

Система мониторинга технического состояния трансформаторов с литой изоляцией 6 ÷ 10 кВ

TDM-10S

Руководство по эксплуатации

ВЦ.411729.073 РЭ



г. Пермь

Оглавление

1. Описание и технические параметры системы	3
1.1 Введение	3
1.2 Расчетные данные системы TDM-10S.....	3
1.3 Конструктивные особенности и установка системы	5
1.4 Технические параметры	7
1.5 Указания по эксплуатации	7
1.6 Комплектность	8
2. Подключение прибора	8
3. Настройка прибора TDM-10	9
3.1 Программа «Конфигуратор беспроводных приемников Dimrus».....	9
3.1.2 Поиск и добавление приборов.....	9
3.1.3 Настройка прибора.....	11
3.1.4 Получение данных с прибора	11
3.1.5 PRPD	13
3.1.6 Экспорт и импорт данных.....	14
3.2 Подключение к прибору WDM-T, WDM-TI.....	15
3.3 Программа «Датчики DIMRUS»	16

1. Описание и технические параметры системы

1.1 Введение

Система мониторинга TDM-10S предназначена для оперативного контроля и диагностики силовых трансформаторов с рабочим напряжением $6 \div 10$ кВ и литой эпоксидной изоляцией обмоток. При помощи этой системы осуществляется контроль технического состояния трансформаторов, оценивается остаточный ресурс.

TDM-10S в режиме мониторинга контролирует 5 основных параметров силового трансформатора:

- **Температура обмоток и сердечника** трансформатора. На основании этого важного эксплуатационного параметра в системе мониторинга определяется нагрузочная способность трансформатора, рассчитывается остаточный ресурс изоляции.
- **Контроль температуры и влажности окружающей среды.** На основании использования этих параметров в системе мониторинга оценивается эффективность охлаждения обмоток трансформатора, корректно диагностируются поверхностные загрязнения и локальные повреждения литой изоляции обмоток трансформатора. Совместный учет нагрузки трансформатора, температуры обмоток, температуры и влажности воздуха и интенсивности разрядных процессов позволяет оперативно строить цифровую модель старения компаундной изоляции обмоток трансформатора, определять ее остаточный ресурс.
- **Разрядная активность**, которая возникает при наличии проблем в изоляционной системе трансформатора.
- **Вибрация** трансформатора — это параметр, который связан с техническим состоянием механических элементов конструкции трансформатора.
- **Контроль нагрузки** трансформатора. Знание текущей нагрузки трансформатора позволяет более корректно оценивать ее влияние на температурные режимы работы обмоток и сердечника и выявлять признаки дефектных состояний.

1.2 Расчетные данные системы TDM-10S

Таблица 1. Контролируемые параметры системы

№	Контролируемый параметр	Наличие	Примечание
1	Токи нагрузки	✓	Измеряемый параметр
2	Температура трансформатора	✓	Измеряемый параметр
3	Разрядная активность	✓	Измеряемый параметр
4	Температура и влажность воздуха	✓	Измеряемый параметр
5	Вибрация трансформатора	✓	Дополнительная опция

Данные контролируемые параметры позволяют выявлять дефекты, перечень которых приведен в Таблице 2.

Таблица 2. Зависимость выявляемых дефектов от контролируемых параметров

Дефектное состояние	Параметры из Таблицы 1	Достоверность
Изоляция обмоток трансформатора		
Учет естественного старения изоляции обмоток на основании контроля наработки трансформатора.	1	✓✓
Контроль температурных превышений, приводящих к ускоренному старению изоляции обмоток.	2	✓✓
Выявление локальных дефектов в литой изоляции обмоток по частичным разрядам.	3	✓
Определение типа выявленных дефектов в изоляции, оценка степени их развития, опасности для дальнейшей эксплуатации трансформатора.	3,4	✓
Контроль поверхностного загрязнения изоляции обмоток трансформатора.	3,4	✓
Сердечник трансформатора		
Контроль целостности блоков эпоксидной изоляции фазных обмоток по спектру вибрационного сигнала.	5	✓✓
Контроль усилия прессовки сердечника трансформатора по спектру вибрационного сигнала.	5	✓✓
Контроль наличия короткозамкнутых контуров в сердечнике трансформатора.	2,5	✓✓
Состояние конструктивных элементов трансформатора		
Контроль целостности конструкции трансформатора по спектрам вибрационных сигналов.	5	✓✓
Контроль наличия зон перегрева в трансформаторе по градиенту температуры обмоток с температурой воздуха.	2,5	✓
Управление эксплуатацией и обслуживанием трансформатора		
Контроль текущего технического состояния трансформатора по параметрам цифрового двойника.	1÷5	✓

Определение скорости ухудшения технического состояния, оценка остаточного ресурса трансформатора.	1÷5	✓✓
Планирование сроков и объемов проведения сервисных и ремонтных работ.	1÷5	✓✓

Где: ✓ - сравнительно невысокая достоверность

✓✓- достаточно высокая достоверность.

Для каждой из трех контролируемых подсистем трансформатора - для изоляционной системы, для сердечника трансформатора и для его конструкции в экспертном программном обеспечении системы мониторинга строятся адаптивные математические модели развития технического состояния, часто называемые цифровыми двойниками оборудования.

Итоговая математическая модель всего трансформатора, его цифровой двойник комплексно строится на основе объединения параметров локальных моделей контролируемых подсистем трансформатора с литой изоляцией.

Результатом работы экспертной части программного обеспечения является:

- Информация о текущем техническом состоянии контролируемого трансформатора в целом и его отдельных подсистем.
- Перечень тревожных и предаварийных превышений контролируемых параметров, выявленных системой мониторинга за выбранный пользователем период времени.
- Список всех диагностированных экспертной системой признаков дефектных состояний трансформатора с оценкой степени их опасности.

Завершающим итогом работы экспертных алгоритмов программы мониторинга является создание акта текущего технического состояния трансформатора с рекомендациями по особенностям его дальнейшей эксплуатации, необходимости проведения дополнительных обследований, сервисных и ремонтных работ.

Для максимально эффективного использования результатов работы системы мониторинга в целях управления эксплуатацией и обслуживанием трансформаторов рекомендуется использовать программное обеспечение INVA, которое реализует функции управления обслуживанием трансформаторного и другого высоковольтного оборудования на уровне АСУ-ТП всего предприятия.

1.3 Конструктивные особенности и установка системы

Конструктивно прибор системы мониторинга TDM-10S представляет собой единый металлический корпус, показанный на рисунке. В верхней части в отдельном герметичном металлическом корпусе располагается

электронная часть всей системы мониторинга. Снизу в корпус вводятся кабель питания и кабель проводного интерфейса связи RS-485. В третьем (пластиковом) кабельном вводе в корпусе располагается антенна выбранного пользователем интерфейса беспроводной связи.

Прибор системы мониторинга TDM-10S поставляется в герметизированном защитном металлическом корпусе и устанавливается рядом с контролируемым силовым трансформатором. Все первичные датчики системы мониторинга монтируются рядом с контролируемым трансформатором, и только опциональный датчик вибрации монтируется непосредственно на самом трансформаторе. Это значительно упрощает установку системы мониторинга TDM-10S. При монтаже необходимо использовать максимально короткие сигнальные кабели от датчиков до прибора для уменьшения влияния возможных электромагнитных помех и перенапряжений.

Дистанционный датчик температуры марки IRT монтируется внутри защитного кожуха трансформатора так, чтобы он мог непосредственно, не через защитную сетку, контролировать температуру обмоток всех трех фаз и сердечника трансформатора с литой изоляцией. Для этого он устанавливается по центру трансформатора, расстояние от датчика до обмоток трансформатора должно составлять примерно 40% от ширины трансформатора. Рядом с датчиком температуры IRT устанавливается электромагнитная антенна BA-2, предназначенная также для дистанционной регистрации разрядной активности, направляемая на обмотки контролируемого трансформатора.

Кольцевой датчик тока нагрузки трансформатора марки IFCT-5 монтируется на проводнике вторичной цепи измерительного трансформатора тока. При помощи информации от этого датчика рассчитывается температура наиболее нагретой внутренней части обмотки, что важно для контроля остаточного ресурса твердой изоляции обмоток.

Датчик климата (температуры и влажности окружающего воздуха) при монтаже системы на месте дополнительно подключать к прибору не нужно. Еще при изготовлении на заводе он сразу же монтируется на корпусе прибора в отдельном кабельном вводе (чувствительный элемент датчика немного выступает из корпуса кабельного ввода) и уже подключен к плате измерительного прибора.

Передающая антенна выбранного при заказе системы мониторинга беспроводного интерфейса связи (по выбору это может быть или Bluetooth, или LoRa) также заранее монтируется в верхней части корпуса измерительного прибора и не требует подключения при помощи внешней кабельной линии.

1.4 Технические параметры

Основные технические данные и характеристики прибора TDM-10S соответствуют данным, приведенным в Таблице 3:

Таблица 3. Технические параметры

Параметр	Значение
Напряжение ВН контролируемого трансформатора, кВ	6 ÷ 10
Контроль тока нагрузки трансформатора в цепи ТТ, А	5
Диапазон контролируемой температуры, °С	-55 ÷ +150
Диапазон контролируемых разрядных импульсов, dBm	-60 ÷ -8
Диапазон вибрации сердечника трансформатора, Гц	10 ÷ 1000
Масса прибора в сборе, кг	2
Рабочая температура, °С	-40 ÷ +60
Напряжение питания, В (AC/DC)	110÷240
Потребляемая мощность, не более, Вт	5

Прибор «TDM-10S» выпускается в корпусах двух видов:

1) Алюминиевый герметичный корпус: габаритные размеры – 225x200x88 мм степень защиты от внешних воздействий – IP65 Возможна уличная установка.
2) Стальной корпус: габаритные размеры – 177x122x37 мм степень защиты от внешних воздействий – IP20 Устанавливается в закрытых, защищенных от влаги и пыли помещениях или в монтажных шкафах уличной установки.

1.5 Указания по эксплуатации

При эксплуатации изделия необходимо соблюдать следующие особые условия:

- Прибор в процессе эксплуатации необходимо оберегать от падений, ударов посторонними предметами, которые могут нарушить целостность оболочки изделия. Запрещается эксплуатировать изделие с поврежденными частями оболочки.
- Ремонт аппаратуры должен производиться предприятием-изготовителем или в специализированных мастерских.

1.6 Комплектность

Таблица 4. Комплектность поставки системы

Наименование	Количество
Прибор TDM-10S в защитном корпусе	1 шт.
Электромагнитная сверхвысокочастотная антенна BA-2	1 шт.
Дистанционный датчик температуры IRT (опция)	1 шт.
Контактный датчик температуры Pt-100 (опция)	1 шт.
Устройство контроля тока нагрузки IFCT-5	1 шт.
Устройство контроля температуры и влажности воздуха	1 шт.
Датчик вибрации (опция)	1 шт.
Комплект соединительных кабелей для датчиков	1 комплект
Комплект технической документации	1 комплект

2. Подключение прибора

Первичная и итоговая информация о техническом состоянии трансформатора из системы TDM-10S оперативно передается в единую систему АСУ-ТП предприятия, которая осуществляет мониторинг всего высоковольтного электротехнического оборудования, управляет работой ремонтных и сервисных служб предприятия.

Для передачи информации о техническом состоянии трансформатора в общую АСУ-ТП предприятия в системе мониторинга TDM-10S предусмотрены три стандартных интерфейса передачи данных:

- Проводной гальванически изолированный интерфейс связи марки RS-485. При помощи этого интерфейса можно передавать информацию в АСУ-ТП, проводить настройку режимов работы TDM-10S, проводить специализированные разовые измерения параметров работы трансформатора. Интерфейс применяется при создании комплексной системы контроля высоковольтного оборудования подстанции.
- Беспроводной интерфейс связи марки Bluetooth, предназначенный для передачи данных на смартфон, планшет, переносной компьютер для управления режимами работы системы TDM-10S. Дальность работы такого беспроводного интерфейса составляет десятки метров. Этот интерфейс обычно используется при автономном монтаже системы мониторинга, когда информация о состоянии трансформатора периодически считывается из прибора в смартфон с дополнительным программным обеспечением при периодических обходах оборудования эксплуатационным персоналом.
- Беспроводной интерфейс связи марки LoRa (LoRaWan). При помощи этого интерфейса информация может передаваться на большие расстояния, достигающие нескольких километров. Вторым

достоинством интерфейса LoRa является использование в нем двойного шифрования информации. Самым существенным недостатком интерфейса LoRa является его низкая пропускная способность: одна посылка информации может содержать в себе только несколько десятков байт. Обычно это может быть только интегральная информация о техническом состоянии контролируемого трансформатора.

При заказе системы TDM-10S пользователю необходимо заранее определиться с необходимым для АСУ-ТП предприятия набором дополнительных интерфейсов связи. В приборе системы мониторинга могут быть установлены проводной интерфейс RS-485 и дополнительно беспроводной интерфейс LoRa.

3. Настройка прибора TDM-10

3.1 Программа «Конфигуратор беспроводных приемников Dimrus»

3.1.1 Установка программы

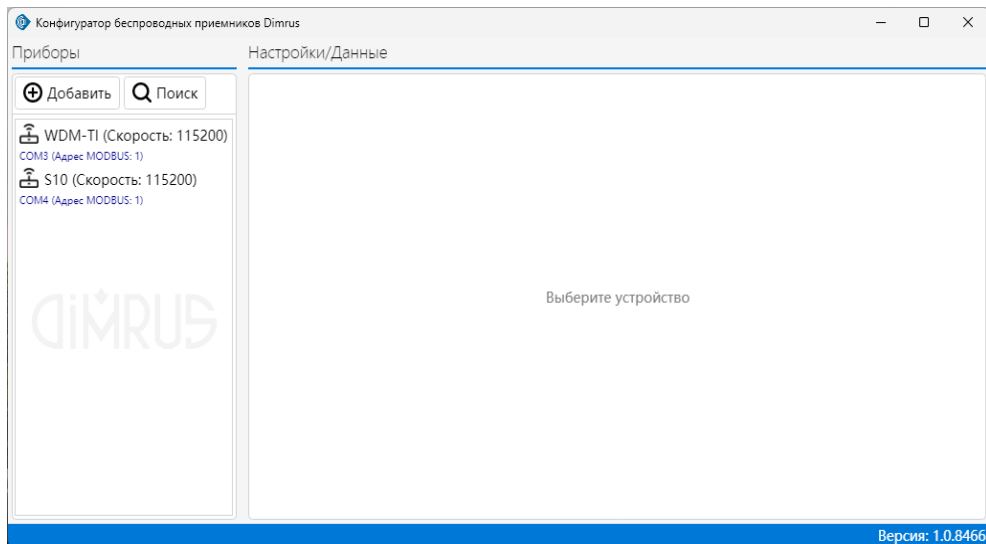
Программа является кроссплатформенной и может работать в операционных средах Windows 7/8/10 и Linux-системах. Программа написана под платформу .NET Core 3.1 и выше и требует установки ее перед запуском. Платформу можно скачать с сайта Microsoft.

В среде Windows для установки необходимо запустить файл «DimrusBLEToolsInstaller.msi» и следовать инструкциям.

В среде Linux установки не требуется. Перед запуском файла DimrusBLETools необходимо выставить ему права на запуск: `chmod +x DimrusBLETools`.

3.1.2 Поиск и добавление приборов

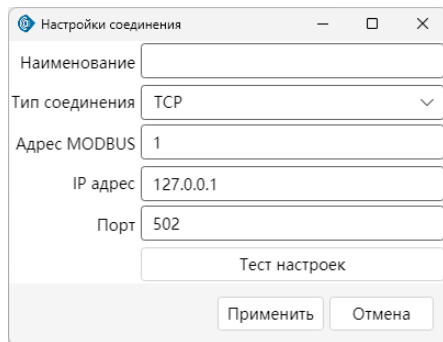
Внешний вид программы приведен ниже:



Окно программы поделено на две части. Слева отображается список «Приборы». В этом списке отображаются все приборы серии TDM-10S, обнаруженные по сети RS-485/Modbus.

Для добавления приборов можно осуществить автоматический поиск, нажав на кнопку «Поиск». Для остановки поиска необходимо нажать на  красный крестик в нижнем левом углу в строке статуса.

Также можно добавить прибор TDM-10S самостоятельно, нажав кнопку «Добавить». При этом будет выведено следующее окно:

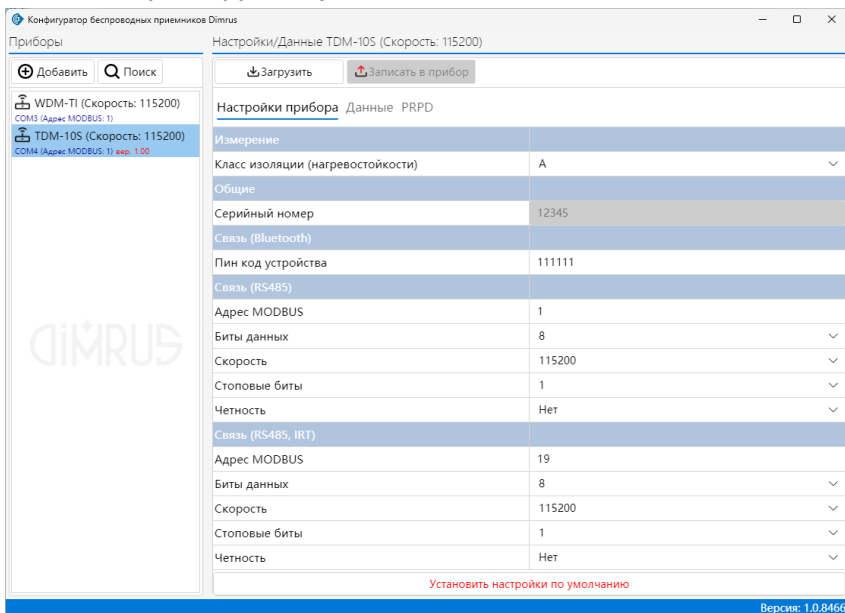


Здесь можно выбрать тип интерфейса: TCP (Modbus/RTU over TCP), USB или последовательный порт. Соединение TCP может использоваться, например, при связи с прибором через последовательный сервер «Моха».

По умолчанию прибор имеет следующие параметры связи: Modbus-адрес – 1, параметры связи – 115200,8,N,1.

3.1.3 Настройка прибора

Если выбрать требуемый прибор TDM-10S в списке приборов, то становятся доступными его настройки (для загрузки настроек необходимо нажать на кнопку «Загрузить»):



Базовые настройки прибора TDM-10S состоят из настроек измерения, настроек связи по интерфейсам Bluetooth и RS-485. Серийный номер смене не подлежит. Для записи настроек необходимо нажать кнопку «Записать в прибор».

Все настройки можно сбросить на заводские путем нажатия на кнопку «Установить настройки по умолчанию».

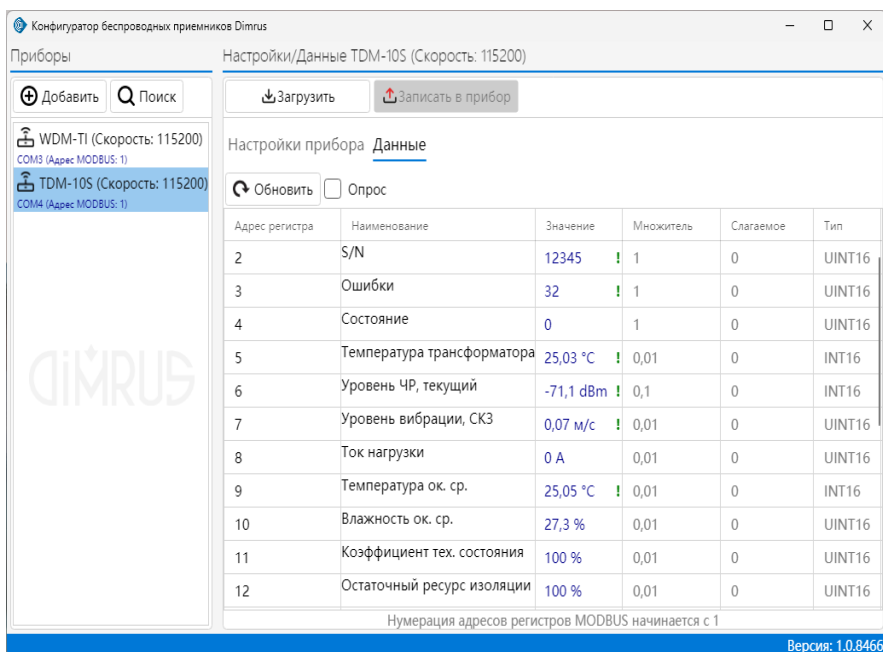
Настройки группы *Измерение* состоят из параметров, характеризующих трансформатор. Эти параметры необходимы для расчета моделей. Используется один параметр — класс изоляции или нагревостойкости трансформатора: A, E, B, F, H.

Настройки группы *Связь (Bluetooth)* состоят из настройки PIN кода, необходимого для сопряжения прибора по интерфейсу Bluetooth;

Настройки группы *Связь (RS485)* состоят из настроек Modbus-адреса прибора и настроек последовательного порта для связи с АСУТП, а также настроек связи с прибором IRT.

3.1.4 Получение данных с прибора

При выборе вкладки «Данные» откроется окно с основными выходными параметрами прибора:



При этом восклицательным знаком обозначаются изменившиеся данные. Также можно включить постоянный опрос прибора с интервалом один раз в секунду, для этого нужно установить галочку в поле «Опрос».

Основной список Modbus-регистров приведен в Таблице 5. Используемая Modbus-функция – 3. Тип протокола – RTU.

Таблица 5. Список Modbus-регистров прибора

Адрес регистра	Наименование	Единицы измерения	Множитель	Тип
1	Идентификатор прибора	-	1	UINT16
2	S/N, серийный номер	-	1	UINT16
3	Ошибки* ¹	-	1	UINT16
4	Состояние	0 - ОК, 1 - предупр. 2 - предавар.	1	UINT16
5	Температура трансформатора	°C	0,01	INT16
6	Уровень ЧР, текущий	dBm	0,1	INT16
7	Уровень вибрации, СКЗ	м/с	0,01	UINT16

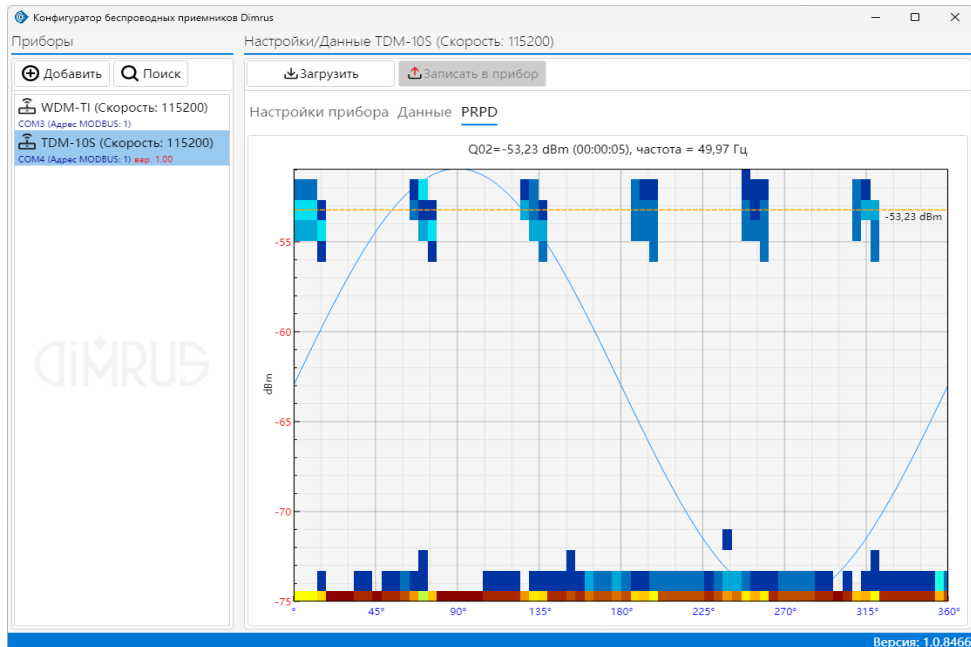
Адрес регистра	Наименование	Единицы измерения	Множитель	Тип
8	Ток нагрузки	A	0,01	UINT16
9	Температура окр. среды	°C	0,01	INT16
10	Влажность окр. среды	%	0,01	UINT16
11	Коэффициент техн. состояния	%	0,01	UINT16
12	Остаточный ресурс	%	0,01	UINT16
13	Средняя нагрузка	%	0,01	UINT16
14	Перегрузочная способность	%	0,01	UINT16
15	Замыкания в обмотках	%	0,01	UINT16
16	Замыкания в сердечнике	%	0,01	UINT16
17	Дефект корона	%	0,01	UINT16
18	Дефект в изоляции	%	0,01	UINT16
19	Дефект плавающий потенциал	%	0,01	UINT16
20	Состояние конструкции	%	0,01	UINT16
21	Состояние изоляции	%	0,01	UINT16
22	Расчетное время до ремонта	мес	1	UINT16
23	Время наработки	сут	1	UINT16

*1 – Битовая маска ошибок прибора (номера битов):

1. ошибка коммутатора (1);
2. ошибка постоянной памяти (FRAM) (2);
3. ошибка оперативной памяти (SRAM) (4);
4. ошибка акселерометра (8);
5. ошибка датчика влажности (16);
6. ошибка или отсутствие датчика IRT (32);
7. ошибка LoRa (64);
8. ошибка синхронизации (128);
9. ошибка или отсутствие датчика PT100 (256);
10. резерв;
11. ошибка архива (1024).

3.1.5 PRPD

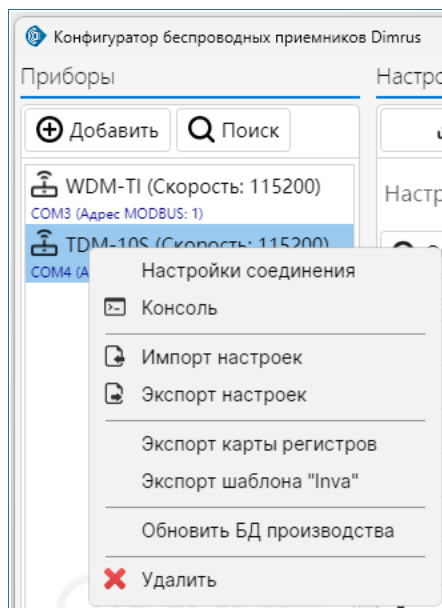
На вкладке PRPD можно увидеть текущее распределение частичных разрядов в изоляционной системе трансформатора:



3.1.6 Экспорт и импорт данных

Для отображения параметров импорта и экспорта данных нужно открыть контекстное меню правой кнопкой мыши и выбрать соответствующий пункт:

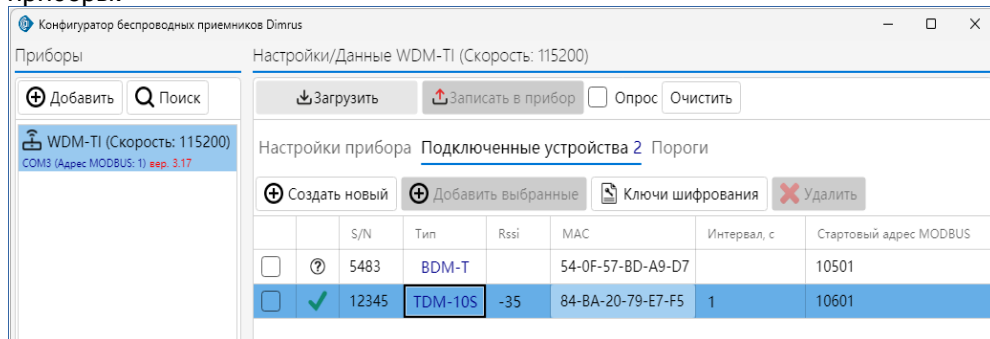
- «Импорт настроек», «Экспорт настроек» — произвести импорт или экспорт настроек выбранного прибора TDM-10S.
- «Экспорт карты регистров (для подключенных устройств)» — произвести экспорт карты регистров в виде docx-файла.
- «Экспорт шаблона Inva» — сформировать готовый шаблон прибора для работы с программой INVA.
- «Обновить БД производства» — применяется при наладке на заводе-изготовителе и для дальнейшей работы не используется.



3.2 Подключение к прибору WDM-T, WDM-TI

Прибор TDM-10S может быть подключен к модулю-приемнику серии WDM-T или WDM-TI, далее по тексту – модуль-приемник. Для этого в программе «Конфигуратор беспроводных приемников Dimrus» в настройках выбранного модуля-приемника открыть вкладку «Подключенные устройства» и нажать кнопку «Создать новый». После этого ввести MAC подключаемого прибора TDM-10S. Ввести стартовый адрес MODBUS. Далее выбрать этот прибор и нажать кнопку «Добавить выбранные». Для более подробной информации смотри инструкцию на модуль-приемник.

После считывания настроек модуля-приемника во вкладке «Подключенные устройства» будут отображаться подключенные к нему приборы.

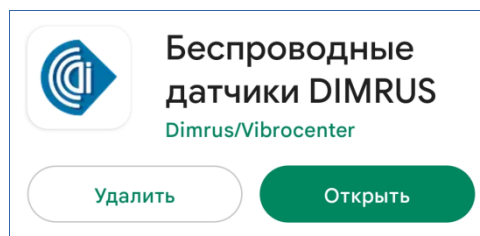


Для считывания карты регистров из модуля-приемника нужно выбрать прибор из списка подключенных устройств, нажать на него правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать «Регистры Modbus устройства». После этого появится окно с текущими значениями регистров прибора TDM-10S:

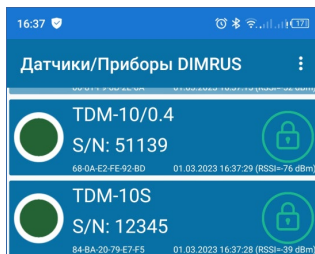
Регистры Modbus устройства (TDM-10S, S/N=12345)					
Обновить ☐ Опрос					
Адрес регистра	Наименование	Значение	Множитель	Слагаемое	Тип
10601	S/N	12345	1	0	UINT16
10602	Ошибки	32	1	0	UINT16
10603	Состояние	0	1	0	UINT16
10604	Температура трансформатора	25,04 °C	0,01	0	INT16
10605	Уровень ЧР, текущий	-71,9 dBm	0,1	0	INT16
10606	Уровень вибрации, СКЗ	0,08 м/с	0,01	0	UINT16
10607	Ток нагрузки	0 A	0,01	0	UINT16
10608	Температура ок. ср.	25,06 °C	0,01	0	INT16
10609	Влажность ок. ср.	27,18 %	0,01	0	UINT16
10610	Коэффициент тех. состояния	100 %	0,01	0	UINT16
10611	Остаточный ресурс изоляции	100 %	0,01	0	UINT16
Нумерация адресов регистров MODBUS начинается с 1					

3.3 Программа «Датчики DIMRUS»

Настройка прибора TDM-10 может осуществляться по беспроводному протоколу Bluetooth версии не ниже 5.0 с помощью программы «Датчики DIMRUS», установленной на телефоне под управлением операционной системы Android версии не ниже 7.0. Программа доступна в «Play Market»:



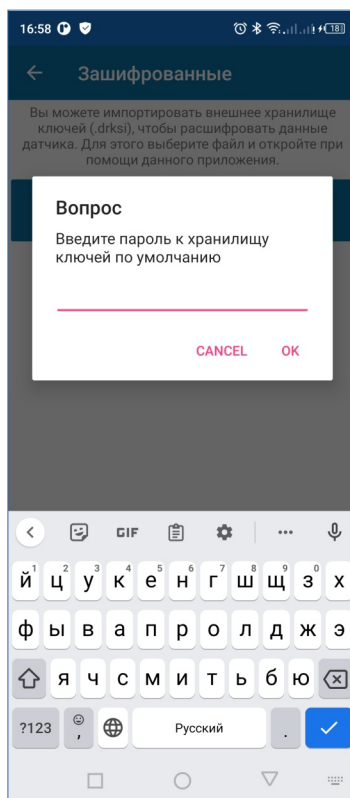
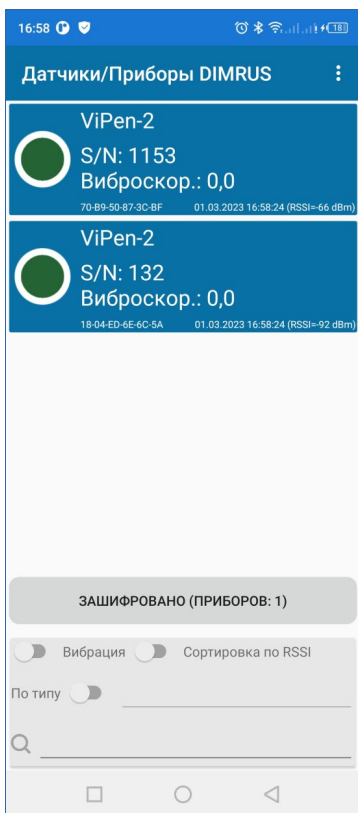
Для запуска программы необходимо включить Bluetooth на телефоне или планшете, также Android потребуется включить геолокацию GPS:



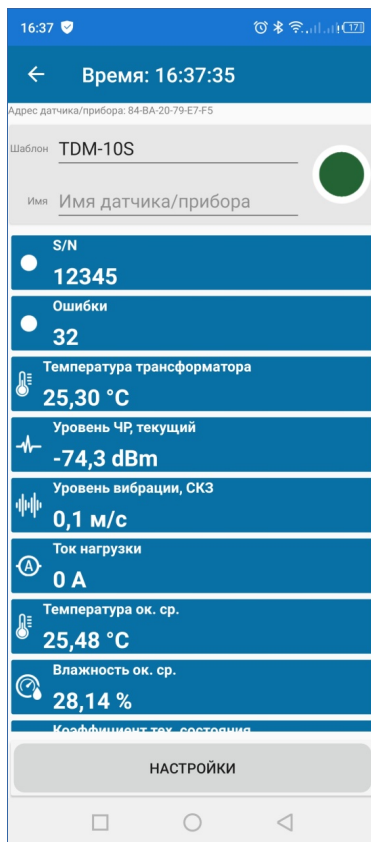
В списке программы необходимо выбрать требуемый прибор, уровень RSSI показывает удаление от прибора, чем меньше значение, тем прибор дальше.

При первом запуске программы потребуется ввести пароль по умолчанию для доступа к локальному хранилищу ключей. До этого момента все приборы и датчики будут показаны как не расшифрованные. **Пароль по умолчанию** – Dimrus@keys@2021.

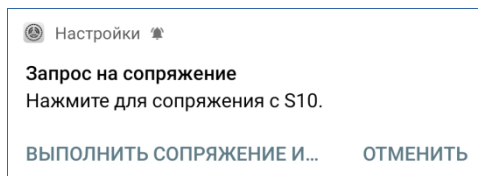
Чтобы ввести пароль, необходимо нажать на кнопку «Зашифровано (приборов)» внизу экрана:



После успешного ввода пароля будет выведено окно с основными выходными параметрами прибора TDM-10:



Далее, если нажать на кнопку «Настройки» будет предпринята попытка установить с прибором соединение по Bluetooth. При первом обращении к прибору будет запрошен код сопряжения. **Код по умолчанию** – 111111. На некоторых Android устройствах будет два запроса на сопряжение:



Вопрос

Введите PIN код

CANCEL
OK

Для прибора можно настроить следующие параметры:

- серийный номер;
- стартовый адрес Modbus;
- уровень сигнала RSSI (если уже были получены данные).

←

PIN код (сопряжение Bluetooth)

НОВЫЙ КЛЮЧ AES

СБРОС КЛЮЧА AES

Адрес модбас

1

Скорость

115200

Четность

None

Стоповые биты

1

ЗАПИСАТЬ В ПРИБОР

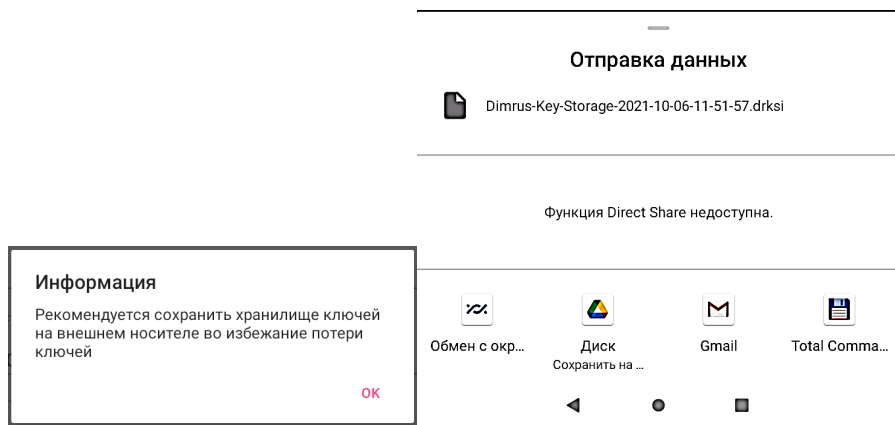
В этом окне можно поменять следующие параметры:

- PIN код сопряжения;
- установить новый ключ шифрования или сбросить его на стандартный;

- изменить настройки порта RS-485.

При изменении ключа будет предложено создать новый пароль хранилища или ввести старый.

После чего будет выведено сообщение о возможности сохранения хранилища на внешнем носителе или передачи его через средства коммуникации. Это хранилище будет использоваться для загрузки в программу «Конфигуратор беспроводных устройств Dimrus»:



Также в программе доступно общее для всех датчиков и приборов меню:

«удалить все датчики и данные» – полная очистка всей информации;

«удалить графики» – удаляет все накопленные данные, принятые от датчиков;

«экспорт хранилища ключей» – сохранение локального хранилища ключей на внешний носитель;

«очистить хранилище ключей» – удаление всей информации из локального хранилища ключей.

Информация о предприятии-изготовителе

ООО «ДИМРУС» (г. Пермь)

Россия, 614500, Пермский край,
д. Ванюки, Шоссейный въезд, д.2

Тел.: (342) 212-23-18, 212-91-93

Адрес в интернете: <http://dimrus.ru>

E-mail: dimrus@dimrus.ru