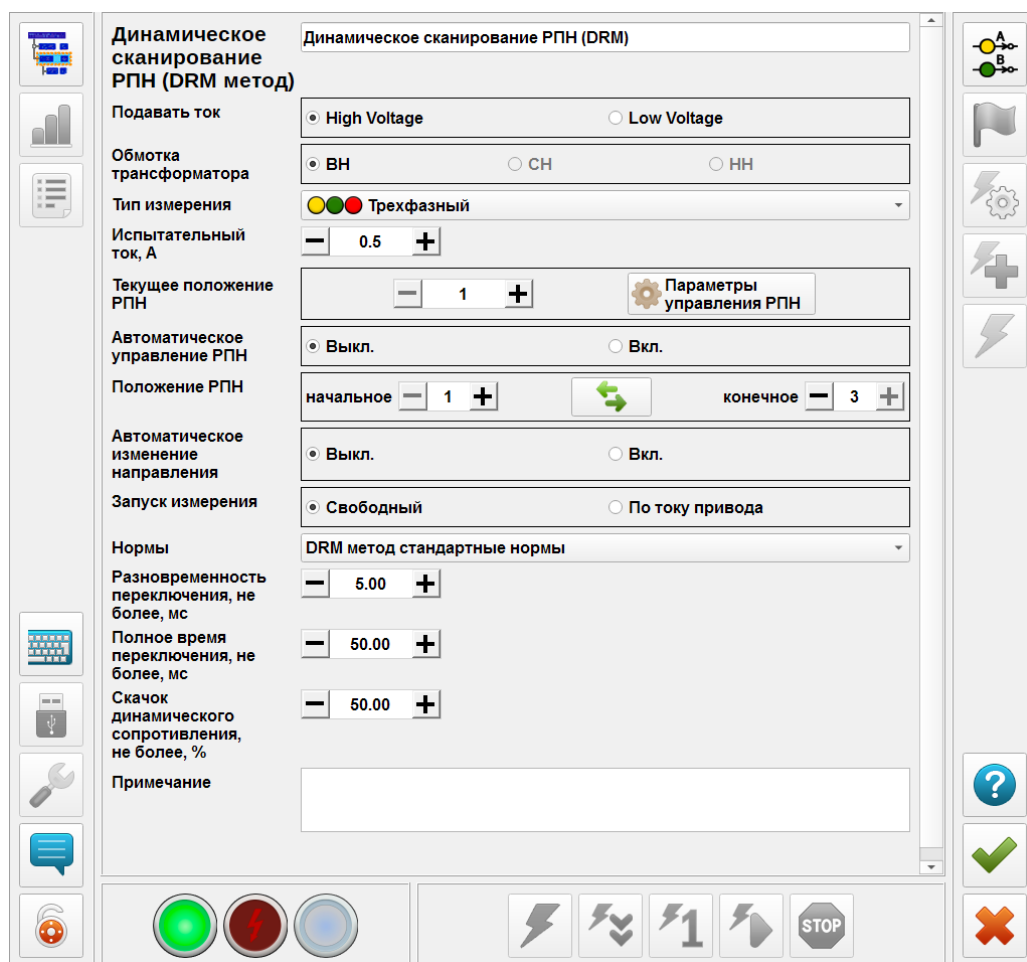


Рисунок 8-49. Параметры тестирования РПН методом DRM

Тип измерения может быть трехфазный или отдельное измерение каждой фазы.

Величина испытательного тока должна выбираться с учетом требований нормативных данных, схемы испытания и допустимых значений для прибора TD-Tester (максимальное значение 5А).

Управление РПН может быть автоматическое – с прибора TD-Tester или ручное. При автоматическом управлении РПН кнопка «Параметры управления РПН»  позволяет задать необходимые значения для правильного переключения РПН и регистрации измерений в процессе испытания. При этом за время переключения принимается интервал времени, необходимый для завершения переключения РПН «вверх» (+) или «вниз» (-) на одно положение.

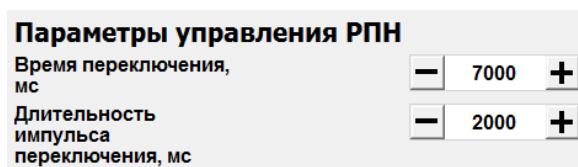


Рисунок 8-50. Параметры управления РПН

Запуск измерения:

- Свободный, сразу после старта режима измерения. Длительность записанных сигналов соответствует времени переключения РПН в параметрах управления.
- По току привода – контроль появления тока в приводе РПН и запуск/останов измерения при наличии/отсутствии тока. Запуск по току привода позволяет оптимизировать размер сохраняемых данных. Длительность записанных сигналов соответствует времени наличия тока привода РПН.

В режиме автоматического изменения направления РПН измерения будут проводиться от начального положения до конечного и в обратном направлении.

Указанные в параметрах нормированные значения будут учитываться в процессе диагностики и оценке технического состояния.

3. После ввода данных нажмите кнопку «Сохранить» .
4. Для запуска измерений нажмите кнопку «Начать испытание»  на главном окне программы.
5. В окне «Результаты измерения DRM» нажмите кнопку «Пуск» .
6. В окне «Управление измерениями» на кнопке «Start/Stop» начнет постоянно светиться индикатор.
7. Нажмите кнопку «Start/Stop» на панели прибора. На кнопке «Start/Stop» световой индикатор начнет мигать.
8. Включится красный световой индикатор «Подача напряжения/тока» при проведении испытания.
9. На экране прибора будет отображаться весь процесс измерения и текущие параметры.

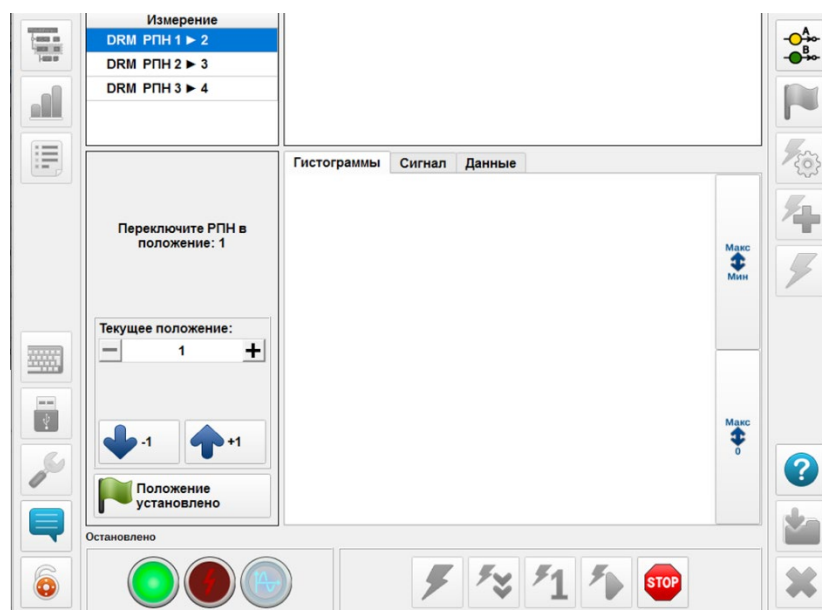


Рисунок 8-51. Процесс измерения параметров РПН

Необходимо убедиться, что РПН находится в начальном положении, соответствующем настройкам метода испытаний. При необходимости произвести переключение в начальное положение с прибора TD-Tester (при подключенных цепях управления РПН) или непосредственно на РПН. Для запуска измерения нажмите кнопку «Положение установлено». Запускается процесс подачи постоянного тока в соответствии с настройками и измерение. При переключении положения оператором непосредственно на РПН необходимо перед началом каждого переключения на экране прибора нажать кнопку «Начать измерение на переключении».

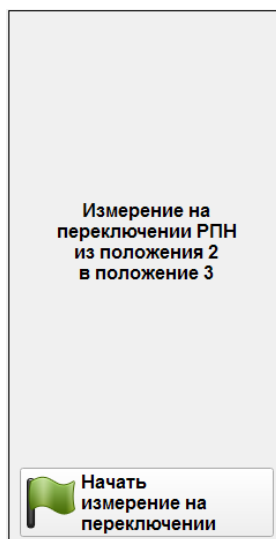


Рисунок 8-52. Переключение положения РПН оператором

При автоматическом управлении РПН весь процесс переключений и измерения проходит автоматически.

В окне «Измерение» отображается текущее и уже выполненное переключение.

Измерение	
✓	DRM РПН 1 ► 2
⚡	DRM РПН 2 ► 3
	DRM РПН 3 ► 4

Рисунок 8-53. Текущее и выполненное переключение РПН

10. Результаты каждого переключения отображаются на экране прибора.

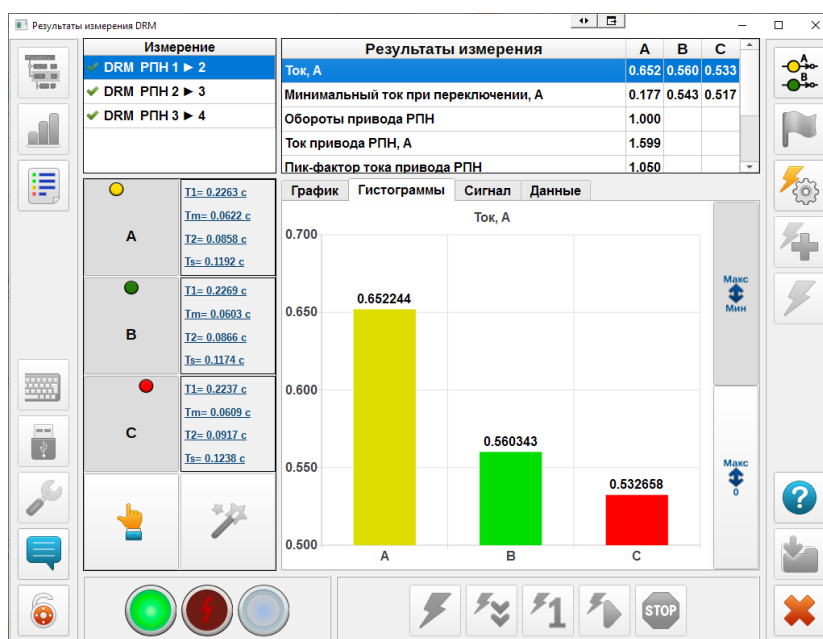


Рисунок 8-54. Результат измерения при переключении РПН

11. После завершения процесса измерения для сохранения данных нажать кнопку «Сохранить измерение»  и на экране отобразится окно «Параметры измерения», в котором отображена последовательность переключения положений РПН.

8.8.2. Анализ сигналов динамического сканирования РПН

Просмотр и анализ результатов выполняется типовыми операциями работы с архивом. Окно просмотра аналогично окну проведения измерений и разделено на 4 зоны:

1. Измерение. В нем выбирается переключение из одного положения в другое для просмотра данных.

Измерение	
✓	DRM РПН 1 ► 2
✓	DRM РПН 2 ► 3
✓	DRM РПН 3 ► 4

Рисунок 8-55. Выбор переключения РПН

2. Результаты измерения. В таблице отображаются значения измеренных параметров для каждого переключения:

- Ток (А). Соответствует значению тока через каждую фазу РПН.
- Минимальный ток при переключении (А). Отображает просадку тока в процессе переключения.

- Количество оборотов привода РПН в процессе переключения.
- Среднеквадратическое значение (СКЗ) тока привода РПН.
- Пик-фактор тока привода РПН –оценивает наличие «бросков» тока в момент переключения. При отсутствии «бросков» тока значение близко к 1 и увеличивается с увеличением максимальной пиковой амплитуды тока привода.
- Напряжение привода РПН(V).
- Пиковое значение виброускорения (м/с^2), измеренное датчиком вибрации в процессе переключения.
- Коэффициент состояния механической системы (о.е.), рассчитанный на основе анализа тока, напряжения привода РПН и вибрационных характеристик. Значение коэффициента, равное 1, означает, что дефектов в механической системе РПН не выявлено. Значение коэффициента снижается до уровня ниже 0.8 при обнаружении значительных изменений в состоянии.

3. График, Гистограммы и Сигнал – отображение результатов измерения в графическом виде.

Данные в виде графика отображают изменение выбранного в таблице результатов параметра в виде графика зависимости от положения РПН.

Данные в виде гистограмм отображают значение параметра для каждой фазы трансформатора.

Данные в виде «сигнал» отображают выбранный в таблице результатов параметр в виде временного сигнала. При этом сигнал тока переключения РПН может отображаться всегда, а при выборе параметра «Ток привода», «Напряжение привода», «Виброускорение», «Обороты привода» соответствующие параметры накладываются на сигнал тока. Отображение сигнала тока переключения РПН можно отключить для каждой фазы в поле «Временные параметры осциллограммы».

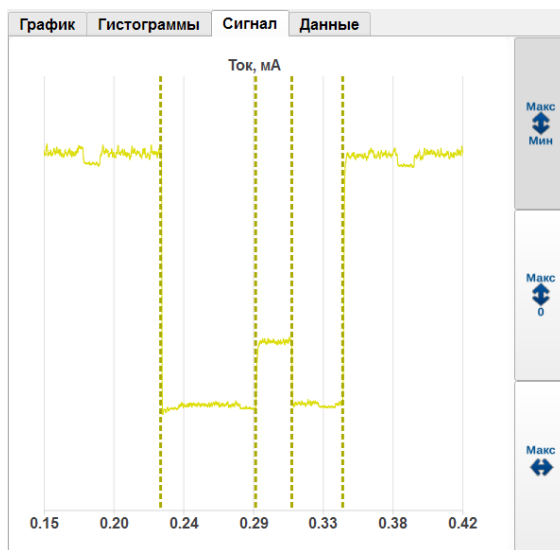


Рисунок 8-56. Сигнал тока в процессе переключения РПН

4. Временные параметры осциллограммы переключения РПН.

После регистрации сигнала токов переключения РПН программа автоматически находит моменты времени, соответствующие режимам работы РПН для каждой фазы:

- T_1 , время начала переключения.
- T_2 , время перехода в режим моста.
- T_m , время окончания работы в режиме моста.
- T_s , время окончания процесса переключения.

Это важные диагностические параметры работы РПН. Результат их определения можно видеть на графике токов переключения каждой фазы в виде горизонтальных линий (см. график сигнала тока).

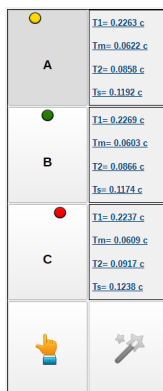


Рисунок 8-57. Выбор фазы сигнала тока и параметры времени переключения

Кнопки фаз А (желтый), В (зеленый) и С (красный) позволяют включить/выключить отображение тока соответствующей фазы на графике.

Рядом с каждой фазой отображаются текущие значения параметров времени переключения.

Дополнительные кнопки внизу включают различные режимы редактирования времени переключения РПН.



«Перемещать курсоры на графике» – выбор и корректировка времен пользователем непосредственно на графике. Для включения этой функции необходимо нажать данную кнопку, затем выбрать параметр времени для корректировки, например, выбрав T1=0.000c на экране, и выбрать на графике точку, соответствующую этому времени. После завершения корректировки параметра повторно нажать кнопку «Перемещать курсоры на графике» для отключения функции.



В режиме корректировки времени становится доступной функция «Автоматические отметки времени». Которая включает алгоритм автоматического определения временных параметров прибора TD-Tester.

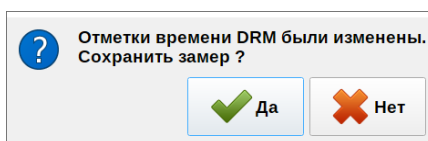


Рисунок 8-58. Изменение отметок времени переключения РПН

При изменении отметок времени переключения необходим подтвердить изменения при закрытии окна просмотра замера.

8.8.3. Формы отчета динамического сканирования РПН

Пример формы отчета представлена на рисунке ниже.

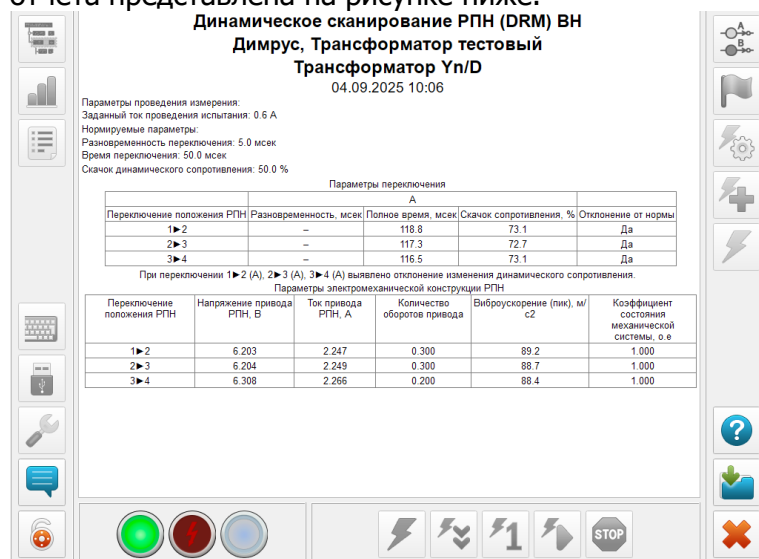


Рисунок 8-59. Отчет динамического сканирования РПН

8.9. Контроль прессовки активных элементов трансформатора

Контроль прессовки основан на измерении вибрации на работающем трансформаторе, которая определяет динамическую стойкость к сквозным токам короткого замыкания, которые могут протекать через трансформатор в аварийных режимах.

В процессе эксплуатации усилие прессовки обычно ослабевает, поэтому важной диагностической задачей является его контроль. Замеры вибрации производятся на баке работающего трансформатора на холостом ходу и под нагрузкой в соответствии с экспертной системой Веста, которая встроена в ПО прибора TD-Tester.

Для проведения диагностики качества прессовки обмоток и магнитопровода трансформатора используются замеры вибрации с поверхности бака трансформатора. Это возможно благодаря расположению активных материалов трансформатора в масле, обладающим хорошей проводимостью акустических сигналов.

8.9.1. Места и особенности проведения измерений вибрации

Для правильного выбора точек проведения измерения вибрации нужно перед проведением измерений вибрации познакомиться с технической документацией на трансформатор. Это является условием для правильной установки вибродатчиков на баке трансформатора.

Для однозначного определения точек замера и последовательности проведения в них замеров вибрации примем несколько допущений, которые будут использоваться в методике.

Будем считать, если смотреть на трансформатор со стороны ВН, левую фазу назовем "Фаза А", а правую - "Фазой С", а средняя, соответственно, будет "Фаза В". При "взгляде" на трансформатор со стороны НН фазы "А" и "С" поменяются местами.

Место установки датчика на корпусе бака будем выбирать так, чтобы он "акустически захватывал" часть обмотки и сердечника. Это место соответствует верхнему или нижнему краю обмотки. В таком случае вибродатчик будет воспринимать сигналы от обмотки и от магнитопровода. Разное расстояние от источника вибрации, обмотки или магнитопровода до поверхности бака в программе учитывается коэффициентами ослабления. Чем точнее это место будет выбрано на внешней поверхности бака, тем выше будет достоверность диагнозов программы. Особенно важным является повторяемость результатов, поэтому желательно отметить в самом начале работ эти места на баке трансформатора и при различных режимах нагрузки трансформатора устанавливать датчик именно в эту точку.

Удобно вибродатчик с магнитом подвижно закрепить на конце высоковольтной изолирующей штанги, тогда становятся легкодоступными все, включая верхние точки измерения на трансформаторе.

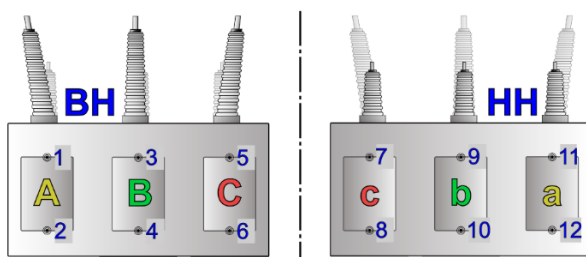


Рисунок 8-60. Трехфазный трансформатор. Места установки датчиков вибрации

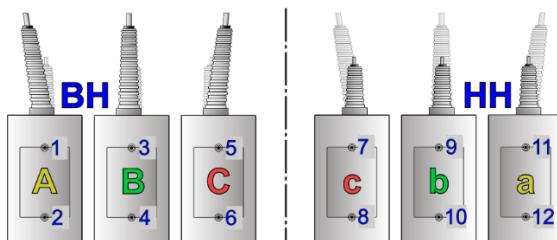


Рисунок 8-61. Группа однофазных трансформаторов. Места установки датчиков вибрации

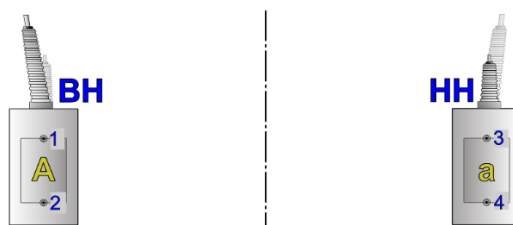


Рисунок 8-62. Однофазный трансформатор. Места установки датчиков вибрации

На рисунках цифрами показаны рекомендуемые точки установки датчиков на баке трансформатора. Номера рядом с точками показывают рекомендуемую последовательность проведения замеров вибрации. Точка измерения с номером 1 соответствует фазе А стороны ВН верх (обозначение в программе - А ВН верх), 2 - А ВН низ, 3 - А НН верх ... 7 - С НН верх, 8 - С НН низ, 9 - В НН верх и т.д.

Условно можно сказать, что при проведении измерений трансформатор, глядя на него сверху, обходится против часовой стрелки, начиная с левой части стороны ВН. Для каждой фазы замер сначала делается в верхней, затем в нижней части. Такой последовательности замеров рекомендуем придерживаться всегда, но ее можно изменить в процессе проведения измерений.

8.9.2. Режимы работы трансформатора, при которых проводятся измерения вибрации

Стандартно для экспертной системы Веста необходимо наличие замеров вибрации на баке трансформатора при двух режимах работы: холостого хода (ХХ) и нагрузки (РН).

Режим ХХ. Под режимом холостого хода трансформатора понимается такое состояние трансформатора, когда через него не происходит передача энергии. При этом как минимум одна сторона ВН или НН подключена к сети и только через одну обмотку протекает ток холостого хода.

Режим нагрузки. Под режимом нагрузки трансформатора понимается такое состояние трансформатора, когда через него происходит передача энергии. При этом как минимум две стороны подключены к сети и через них протекает ток. Через другие "стороны" трансформатора для трехобмоточных и более трансформаторов ток может протекать или не протекать. Если ток через какую-либо обмотку не протекает, то ее состояние не диагностируется.

Режим нагрузки характеризуется коэффициентом загрузки, выражаемым в процентах от номинальной мощности трансформатора. Эта величина рассчитывается пользователем в момент проведения замеров и указывается при сохранении замера в память прибора.

Идеально, чтобы коэффициент загрузки трансформатора при замере в режиме нагрузки был равен единице, но такое не всегда возможно на практике. Обычно трансформаторы недогружены, что обусловлено условиями работы трансформаторов в энергосистемах и особенностями подключенной нагрузки. По результатам наших исследований было выявлено, что при изменении коэффициента загрузки трансформатора от 20 до 100 % расчетные коэффициенты крепления меди, стали и конструкции меняются обычно не более чем на ± 4 %. Обобщенный коэффициент состояния трансформатора меняется не более чем на ± 2 %. При нагрузке более 50 % расчетные параметры диагностики обычно практически не меняются ($\pm 0,005$).

Если по тем или иным причинам не удастся загрузить трансформатор на 50 и более процентов, следует сделать два замера: на максимально возможной нагрузке и на нагрузке, сниженной еще на 10 % от номинала. По обоим сделанным замерам следует провести диагностику состояния. Если расчетные коэффициенты состояния будут различаться не более чем на один процент – нагрузку трансформатора можно признать достаточной и руководствоваться этими результатами. Если различия будут больше – нагрузка для диагностики состояния, особенно состояния меди, является недостаточной.

Самые подробные результаты получаются при анализе нескольких нагрузок. Залог достаточности нагрузки трансформатора для диагностики – повторяемость результатов при изменении нагрузки.

Интервал времени между замером в режиме холостого хода и замером в режиме нагрузки должен быть минимальным. Для точности расчетов приемлемо, когда оба замера – ХХ и РН выполняются с интервалом в несколько часов в течении одного дня.

Допустимо, когда этот промежуток не превышает одной недели. Промежуток между замерами XX и PH в один месяц уже недопустим. При таком разрыве по времени между замерами возможно получение некорректных диагнозов по состоянию трансформатора.

8.9.3. Порядок проведения измерений

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор для проведения испытаний или добавьте в базу данных прибора новый трансформатор с указанием его параметров в соответствии с разделом [5.6] данного руководства.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Выбрать новое испытание»  выберите «Контроль прессовки обмоток» и задайте необходимые параметры.

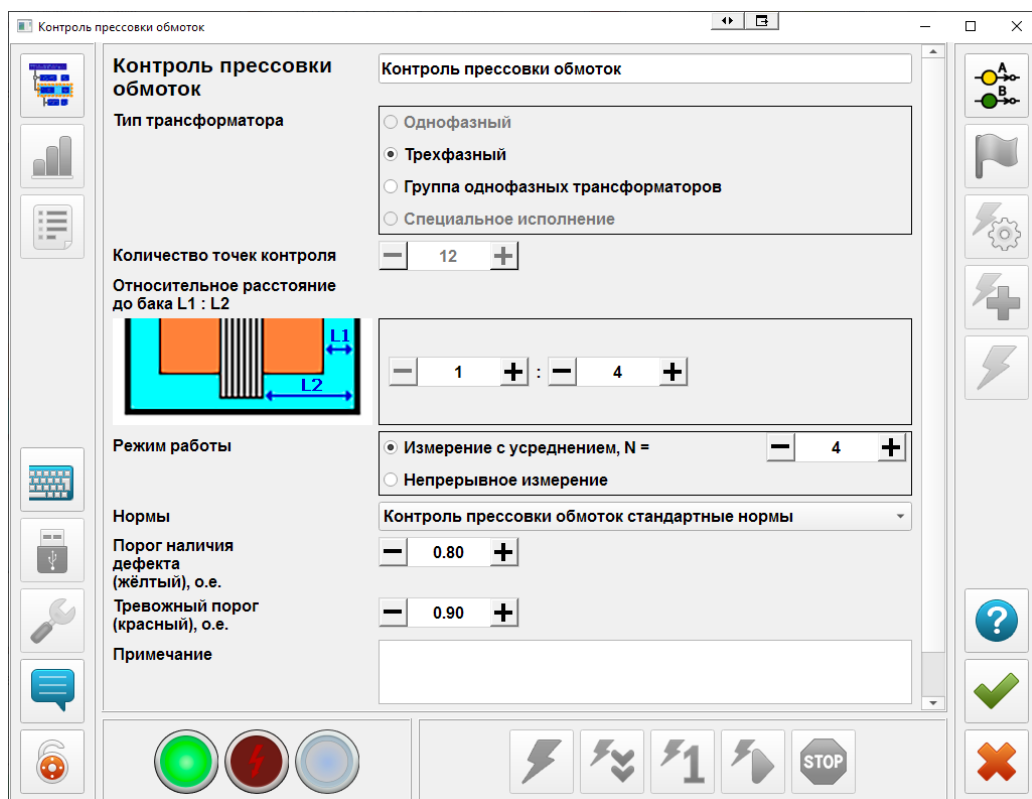


Рисунок 8-63. Параметры контроля прессовки

Базовым параметром работы системы диагностики является тип трансформатора, который определяет количество точек контроля вибрации и места их установки.

Относительные расстояния от магнитопровода и обмотки до бака трансформатора позволяют рассчитать коэффициентами ослабления при измерении вибрации.

Режим работы определяет количество усреднений при измерении вибрации в каждой точке или непрерывный режим до останова измерения пользователем.

Для изменения нормативных значений необходимо открыть вкладку меню «Нормы» и выбрать необходимое условие:

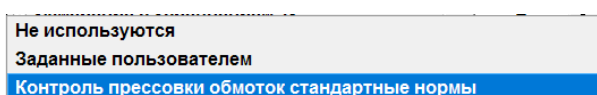


Рисунок 8-64. Выбор нормативных параметров

Типовые нормы состояния прессовки активных элементов трансформатора:

- от 1.00 до 0.90 – хорошо (зеленый). Это зона нормальной эксплуатации трансформатора.
- менее 0.90 до 0.80 – ухудшенное состояние (желтый). В этой зоне очень важным является выявление тенденций изменения общего состояния в "худшую" сторону, что является очень тревожным параметром.

- менее 0.80 – неудовлетворительно (красный). При таком состоянии прессовки обмотки потенциально опасными являются короткие замыкания на линии, которые могут привести к деформации обмотки. При таком значении параметров трансформатора, особенно при их "ухудшении", следует принимать решение как минимум об усиленном контроле всеми средствами. А при наличии признаков наличия дефектов, выявленных другими методами диагностики – о проведении регламентных и ремонтных работ.

Рекомендуем использовать стандартные нормы согласно методике программы Веста, а возможные изменения производить в соответствии с особенностями конструкции трансформатора и понимании особенностей работы экспертной системы.

3. После ввода данных нажмите кнопку «Сохранить» .
4. Для запуска измерений нажмите кнопку «Начать испытание»  на главном окне программы.
5. В открывшемся окне «Контроль прессовки» нажмите кнопку «Пуск» .
6. В верхней части окна проведения измерений отображается схема измерений со значениями СКЗ виброскорости (мм/с) в каждой точке. В нижней части окна отображается спектр в выбранной точке и кнопка «Начать/Остановить измерение». Спектр сигнала отображается в упрощенном виде с частотами, кратными частоте сети.

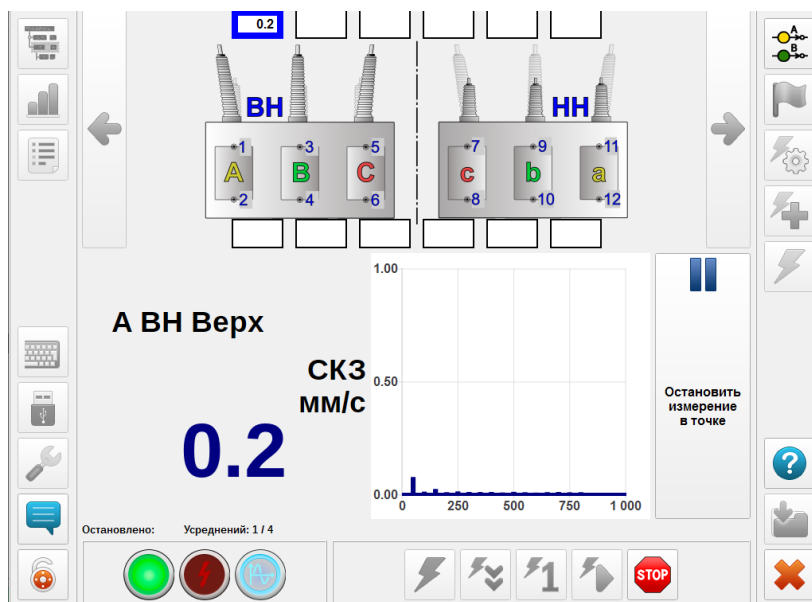


Рисунок 8-65. Измерение вибрации на баке трансформатора

Кнопки вправо и влево  рядом со схемой измерения позволяют переключать текущую точку проведения измерения, которая выделена синим.

Кнопка  начать измерение запускает замер в выбранной точке.

Процесс измерения в каждой точке закончится после заданного количества усреднений или нажатия кнопки «Остановить измерение» .

Необходимо последовательно выполнить измерения вибрации во всех точках согласно схеме.

7. Для сохранения данных нажать кнопку «Сохранить измерение»  и на экране отобразится окно «Параметры измерения».
8. Основным параметром измерения является нагрузка трансформатора в %.

Параметры измерения трансформатора

Нагрузка трансформатора, %  

Примечание

Нагрузка 0% (Холостой ход)

Рисунок 8-66. Параметры измерения

Этот параметр обязателен для заполнения и является базовым для проведения диагностики.

8.9.4. Анализ результатов измерений и формы отчета

Просмотр и анализ результатов выполняется типовыми операциями работы с архивом. Окно просмотра аналогично окну проведения измерений, за исключением того, что всегда активна кнопка «Выбор замера» . Имеется возможность выбрать второй замер для проведения диагностики. Согласно методики, необходимо выбрать замер на холостом ходу и под нагрузкой.

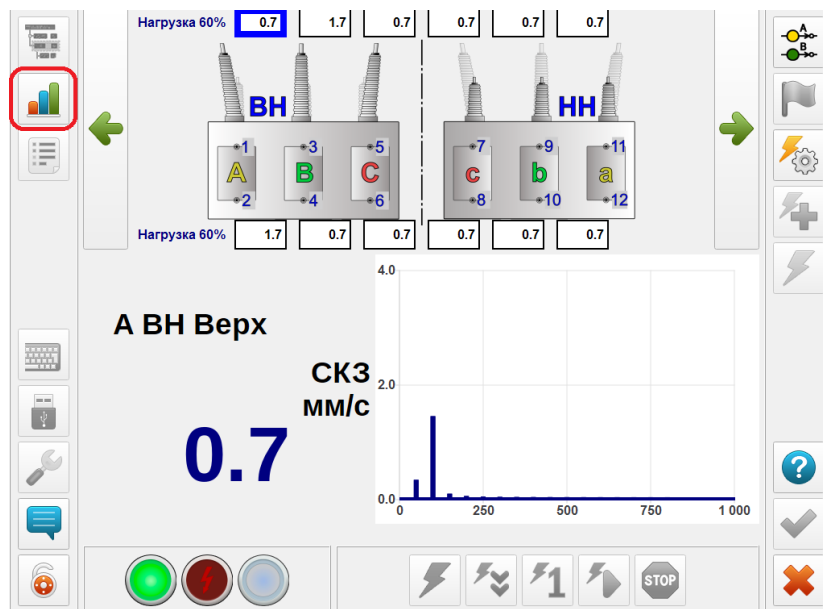


Рисунок 8-67. Выбор замера вибрации

После выбора второго замера в окне одновременно отображаются параметры этих измерений.

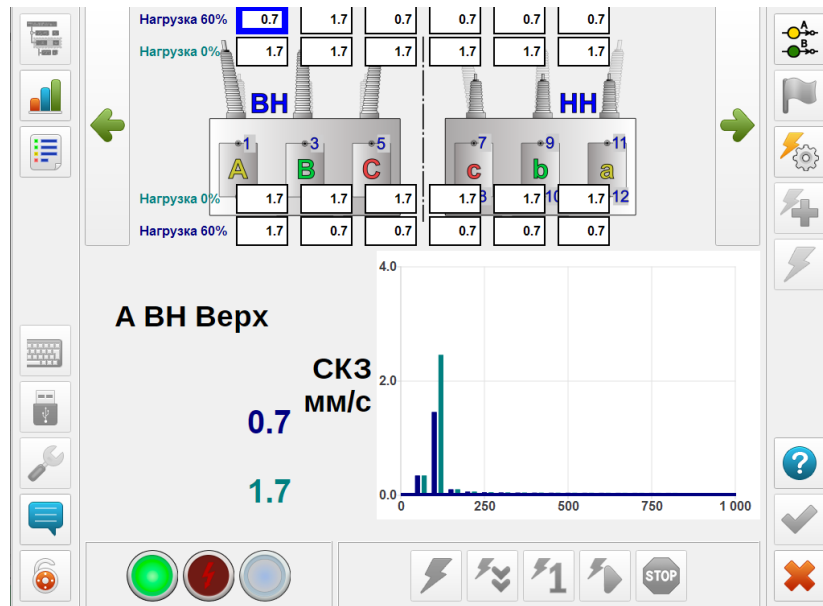


Рисунок 8-68. Просмотр двух замеров вибрации

Значения измерений в таблице СКЗ и в спектре вибрации для замера 1 отображаются синим цветом, для замера 2 – светло зеленым.

В результате выбора двух замеров вибрации становится активной кнопка отчет , которая позволяет запустить диагностику в экспертной системе Веста. Перед проведением диагностики проводится предварительный анализ измерений, и в случае несоответствия требованиям экспертной системы выдается окно предупреждения о возможном снижении достоверности диагностики. Под этой процедурой понимается проверка правильности зарегистрированных вибросигналов, наличие в замерах необходимых гармоник, сравнивается соотношение сигнал-шум и т.д.

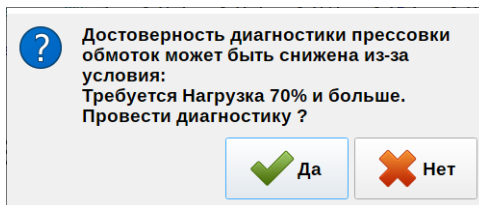


Рисунок 8-69. Возможное снижение достоверности диагностики

Например, предупреждение выдается при нагрузке менее 70%. Аналогичные предупреждения могут быть при низком уровне основной гармоники 100 (120) Гц или др. Предупреждение не обязательно значит, что диагностика будет не корректна. Снижение достоверности может быть незначительным в зависимости от отклонений. Например, нагрузка в 68% практически не скажется на результате диагностики, а нагрузка 15% может дать полностью не корректный результат. Выбор запуска процесса диагностики остается за пользователем.

Ниже приведен пример формы отчетов контроля прессовки активных элементов.

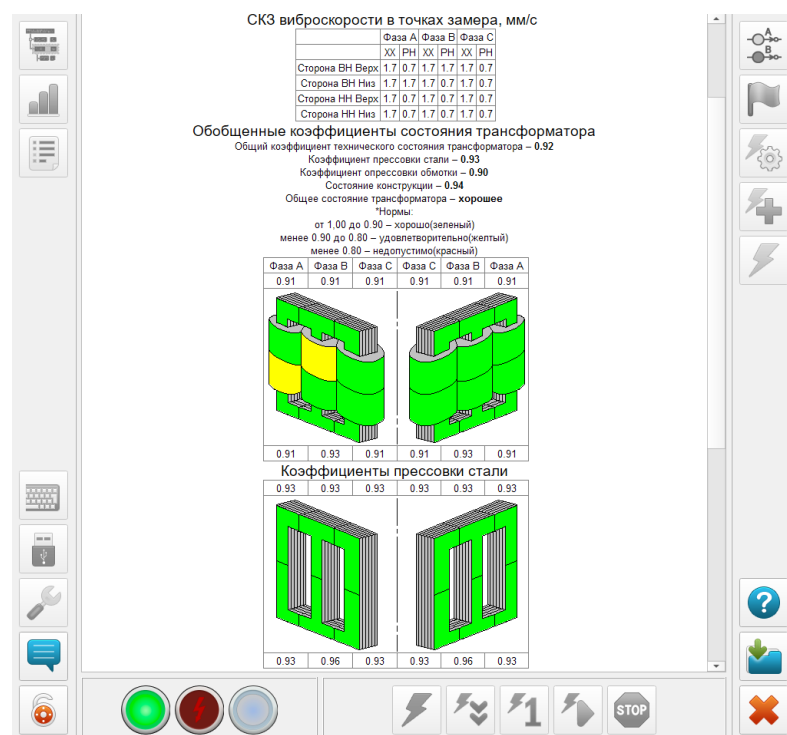


Рисунок 8-70. Форма отчета качества прессовки активных элементов

Изображение трансформатора в окне может быть различным, все определяется параметрами трансформатора.

Отчет состоит из пяти основных частей.

1. Среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости в точках замера. Представляет собой таблицу с данными СКЗ (мм/с) в различных режимах работы. СКЗ отображает общий уровень вибрации.
2. Обобщенные коэффициенты состояния трансформатора. Приведенные на экране цифровые параметры относятся ко всему трансформатору.

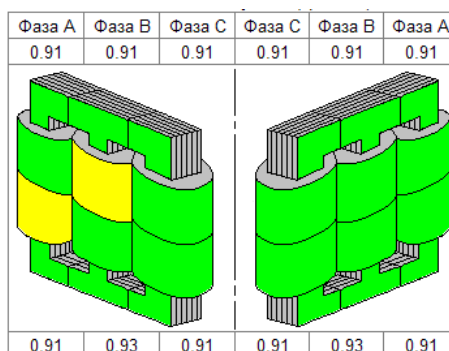


Рисунок 8-71. Обобщенные коэффициенты состояния трансформатора

3. Коэффициенты прессовки стали соответствуют качеству прессовки магнитопровода.

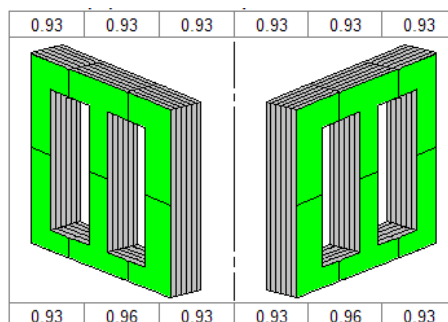


Рисунок 8-72. Коэффициенты прессовки магнитопровода

4. Коэффициенты прессовки обмотки.

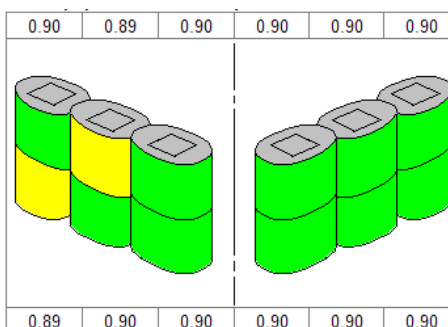


Рисунок 8-73. Коэффициенты прессовки обмотки

5. Коэффициенты качества прессовки конструкции (по путям потоков рассеяния). Характеризует качество крепления активных элементов в баке трансформатора.

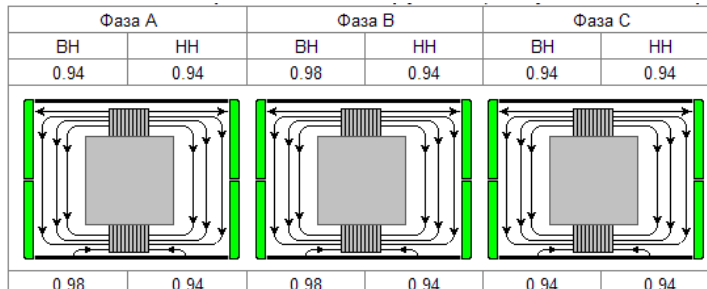


Рисунок 8-74. Коэффициенты качества прессовки конструкции

Кнопка  «Сохранить» позволяет записать отчет на диск или внешний носитель в выбранном формате.

8.10. Измерение по параметрам пользователя

Кроме набора стандартных методов, пользователь может задать собственный режим работы источников и провести измерения на любых соответствующих объектах.

В данном режиме доступно выполнение следующих операций:

- воспроизведение / измерение напряжения постоянного тока;
- воспроизведение / измерение напряжения переменного тока;
- воспроизведение / измерение силы постоянного тока;
- воспроизведение / измерение силы переменного тока;
- вычисление углов фаз, расчет сопротивления цепи измерения, величины активной и реактивной мощности и т.п. выбираемых пользователем при проведении измерений.

Для проведения измерений необходимо выбрать режим «Начать Измерение по параметрам пользователя» [Рисунок 5-1], режим работы встроенного источника напряжения прибора TD-Tester и задействованные фазы [Рисунок 6-3]. При этом для режимов «Источник напряжения»

задается величина испытательного напряжения (В) и предельное значение тока (А), а для режимов «Источник тока» – испытательный ток (А) и предельное значение напряжения (В). Для переменного напряжения (тока) задается частота (Гц).

При выборе режима работы «Измерение с усреднением» необходимо задать количество циклов измерения для автоматического завершения измерений.

Порядок выполнения операций в режиме «Измерение по параметрам пользователя» подробно описан в разделе [6. Рекомендации по освоению работы с прибором].

9. Комплексный отчет по результатам испытаний

По результатам проведенных испытаний программное обеспечение может сформировать комплексный отчет, в который пользователь по выбору может включать те или иные методы испытаний и сопоставить им конкретные данные измерений, соответствующие этому методу.

9.1. Формирование комплексного отчета

1. В меню «Работа с архивом»  выберите из списка трансформатор.
2. Нажатием кнопки на главном окне прибора «Отчет»  откройте окно формирования нового комплексного отчета и задайте необходимые параметры.

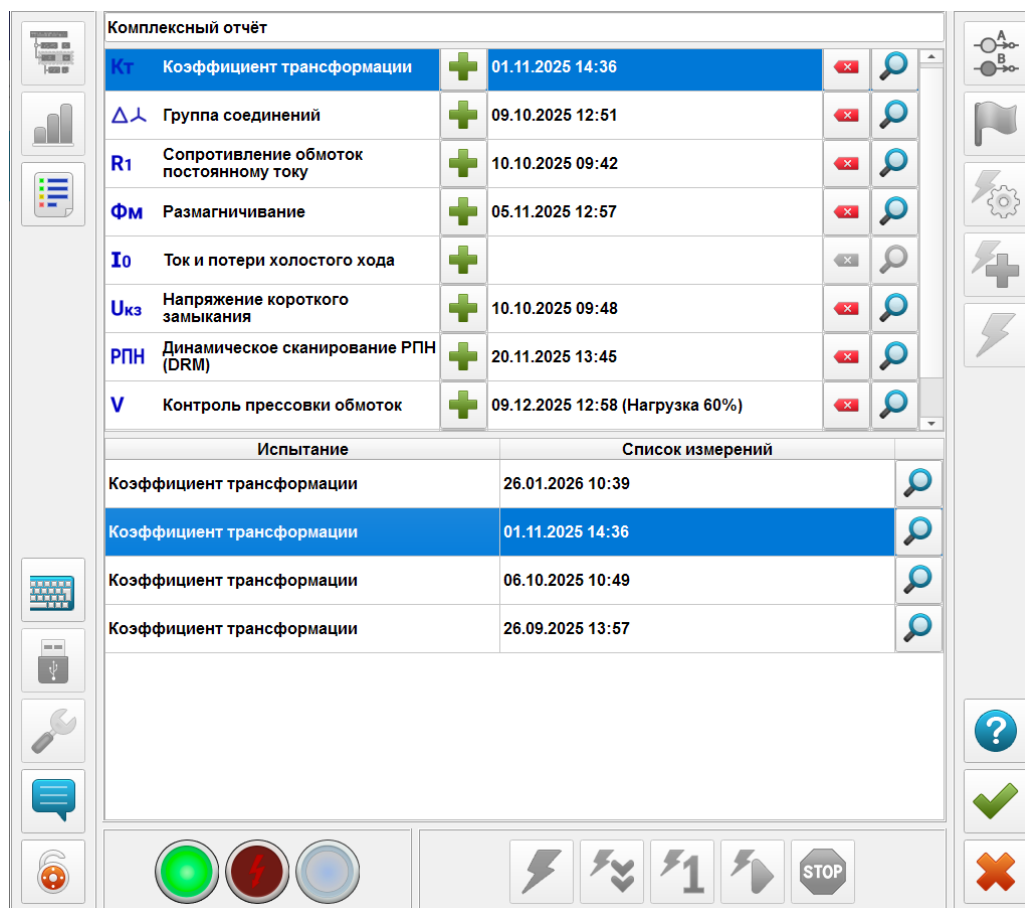


Рисунок 9-1. Окно формирования комплексного отчета

Окно формирования комплексного отчета состоит из 3-х частей (сверху – вниз):

- Наименование комплексного отчета, которое будет отображаться в базе данных.
- Доступные методы испытаний и выбранные замеры для формирования комплексного отчета.
- Нижняя часть окна – список измерений, доступных для текущего выбранного метода.

Один и тот же метод испытаний включить в отчет несколько раз. Это необходимо в следующих случаях:

- Включить в отчет сопротивление обмоток постоянному току всех сторон трансформатора (ВН, СН, НН).
- Включить в отчет коэффициент трансформации всех пар обмоток трехобмоточного трансформатора.
- Включить в отчет 2 измерения вибрации: на холостом ходу и под нагрузкой.

и т.д.

Таблица 9-1. Управление формированием отчета

	Дублировать метод испытаний. Можно один и тот же метод испытаний включить в отчет несколько раз. Это необходимо, например, чтобы включить в отчет сопротивление обмоток постоянному току всех сторон (ВН, СН, НН) трансформатора. Аналогично коэффициент трансформации всех пар обмоток трехобмоточного трансформатора и т.д.
	Удалить метод. Удалить продублированный метод испытаний.
	Удалить замер. Удалить выбранный замер из списка комплексного отчета.
	Просмотр. Просмотр данных выбранного замера.

3. Проверить результат формирования комплексного отчета можно нажатием кнопки «Отчет»



на главном окне прибора.

4. Кнопка «Сохранить» позволяет записать сформированную структуру отчета в базу данных для последующего использования.

9.2. Комплексный отчет в базе данных

Комплексный отчет может создаваться для каждого испытания трансформатора (ежегодное, внеплановое и т.д.). База данных прибора позволяет хранить любое количество сформированных комплексных отчетов.

Архив информации		
Наименование		Дата
Uкз	Напряжение короткого замыкания	26.09.2025 14:58
Δ	Группа соединений	09.10.2025 12:51
РПН	Динамическое сканирование РПН (DRM)	20.11.2025 13:45
КТ	Коэффициент трансформации	26.01.2026 10:39
ФМ	Размагничивание	26.01.2026 11:15
Uкз	Напряжение короткого замыкания FRSL	26.01.2026 11:16
∅	Измерение по параметрам пользователя	16.02.2026 9:55
R1	Сопротивление обмоток постоянному току ВН	18.02.2026 10:36
R1	Сопротивление обмоток постоянному току НН	18.02.2026 10:41
V	Контроль прессовки обмоток	18.03.2026 15:45
Комплексный отчёт 2025		20.03.2026 13:45
Комплексный отчёт 2026		20.03.2026 13:45

Рисунок 9-2. Комплексный отчет в базе данных

Таблица 9-2. Работа с комплексным отчетом в базе данных

	Исправить. Редактирование ранее сформированного отчета.
	Удалить. Удалить отчет из базы данных.
	Просмотр. Просмотр результатов комплексных испытаний в виде отчета.

В режиме просмотра отчета кнопка «Сохранить» позволяет записать его на диск или внешний носитель в выбранном формате.

Список иллюстраций

Рисунок 3-1. Верхняя панель прибора TD-Tester.....	8
Рисунок 3-2. Боковая панель прибора TD-Tester.....	9
Рисунок 3-3. Тележка транспортная.....	10
Рисунок 3-4. Катушка для кабелей.....	11
Рисунок 3-5. Разъемы измерительных кабелей.....	12
Рисунок 3-6. Клеши Кельвина.....	12
Рисунок 3-7. Энкодер в комплекте.....	12
Рисунок 3-8. Датчик вибрации в комплекте.....	12
Рисунок 3-9. Кейс для измерительных кабелей.....	13
Рисунок 5-1. Главное окно прибора TD-Tester.....	15
Рисунок 5-2. Выбор объекта или испытания.....	19
Рисунок 5-3. Паспортные данные трансформатора.....	20
Рисунок 5-4. Общие технические параметры трансформатора.....	20
Рисунок 5-5. Задание уровня напряжений в различных положениях РПН.....	21
Рисунок 5-6. Задание параметров холостого хода трансформатора.....	21
Рисунок 5-7. Технические параметры высоковольтных вводов.....	22
Рисунок 5-8. Виртуальная клавиатура.....	23
Рисунок 5-9. Настройки прибора.....	24
Рисунок 5-10. Установка системного времени.....	24
Рисунок 5-11. Параметры удаленного управления.....	24
Рисунок 5-12. Обновление ПО прибора.....	25
Рисунок 5-13. Процесс обновления.....	26
Рисунок 5-14. Успешное обновление.....	26
Рисунок 5-15. Результат обновления.....	26
Рисунок 5-16. Параметры датчиков.....	27
Рисунок 5-17. Состояние прибора.....	28
Рисунок 5-18. Выбор метода испытаний.....	30
Рисунок 6-1. Схема измерения напряжения.....	31
Рисунок 6-2. Выбор режима испытания.....	31
Рисунок 6-3. Окно ввода данных при измерении по параметрам пользователя.....	32
Рисунок 6-4. Окно «Текущие данные измерения».....	32
Рисунок 6-5. Окно с результатами измерений по параметрам пользователя.....	33
Рисунок 6-6. Окно «Параметры измерения».....	33
Рисунок 8-1. Типовая схема подключения прибора TD-Tester к трансформатору.....	36
Рисунок 8-2. Схема подключения кабеля управления РПН.....	36
Рисунок 8-3. Выбор существующего метода испытания.....	37
Рисунок 8-4. Ввод данных для измерения КТ в 1-фазном режиме.....	38
Рисунок 8-5. Параметры управления РПН.....	38
Рисунок 8-6. Выбор нормативных параметров при измерении КТ.....	38
Рисунок 8-7. Управление измерениями КТ.....	39
Рисунок 8-8. Управление переключением РПН.....	39
Рисунок 8-9. Изменение положения РПН.....	40
Рисунок 8-10. Результаты измерения КТ в 1-фазном режиме.....	40
Рисунок 8-11. Ввод данных для измерения КТ в 3-фазном режиме.....	41
Рисунок 8-12. Результаты измерения КТ в 3-фазном режиме.....	41
Рисунок 8-13. Выбор из архива измерений информации для просмотра.....	42
Рисунок 8-14. Окно просмотра результатов измерений КТ.....	42
Рисунок 8-15. График измерений КТ.....	43
Рисунок 8-16. Отчет измерений КТ.....	43
Рисунок 8-17. Ввод параметров при измерении сопротивления обмоток без РПН.....	44
Рисунок 8-18. Выбор нормативных параметров при измерении сопротивления обмоток.....	44
Рисунок 8-19. Управление измерениями R обмоток трансформатора.....	45
Рисунок 8-20. Результаты измерения R обмоток без РПН.....	45
Рисунок 8-21. Ввод параметров при измерении сопротивления обмоток с РПН.....	46
Рисунок 8-22. Параметры управления РПН.....	46

Рисунок 8-23. Результаты измерений сопротивления обмоток трансформатора с РПН	47
Рисунок 8-24. Отчет измерений сопротивления обмоток без РПН	47
Рисунок 8-25. Отчет измерений сопротивления обмоток с РПН	48
Рисунок 8-26. Ввод параметров при размагничивании	49
Рисунок 8-27. Управление процессом размагничивания	50
Рисунок 8-28. Отчет размагничивания для одной фазы	50
Рисунок 8-29. Отчет поочередного размагничивания трех фаз	51
Рисунок 8-30. Ввод параметров при определении группы соединения	52
Рисунок 8-31. Выбор нормативных параметров при определении группы соединения	52
Рисунок 8-32. Управление процессом определения группы соединений	53
Рисунок 8-33. Результаты определения группы соединений	53
Рисунок 8-34. Отчет определения группы соединений	53
Рисунок 8-35. Ввод параметров при определении напряжения КЗ	54
Рисунок 8-36. Ввод нормативных параметров напряжения КЗ	55
Рисунок 8-37. Управление измерениями тока КЗ	55
Рисунок 8-38. Управление переключением РПН при измерении тока КЗ	56
Рисунок 8-39. Результаты определения напряжения КЗ	56
Рисунок 8-40. Результат измерения частотной характеристики FRSL	56
Рисунок 8-41. Отчет определения напряжения КЗ	57
Рисунок 8-42. Отчет измерения частотной характеристики FRSL	57
Рисунок 8-43. Ввод параметров при определении потерь холостого хода	58
Рисунок 8-44. Выбор нормативных параметров потерь холостого хода	58
Рисунок 8-45. Управление измерениями тока ХХ трансформатора	59
Рисунок 8-46. Результаты определения потерь холостого хода	59
Рисунок 8-47. Отчет определения потерь холостого хода	60
Рисунок 8-48. Пример осциллограммы работы РПН	61
Рисунок 8-49. Параметры тестирования РПН методом DRM	62
Рисунок 8-50. Параметры управления РПН	62
Рисунок 8-51. Процесс измерения параметров РПН	63
Рисунок 8-52. Переключение положения РПН оператором	63
Рисунок 8-53. Текущее и выполненное переключение РПН	64
Рисунок 8-54. Результат измерения при переключении РПН	64
Рисунок 8-55. Выбор переключения РПН	64
Рисунок 8-56. Сигнал тока в процессе переключения РПН	65
Рисунок 8-57. Выбор фазы сигнала тока и параметры времени переключения	66
Рисунок 8-58. Изменение отметок времени переключения РПН	66
Рисунок 8-59. Отчет динамического сканирования РПН	66
Рисунок 8-60. Трехфазный трансформатор. Места установки датчиков вибрации	67
Рисунок 8-61. Группа однофазных трансформаторов. Места установки датчиков вибрации	67
Рисунок 8-62. Однофазный трансформатор. Места установки датчиков вибрации	68
Рисунок 8-63. Параметры контроля прессовки	69
Рисунок 8-64. Выбор нормативных параметров	69
Рисунок 8-65. Измерение вибрации на баке трансформатора	70
Рисунок 8-66. Параметры измерения	70
Рисунок 8-67. Выбор замера вибрации	71
Рисунок 8-68. Просмотр двух замеров вибрации	71
Рисунок 8-69. Возможное снижение достоверности диагностики	72
Рисунок 8-70. Форма отчета качества прессовки активных элементов	72
Рисунок 8-71. Обобщенные коэффициенты состояния трансформатора	72
Рисунок 8-72. Коэффициенты прессовки магнитопровода	73
Рисунок 8-73. Коэффициенты прессовки обмотки	73
Рисунок 8-74. Коэффициенты качества прессовки конструкции	73
Рисунок 9-1. Окно формирования комплексного отчета	75
Рисунок 9-2. Комплексный отчет в базе данных	76

Приложение А. Библиография

№	Обозначение документа	Наименование
1	2	3
1	ГОСТ 12.2.007.0-75	Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
2	ГОСТ 12.2.007.3-75	Система стандартов безопасности труда. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности
3	ГОСТ Р 50779.70-2018	Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку.
4	ГОСТ 3484.1-88	Трансформаторы силовые. Методы электромагнитных испытаний.
5	ГОСТ Р 52719—2007	Трансформаторы силовые. Общие технические условия

ДЛЯ ЗАМЕТОК