

Мониторинг силовых трансформаторов

TDM-10

Руководство по эксплуатации

ВЦ.411729.065 РЭ



г. Пермь

Оглавление

1.	Описание и технические параметры системы	3
1.1	Введение.....	3
1.2	Расчетные данные системы TDM-10	3
1.3	Конструктивные особенности системы	5
1.4	Технические параметры	6
1.5	Указания по эксплуатации.....	7
1.6	Комплектность	7
2.	Подключение модуля	7
3.	Настройка прибора TDM-10.....	9
3.1	Программа «Конфигуратор беспроводных приемников Dimrus»	9
3.1.1	Установка программы	9
3.1.2	Поиск и добавление приборов	9
3.1.3	Настройка прибора	11
3.1.4	Получение данных с прибора.....	12
3.1.5	PRPD	14
3.1.6	Экспорт и импорт данных	14
3.2	Подключение к модулю WDM-T, WDM-TI	15
3.3	Программа «Датчики DIMRUS».....	17

Информация о предприятии-изготовителе

ООО «ДИМУС» (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

1. Описание и технические параметры системы

1.1 Введение

Система мониторинга TDM-10 предназначена для оперативного контроля и диагностики маслонаполненных силовых трансформаторов с рабочим напряжением 6÷10 кВ. При помощи этой системы осуществляется контроль технического состояния трансформаторов, оценивается остаточный ресурс.

TDM-10 в режиме мониторинга контролирует 6 основных параметров силового трансформатора:

- Температура масла в баке трансформатора. На основании этого важного эксплуатационного параметра в системе мониторинга определяется нагрузочная способность трансформатора, рассчитывается остаточный ресурс изоляции.
- Влажность в масле бака. Этот параметр во многом определяет электрическую прочность масла, влияет на возможность работы трансформатора при низких температурах.
- Уровень масла в баке – параметр эксплуатационной защиты.
- Разрядная активность внутри бака, которая возникает при наличии проблем в изоляционной системе трансформатора.
- Вибрация в баке трансформатора — это параметр, который связан с техническим состоянием механических элементов конструкции трансформатора.
- Давление внутри бака трансформатора.

Датчики для регистрации этих важных параметров трансформатора конструктивно объединены в единый модуль, который вводится внутрь бака трансформатора через верхнюю крышку.

1.2 Расчетные данные системы TDM-10

Таблица 1. Контролируемые параметры системы

№	Контролируемый параметр	Наличие	Примечание
1	Температура трансформатора	✓	Измеряемый параметр
2	Влага в масле	✓	Измеряемый параметр
3	Уровень масла	✓	Защитная функция системы
4	Разрядная активность	✓	Измеряемый параметр
5	Давление в баке	✓	Дополнительная опция
6	Вибрация бака	✓	Измеряемый параметр

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

Таблица 2. Зависимость выявляемых дефектов от контролируемых параметров

Дефектное состояние	Контролируемые параметры из Таблица 1	Достоверность
Изоляция обмоток трансформатора		
Контроль электрической прочности масла в баке трансформатора по наличию растворенной воды.	1,2	✓✓
Учет естественного старения изоляции обмоток на основании контроля наработки трансформатора.	1	✓✓
Контроль температурных превышений, приводящих к ускоренному старению изоляции обмоток.	1	✓
Выявление локальных дефектов в изоляционной системе трансформатора по частичным разрядам.	4	✓
Определение типа выявленных дефектов в изоляции, оценка степени их развития, опасности для дальнейшей эксплуатации трансформатора.	4	✓
Сердечник трансформатора		
Контроль усилия прессовки сердечника трансформатора по спектру вибрационного сигнала.	6	✓✓
Контроль наличия короткозамкнутых контуров в сердечнике трансформатора.	1,4,6	✓✓
Состояние конструктивных элементов трансформатора		
Контроль целостности конструкции трансформатора по спектрам вибрационных сигналов.	6	✓✓
Управление эксплуатацией и обслуживанием трансформатора		
Контроль текущего технического состояния трансформатора по параметрам цифрового двойника.	1÷6	✓
Определение скорости ухудшения технического состояния, оценка остаточного ресурса трансформатора.	1÷6	✓✓
Планирование сроков и объемов проведения сервисных и ремонтных работ.	1÷6	✓✓

Где: ✓ - сравнительно невысокая достоверность

✓✓ - высокая достоверность.

Для каждой из трех контролируемых подсистем трансформатора: для изоляционной системы, для сердечника трансформатора и для его конструкции в программном обеспечении системы мониторинга строятся локальные математические модели.

Итоговая математическая модель трансформатора (его цифровой двойник) комплексно строится на основе объединения параметров локальных моделей подсистем трансформатора.

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.
- Расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки трансформатора, определение скорости старения изоляции обмоток.
- Оценка эффективности работы системы охлаждения, учитывающая возникновение внутри бака трансформатора дополнительных зон нагрева.
- 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 необходимо использовать программное обеспечение INVA, которое реализует функции управления обслуживанием трансформаторного и другого высоковольтного оборудования на уровне АСУ-ТП всего предприятия.

1.3 Конструктивные особенности системы

Конструктивно прибор системы мониторинга TDM-10 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.

В нижней цилиндрической части корпуса прибора из нержавеющей стали, которая вводится внутрь бака трансформатора, находятся все первичные датчики, предназначенные для контроля параметров трансформатора. Длина цилиндрической части корпуса зависит от конструкции герметизирующего узла и особенностей посадочного места на крышке трансформатора.

Прибор системы мониторинга TDM-10 монтируется непосредственно на верхней крышке бака трансформатора. Для этих целей может использоваться или штатная горловина для заливки масла с посадочным узлом, или специальный переходной фланец с герметизирующим узлом, устанавливаемый на любой технологической крышке на баке. Конструкция переходного узла для монтажа прибора на крышке бака зависит от особенностей конструкции трансформатора, пример конструкции приведен на рисунке.

Установка переходного узла на верней крышке бака трансформатора 10 кВ обычно производится без слива масла на отключенном трансформаторе. Любой монтаж и демонтаж измерительного прибора TDM-10 в переходный узел производится оперативно, также без слива масла за счет использования шарового крана и уплотняющего узла в верхней части монтажного узла.

После монтажа прибора подключение и включение в работу системы мониторинга TDM-10 осуществляется просто и оперативно. Поскольку все первичные датчики системы мониторинга находятся в цилиндрической части корпуса прибора, введены в масло бака трансформатора и уже подключены к измерительной схеме, необходимо только подать питание на прибор. Для этого нужно подключить два провода к выводам вторичной обмотки трансформатора: к фазе и нейтральной точке вторичной обмотки. Включение и выключение системы мониторинга в этом случае будет происходить автоматически при включении и отключении контролируемого трансформатора.

1.4 Технические параметры

Основные технические данные и характеристики модуля соответствуют данным, приведенным в Таблица 3:

Таблица 3. Технические параметры

Параметр	Значение
Диапазон измерения температуры в баке, °C	-40 ÷ +125
Диапазон измерения влагосодержания в масле при 25°C, ppm	0 ÷ 400 ±10%
Измеряемый перепад уровня масла в баке, мм	50
Диапазон измерения разрядных импульсов, dBm	-60 ÷ -8

Диапазон измерения вибрации бака, g	4
Диапазон измерения давления внутри бака (опция), кПа	0 ÷ 172
Габаритные размеры датчика, мм	400*150*118
Масса прибора в сборе, не более, кг	3
Рабочая температура, °C	-40 ÷ +85
Напряжение питания, В (АС)	110 / 220
Потребляемая мощность, не более, Вт	5

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

Прибор поставляется в картонной упаковке. Комплектность поставки приведена в Таблица 4:

Таблица 4. Комплектность поставки системы

Наименование	Количество
Прибор марки «TDM-10»	1 шт.
Корпус с манжетами уплотнения и гайкой крепления прибора (присоединительная резьба G1,25")	1 шт.
Силиконовые цанги для металлорукава РЗ-Н-10	1 компл.
Руководство по эксплуатации	1 шт.
Паспорт	1 шт.

2. Подключение модуля

Первичная и итоговая информация о техническом состоянии трансформатора из системы TDM-10 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-10 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-10, 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-10. 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-10 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. В этом случае интерфейс Bluetooth будет доступен только при открытой крышке прибора (или на очень близком расстоянии, не более нескольких метров), так как на металлическом корпусе прибора предусмотрено место для антенны только одного беспроводного интерфейса.

В минимальной конфигурации прибор всегда оснащается беспроводным интерфейсом Bluetooth. При необходимости в приборе могут быть установлены технические средства для дополнительных интерфейсов: проводного RS-485 и беспроводного LoRa.

Если работа системы TDM-10 предполагается в автономном режиме с использованием только беспроводных интерфейсов связи, то необходимо подключить только кабель питания. Если предполагается подключение TDM-10 к системе АСУ-ТП при помощи проводного интерфейса RS-485, то необходимо подключить информационный кабель.

3. Настройка прибора TDM-10

3.1 Программа «Конфигуратор беспроводных приемников Dimrus»

3.1.1 Установка программы

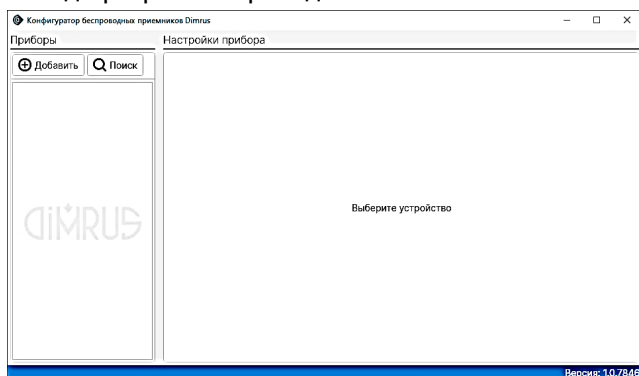
Программа является кроссплатформенной и может работать в операционных средах Windows 7/8/10 и Linux-системах. Программа написана под платформу .NET Core 3.1 и выше и требует установки ее перед запуском. Платформу можно скачать с сайта Microsoft.

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`.

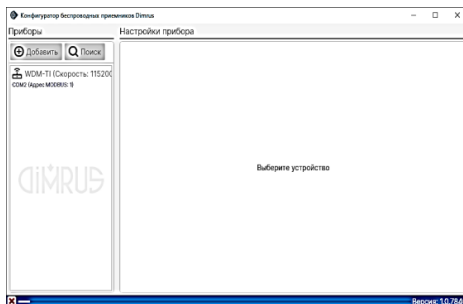
3.1.2 Поиск и добавление приборов

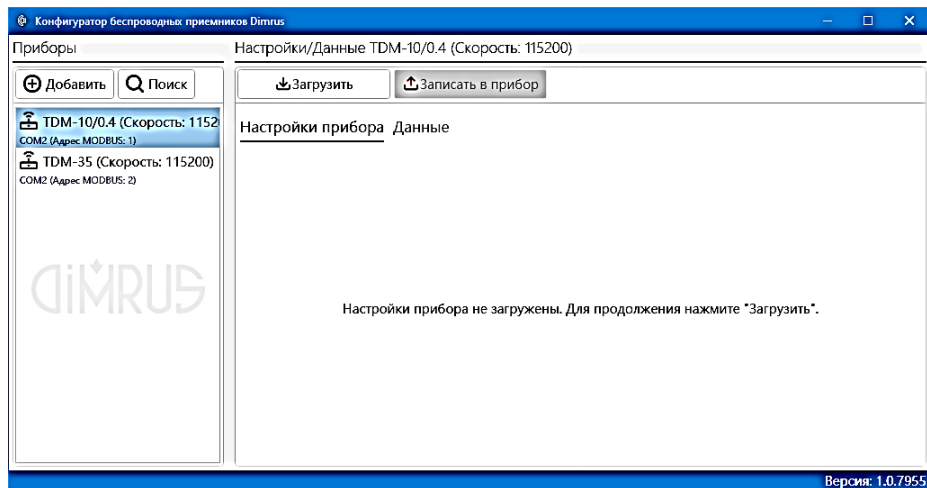
Внешний вид программы приведен ниже:



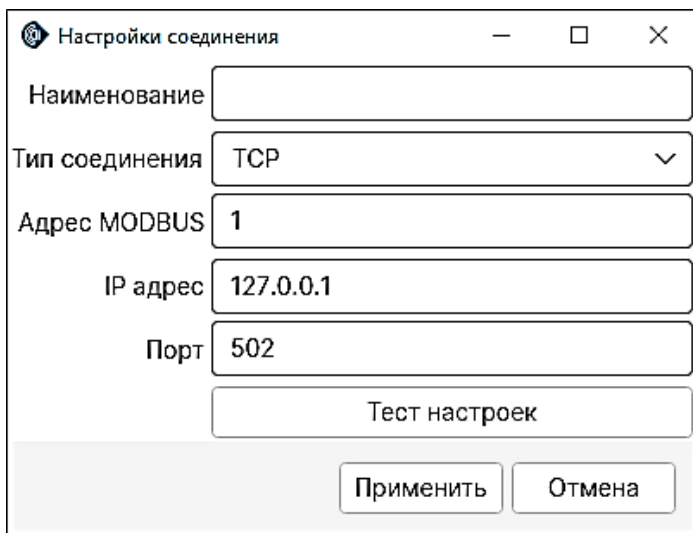
Окно программы поделено на две части. Слева отображается список «Приборы». В этом списке отображаются все приборы серии TDM-10, обнаруженные по сети RS-485/Modbus.

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-10 самостоятельно, нажав кнопку «Добавить». При этом будет выведено следующее окно:

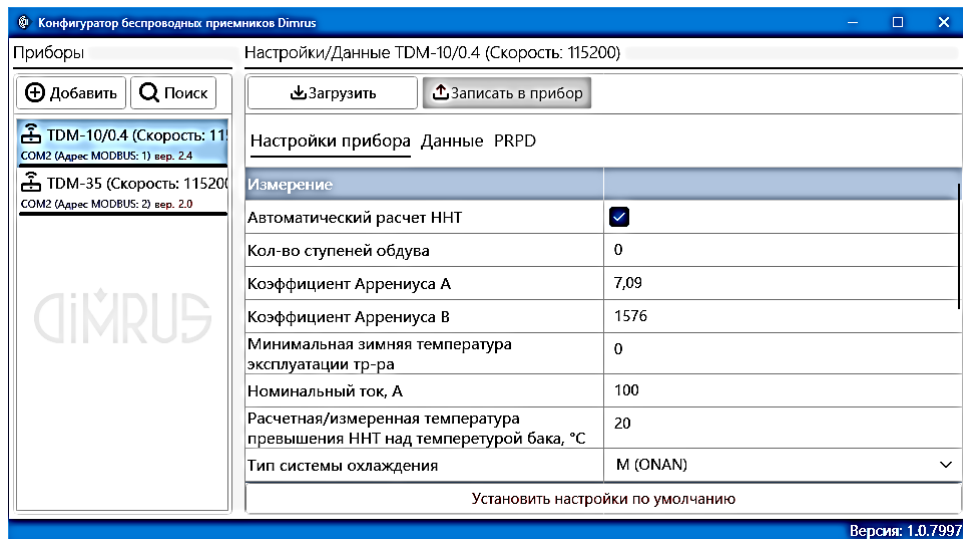


Здесь можно выбрать тип интерфейса: TCP (Modbus/RTU over TCP), USB или последовательный порт. Соединение TCP может использоваться, например, при связи с прибором через последовательный сервер «Моха».

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



Измерение	
Автоматический расчет ННТ	☒
Кол-во ступеней обдува	0
Коэффициент Аррениуса А	7,09
Коэффициент Аррениуса В	1576
Минимальная зимняя температура эксплуатации тр-ра	0
Номинальный ток, А	100
Расчетная/измеренная температура превышения ННТ над температурой бака, °C	20
Тип системы охлаждения	M (ONAN) ▼

Установить настройки по умолчанию

Версия: 1.0.7997

Базовые настройки прибора TDM-10 состоят из настроек измерений, связи по интерфейсам Bluetooth и RS-485, а также уставок. 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:

- *Автоматический расчет ННТ* – автоматический расчет наиболее нагретой точки (ННТ) трансформатора. Если галочка снята, то для расчетов будет использоваться значение из позиции *Расчетная/измеренная значение температура превышения ННТ над температурой бака, °C* (при номинальной загрузке трансформатора);
- *Количество ступеней обдува* – используется для трансформаторов с типом системы охлаждения Д (ONAF);
- *Коэффициенты Аррениуса А, В* – используются для расчета абсолютной влажности масла и берутся из характеристик конкретного масла, залитого в трансформатор;

- *Минимальная зимняя температура эксплуатации трансформатора* – зимний климатический минимум температуры окружающей среды, в которой эксплуатируется трансформатор, °С (как правило, используются значения 0 и - 40);
- *Номинальный ток, А* – номинальный ток трансформатора по паспорту.
- *Тип системы охлаждения* – тип системы охлаждения трансформатора, М (ONAN) или Д (ONAF).

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

Настройки группы *Связь (RS485)* состоят из настроек Modbus-адреса прибора и настроек последовательного порта.

Настройки группы *Уставки* состоят из уставки по порогу влагосодержания в масле.

3.1. 4 Получение данных с прибора

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

Конфигуратор беспроводных приемников Dimerus

Приборы: [Добавить] [Поиск]

Настройки/Данные TDM-10/0.4 (Скорость: 115200)

[Загрузить] [Записать в прибор]

Настройки прибора Данные PRPD

[Обновить] ☐ Опрос

Адрес регистра	Наименование	Значение	Множитель	Слагаемое	Тип
10	S/N	333	1	0	UINT16
11	Ошибки	0	1	0	UINT16
12	Температура масла	26,05 °C	0,01	0	INT16
13	Абсолютная влажность	12,1 ppm	0,01	0	UINT16
14	Уровень масла	0 %	0,01	0	UINT16
15	Уровень ЧР, текущий	-41,9 dBm	0,1	0	INT16
16	Уровень вибрации, СКЗ	0,5 м/с	0,01	0	UINT16
17	Давление в масле	0 ATM	0,001	0	UINT1

Нумерация адресов регистров MODBUS начинается с 1

Версия: 1.0.7997

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 Таблица 5. Используемая Modbus-функция – 3. Тип протокола – RTU.

Таблица 5. Список Modbus-регистров прибора

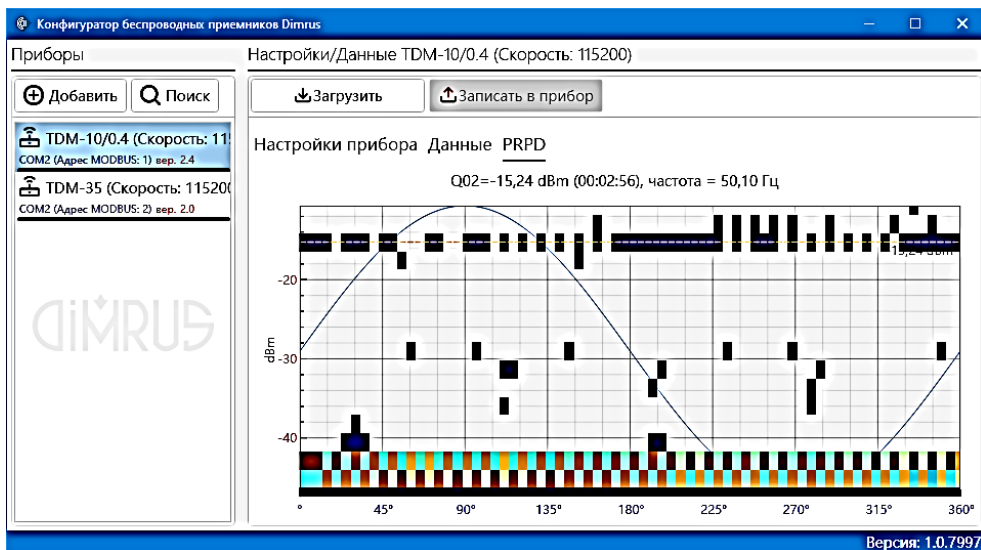
Адрес регистра	Наименование	Единицы измерения	Множитель	Тип
10	S/N, серийный номер		1	UINT16
11	Ошибки ¹		1	UINT16
12	Температура масла	°C	0,01	INT16
13	Абсолютная влажность	ppm	0,01	UINT16
14	Уровень масла	%	0,01	UINT16
15	Уровень ЧР, текущий	dBm	0,1	INT16
16	Уровень вибрации, СКЗ	м/с	0,01	UINT16
17	Давление в масле (опция)	ATM	0,001	UINT16
21	Шум в сигнале	%	0,01	UINT16
22	Дефект корона	%	0,01	UINT16
23	Дефект в изоляции	%	0,01	UINT16
24	Дефект плавающий потенциал	%	0,01	UINT16
25	Остаточный ресурс	%	0,01	UINT16
26	До ремонта	мес	1	UINT16
30	Частота сети	Гц	0,01	UINT16
31	Уровень ЧР (Q02)	dBm	0,1	INT16
32	Время наработки	час	1	UINT32

¹ – Битовая маска ошибок прибора (номера битов):

1. ошибка коммутатора,
2. ошибка постоянной памяти (FRAM),
3. ошибка оперативной памяти (SRAM),
4. ошибка акселерометра,
5. ошибка датчика влажности,
6. ошибка датчика давления,
7. ошибка датчика уровня,
8. ошибка синхронизации.

3.1.5 PRPD

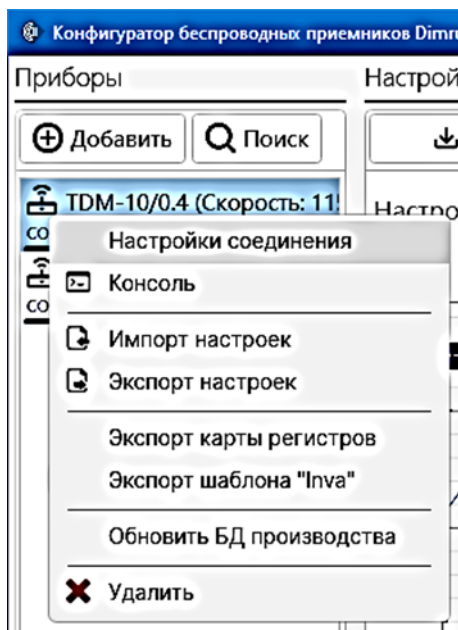
На вкладке PRPD можно увидеть текущее распределение частичных разрядов в изоляционной системе трансформатора:



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:

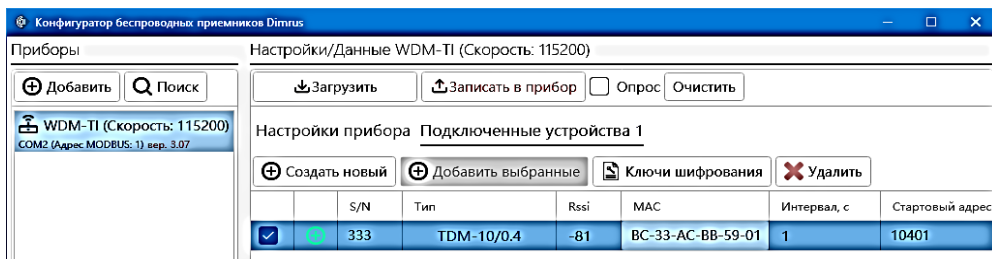
- «Импорт настроек», «Экспорт настроек» - произвести импорт или экспорт настроек выбранного прибора TDM-10;
- «Экспорт карты регистров (для подключенных устройств)» - произвести экспорт карты регистров в виде docx-файла;
- «Экспорт шаблона Inva» - сформировать готовый шаблон прибора для работы с программой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



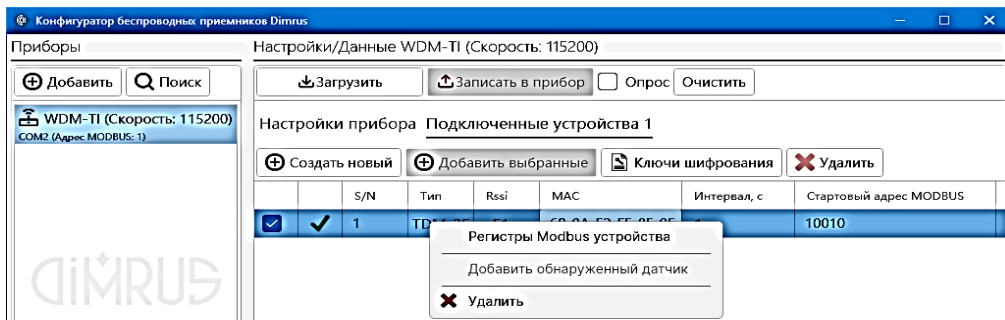
3.2 Подключение к модулю WDM-T, WDM-TI

Прибор TDM-10 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-10. 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».

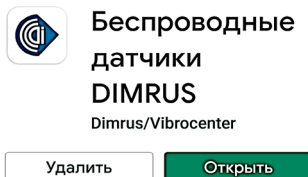


После этого появится окно с текущими значениями регистров прибора TDM-10.

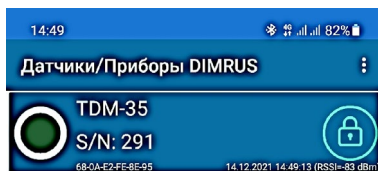


3.3 Программа «Датчики DIMRUS»

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»:



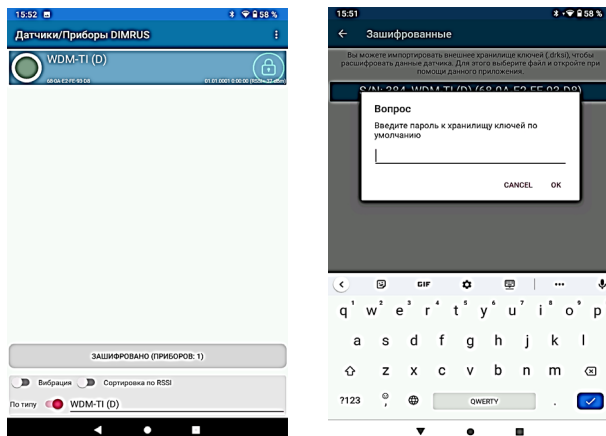
Для запуска программы необходимо включить Bluetooth на телефоне или планшете, также Android потребует включить геолокацию GPS:



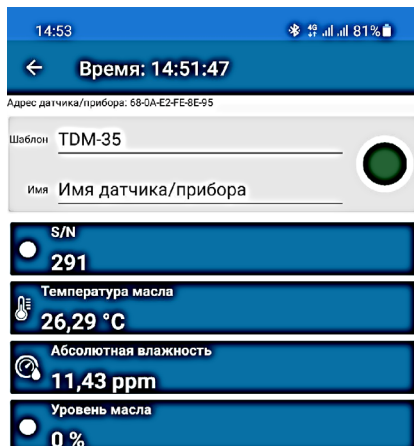
В списке программы необходимо выбрать требуемый прибор, уровень RSSI показывает удаление от прибора, чем меньше значение – тем прибор дальше.

При первом запуске программы потребуются 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.

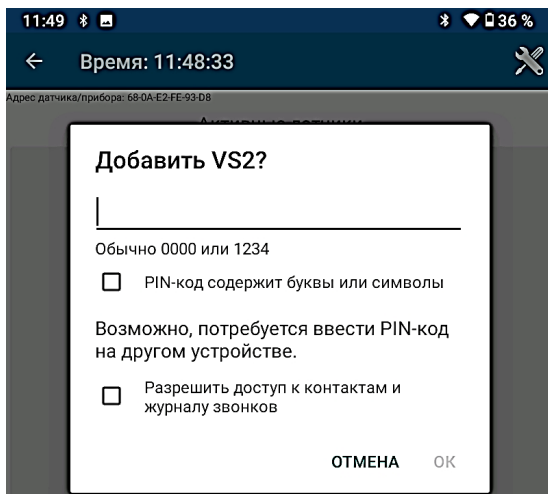
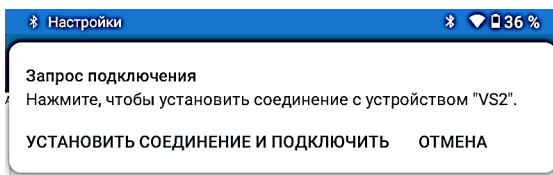
Чтобы ввести пароль, необходимо нажать на кнопку «Зашифровано (приборов)» внизу экрана:



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:



Для прибора можно настроить следующие параметры:

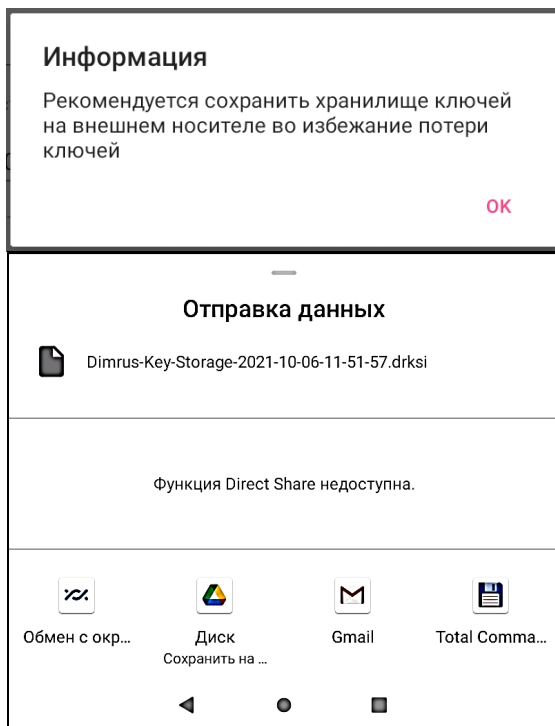
- серийный номер;
- стартовый адрес Modbus;
- уровень сигнала RSSI (если уже были получены данные).

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:

1. «удалить все датчики и данные» – полная очистка всей информации;
2. «удалить графики» – удаляет все накопленные данные, принятые от датчиков;
3. «экспорт хранилища ключей» – сохранение локального хранилища ключей на внешний носитель;
4. «очистить хранилище ключей» – удаление всей информации из локального хранилища ключей.

