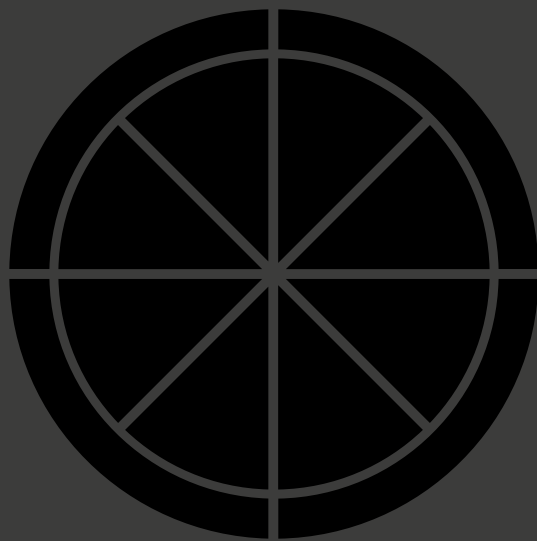


Дуговая защита



Лайм

## Небольшой эпиграф

Мы – «Микропроцессорные технологии», лидеры в области дуговой защиты. Наши устройства защищают энергетические объекты по всей стране, обеспечивая безопасность персонала и надёжность работы оборудования.

Опираясь на передовые технологии и практический опыт, мы разрабатываем решения, которые не просто соответствуют стандартам – они их задают.

Огромный багаж экспертных знаний в этой области позволил нам создать наилучшее предложение для наших клиентов. Мы предлагаем не только поставку оборудования, но и комплексный инжиниринг, который включает в себя проектирование, поставку, монтаж, наладку, обучение и сервис 24/7.



Микропроцессорные  
технологии

## Содержание

Улучшение принципов выполнения дуговой защиты	1
Таблица сравнения	5
<b>ВОД - точечный датчик</b>	<b>7</b>
<b>ТЕКИЛА - петлевой датчик</b>	<b>9</b>
<b>Базовая дуговая защита - Лайм</b>	<b>11</b>
Функции	13
Описание	15
Типовое решение ВОД	17
Типовое решение ТЕКИЛА	19
Технические характеристики	21
Конструктив	22
<b>Оптимальная дуговая защита - Лайм-2.0</b>	<b>24</b>
Описание	25
Функции	27
Типовое решение ВОД	29
Типовое решение ТЕКИЛА	31
Типовое решение ВОД и ТЕКИЛА	33
Технические характеристики	35
<b>Блик</b>	<b>37</b>
<b>5 поколений дуговой защиты</b>	<b>39</b>
<b>Продвинутая дуговая защита пятого поколения - Лайм+</b>	<b>45</b>
Описание	47
Функции	49
Настройка и мониторинг	50
Типовое решение ВОД	51
Типовое решение ТЕКИЛА	53
Технические характеристики	55
Конструктив	59
<b>Комплексный инжиниринг</b>	<b>61</b>
Контакты	67

# Улучшение принципов выполнения дуговой защиты

Короткие замыкания (КЗ) внутри отсеков комплектных распределительных устройств (КРУ) 6–35 кВ сопровождаются возникновением открытой электрической дуги. Температура электрической дуги может достигать значений порядка 7 000–12 000 °С за время менее одного периода промышленной частоты. Электрическая дуга воздействует на элементы конструкции КРУ, вызывая повреждения различной степени тяжести, а в случае отсутствия адекватных и своевременных мер по её ликвидации неминуемо приводит к их разрушению.

Опыты, проведённые в научно-исследовательском центре испытаний высоковольтной аппаратуры (НИЦ ВВА), показывают, что открытая электрическая дуга в изолированных отсеках КРУ приводит к повреждению изоляции (как правило, это проходные изоляторы). Степень ущерба зависит от типа изоляционного материала, величины тока КЗ и времени его протекания.

## Требования нормативных документов

Необходимо отметить, что требования и методы испытаний дугостойкости элементов оборудования КРУ, требования к быстрдействию и типу дуговой защиты сегодня не регламентированы. В существующих директивных (приказы РАО «ЕЭС России» от 01.07.98 № 120 «О мерах по повышению взрывопожаробезопасности энергетических объектов» и от 29.03.2001 № 142 «О первоочередных мерах по повышению надёжности работы РАО «ЕЭС России»») и нормативных («Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей», 15-я редакция, п. 5.4.19) документах указаны лишь требования о необходимости наличия быстродействующей защиты от дуговых коротких замыканий внутри шкафов КРУ.

В итоге можно сформулировать следующее основное требование к защите ячеек КРУ от дуговых замыканий:  
**полное время ликвидации КЗ не должно превышать 60 мс.**

# 300 лет

Суммарный опыт разработки нашей команды

## Необходимость дуговой защиты вызвана несовершенством токовой

Токовые ступенчатые защиты не могут быть использованы в качестве быстродействующей защиты от дуговых замыканий вследствие больших значений выдержек времени на питающих присоединениях (обычно более 0,5 с).

С целью сокращения времени действия токовых защит на питающих присоединениях применяют логическую защиту шин (ЛЗШ), принцип действия которой основан на передаче блокирующих сигналов от устройств защиты отходящих присоединений. Однако и в этом случае время срабатывания защиты превышает допустимое значение. Выдержка времени ЛЗШ обычно составляет не менее 100 мс.

# НИКОЛАЙ СИРЕНКО

Главный специалист  
по защите от дуговых замыканий

## Обычные дуговые защиты

Одним из наиболее часто применяемых в настоящее время видов быстродействующей защиты от дуговых замыканий является оптическая дуговая защита, принцип действия которой основан на регистрации вспышки света внутри отсеков КРУ при возникновении электрической дуги.

Находящиеся в эксплуатации в настоящий момент времени устройства подобного класса обладают временем срабатывания от 6 до 25 мс. С учётом времени действия промежуточных реле – 12–30 мс – и собственного времени отключения высоковольтного выключателя – 10–90 мс, время ликвидации дугового КЗ обычными дуговыми защитами зачастую превышает безопасный порог в 50–60 мс.

При этом конструктивные и аппаратные характеристики этих изделий подлежат дальнейшему совершенствованию. Например, общим недостатком является ломкость оптического волокна в связи с несовершенством конструкции датчика и методов его крепления.

## Самая быстрая дуговая защита

Особняком в данном ряду стоит серия устройств Лайм, выпускаемая НПП «Микропроцессорные технологии». Собственное время срабатывания данного устройства не превышает 0,8 мс (с учётом времени действия выходных реле), что позволяет организовать действительно быстродействующую дуговую защиту энергообъекта.

**0,8 мс – лучший показатель по сравнению с обычными дуговыми защитами.**

## Рекомендации по повышению быстродействия

Наряду с выбором быстродействующего устройства защиты от дуговых замыканий, необходимо принять во внимание факторы, оказывающие влияние на предельное время ликвидации КЗ:

1. В качестве токового пускового органа, выполняющего роль подтверждения факта возникновения замыкания, следует применять специальный пусковой орган по току для подтверждения факта возникновения замыкания, имеющий величину уставки порядка 120 % от номинального тока присоединения и нулевое время срабатывания. Выполнение данного требования обеспечит быстродействие органа подтверждения порядка 10 мс. Перспективным решением является применение в цифровых устройствах РЗА токового органа, выполненного на более быстродействующих алгоритмах по сравнению с преобразованием Фурье, а также применение быстродействующего твердотельного реле РЗА в цепи «пуск по току» – в этом случае возможно сокращение времени с 10 мс до 1–3 мс.

2. Время срабатывания промежуточных реле в цепи отключения выключателя должно быть не более 10–12 мс. Перспективным является вопрос применения быстродействующих твердотельных реле с временем срабатывания порядка 1–2 мс.

3. Время отключения высоковольтного выключателя должно быть не более 37 мс, на вводные выключатели целесообразно ставить более быстродействующие выключатели с временем отключения 10–15 мс.

Применение регистратора дуговых замыканий оптического Лайм, наряду с выполнением условий, указанных выше, обеспечит время ликвидации дугового КЗ в пределах 20–60 мс и, как следствие, – надёжную защиту электрооборудования. При этом становится возможным выполнять требования ПУЭ п. 3.3.31, п. 3.3.42 в части АПВ секции шин после ликвидации дугового замыкания без опасения увеличить материальный ущерб, что позволит сократить перерывы электроснабжения потребителей.

Однако выполнить условия, приведённые выше, представляется возможным не во всех случаях. Например, в случае установки дуговой защиты без замены выключателей на современные быстродействующие, время срабатывания высоковольтного выключателя зачастую превышает значение 70 мс. В этих условиях быстродействие регистратора дуговых замыканий играет особенно важную роль.

## Особенности для подстанций

Учитывая значительное количество объектов с переменным оперативным током и экстремальные условия эксплуатации на территории России и стран СНГ, инженеры НПП «Микропроцессорные технологии» обеспечили следующие характеристики Лайм:

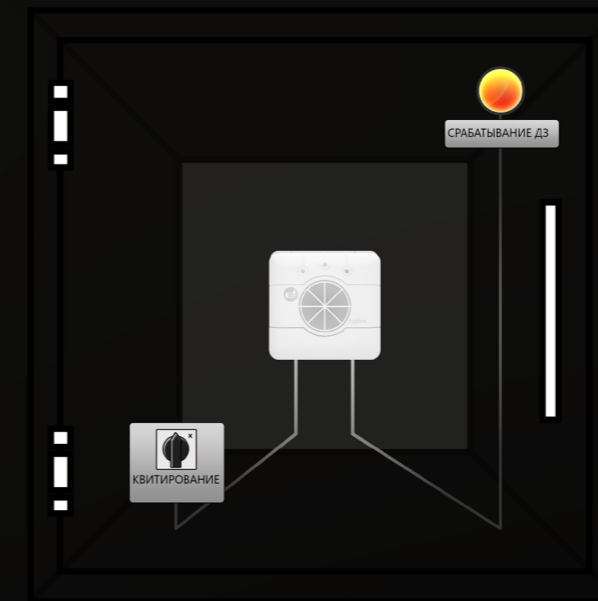
1. Сохранение полной работоспособности в течение более 3 секунд после исчезновения напряжения оперативного тока, что позволяет отказаться от установки внешних конденсаторных блоков питания и исключить зависимость работы устройства защиты от дуговых замыканий от качества оперативного тока в аварийных ситуациях на первичном оборудовании.

2. Время готовности устройства после подачи напряжения оперативного тока составляет не более 40 мс, что особенно важно для случаев включения на КЗ ранее полностью обесточенной подстанции, при питании устройства дуговой защиты от трансформаторов собственных нужд секции.

3. Блок питания устройства обеспечивает работу в широком диапазоне питающего напряжения – как переменного, так и постоянного тока – с величиной пульсаций до 90 %.

4. Устройство функционирует без изменения заявленных характеристик в диапазоне температур от -40 °С до +55 °С, включая оптоволоконные кабели, допускающие монтаж при отрицательной температуре.

**УСТРОЙСТВО УНИФИЦИРОВАНО ДЛЯ РАБОТЫ С ПЕРЕМЕННЫМ, ПОСТОЯННЫМ ИЛИ ВЫПРЯМЛЕННЫМ ТОКОМ.**



## Сигнализация важна для правильных действий оперативного персонала

При установке Лайм внутри релейного отсека предусмотрена возможность организации световой сигнализации на двери релейного отсека либо её действия на указательное реле. Такой подход обеспечивает однозначность для оперативного персонала в части определения повреждённой ячейки.

Состояние сигнализации сохраняется в энергонезависимой памяти устройства в случае исчезновения напряжения оперативного тока, вызванного, например, дуговым КЗ.

# ТАБЛИЦА СРАВНЕНИЯ

СОЗДАЕМ  
НАДЕЖНОЕ  
БУДУЩЕЕ

Устройство	Лайм	Лайм-2.0	Лайм+
Поддержка точечных датчиков (от 1 до 14 м)	+	+	+
Поддержка петлевых датчиков (от 1 до 30 м)	+	+	+
Возможность комбинирования петлевых и точечных датчиков	–	+	+
Непрерывный контроль целостности оптоэлектронного тракта	+	+	+
Полное время отключения, мс	<b>0,9 + Тпуск мтз</b>	<b>не более 7</b>	<b>0,8</b>
Возможность параметрирования	–	–	+
Быстрое конфигурирование с помощью DIP-переключателей	–	+	–
Прямое действие на выключатель	–	–	+
Время работы без питания, с	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
Наличие гибкой логики	–	–	+
Осциллографирование	–	–	+
Журналирование	–	–	+
УРОВ	+	+	+
Поддержка Modbus-RTU	–	–	+
Поддержка IEC 60870-5-101	–	–	+
Кнопка сброс сигнализации	–	+	+
Монтаж на дверь	–	+	+
Монтаж на панель	+	+	–
Гарантийный ремонт, лет	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

# ВОД

## Точечный датчик

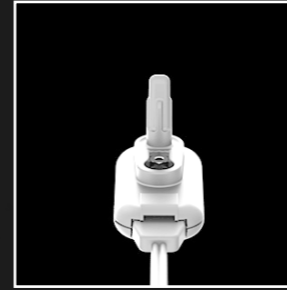
- Оптоволокно обладает высокой гибкостью и обеспечивает удобство монтажа
- Фиксирует вспышки света чувствительным элементом находящимся внутри датчика
- Непрерывный контроль целостности оптоэлектронного тракта
- Длина датчика от 1 до 14 метров



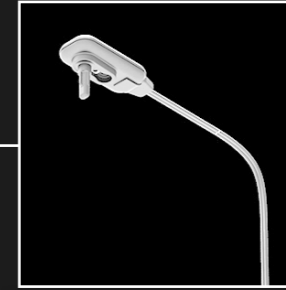
ВИДЕО

Устойчив  
к морозам

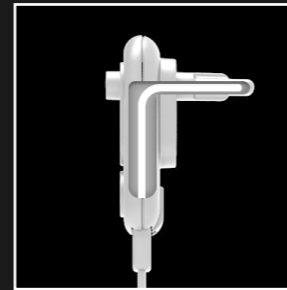
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ  
**Лайм, Лайм-2.0, Лайм-Плюс,  
Лютик-Плюс, Алтей-01**



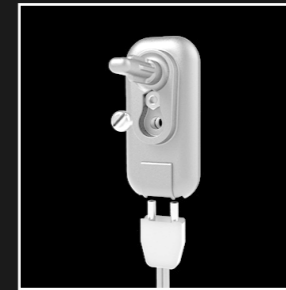
180°  
обзор  
датчика



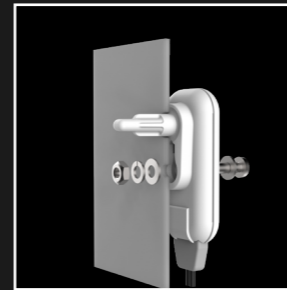
45 мм  
радиус изгиба  
оптоволокна



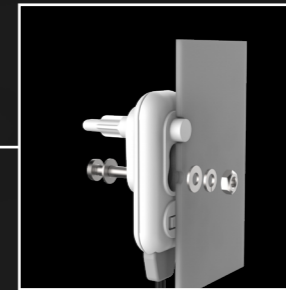
90°  
конструктивный  
изгиб



1 винт  
простой монтаж  
съёмный коннектор



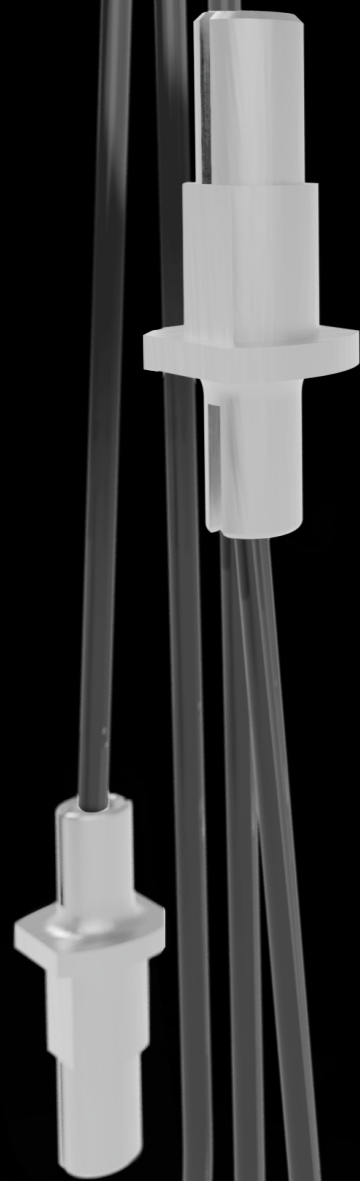
Монтаж снаружи  
защищаемого отсека



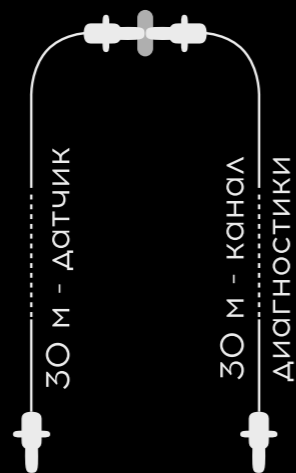
Монтаж внутри  
защищаемого отсека

# ТЕКИЛА

Петлевой датчик



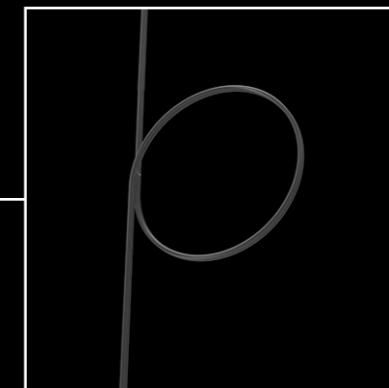
- Оптоволокну обладает высокой гибкостью и обеспечивает удобство монтажа
- Фиксирует вспышки света всей своей поверхностью
- Устройство выполняет непрерывный контроль целостности оптоэлектронного тракта
- Максимальный охват – длина датчика от 1 до 30 метров



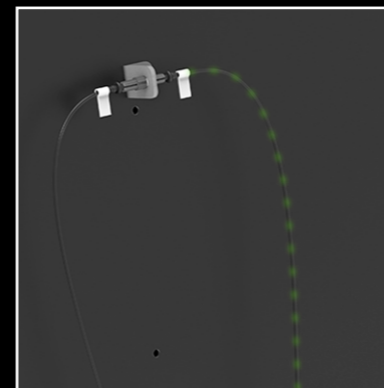
МАКСИМАЛЬНЫЙ  
ОХВАТ



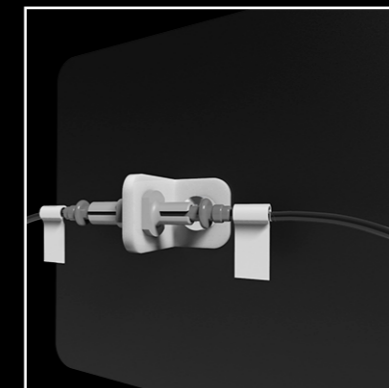
Простой монтаж  
любым удобным  
способом



45 мм  
радиус изгиба  
оптоволокну



Контроль по всей  
длине датчика



Лёгкая  
стыковка

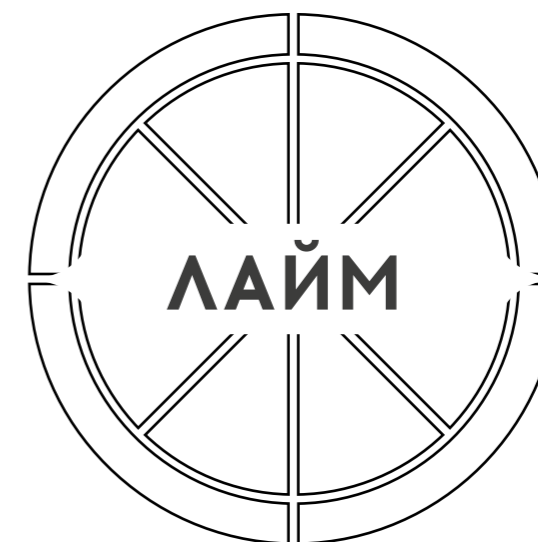
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ  
**Лайм, Лайм-2.0, Лайм-Плюс,  
Лютик-Плюс, Алтай-01**

Цифровое

устройство

дуговой защиты

Базовая защита  
от дуговых замыканий



более  
**30 000**  
устройств в эксплуатации

Самая быстрая дуговая защита в мире

Запатентованная технология **Optoflex**

# функции устройства



непрерывный контроль целостности  
всех оптических каналов и ВОД



двойная взаимонезависимая  
внутренняя система самодиагностики



регистрация дугового замыкания в ячейке (отсек сборных шин,  
высоковольтного выключателя, ввода-вывода)



формирование выходных сигналов  
регистрации дугового замыкания



формирование сигнала «Запрет АПВ фидера» при отключении  
присоединения в результате выявления дугового замыкания  
в отсеке ввода-вывода фидера



формирование световой сигнализации на двери релейного отсека,  
а также ее сброс внешним ключом управления



защита от ложных срабатываний при освещении ВОД и ТЕКИЛА



сохранение работоспособности при появлении сажи  
и пыли на датчиках



контроль уровня напряжения оперативного питания



сигнализация неисправности во внешние цепи при нарушении цепей  
питания, повреждении волоконно-оптического тракта или в результате  
срабатывания системы самодиагностики

# ОПИСА- НИЕ

Устройство предназначено для защиты распределительных устройств КРУ, КРУН и КСО электрических станций и подстанций 0,4–35 кВ от замыканий, сопровождаемых открытой электрической дугой. Для реализации защиты одной ячейки КРУ 6–35 кВ в неё необходимо установить «Лайм» с тремя волоконно-оптическими датчиками, каждый из которых размещается в оптически изолированном отсеке.

Областью применения Лайм являются электрические станции и подстанции, объекты энергоснабжения газовой и нефтяной промышленности, промышленные предприятия, метрополитен и тяговые подстанции электрифицированных железных дорог.

Устройство легко интегрируется в систему защиты объекта энергетики и рассчитано на совместную работу со всеми представленными на рынке микропроцессорными терминалами релейной защиты, а также с защитой, выполненной на электромеханических реле.

Лайм является самым быстрым устройством в мире, фиксирующим короткое замыкание с открытой электрической дугой. Быстродействие Лайм, с учётом времени действия выходного реле, составляет всего 0,9 мс. Лайм срабатывает в самый начальный момент возникновения дуги. Так обеспечивается защита оборудования от разрушения, повреждения практически исключаются. Высокое быстродействие Лайм уменьшает риск травм оперативного и ремонтного персонала.

Время готовности устройства после подачи питания в среднем в три раза быстрее, чем у обычной дуговой защиты, и составляет **36–40 мс**.

Лайм – единственное изделие дуговой защиты с длительностью работы при отсутствии оперативного тока 3 с, при этом не предъявляющее высоких требований к качеству оперативного тока, что позволяет избежать затрат на дополнительные блоки питания.

**Двойная и взаимонезависимая внутренняя система самодиагностики** осуществляет непрерывный надзор за работой всех основных узлов системы (контроллер, память, уровень напряжения оперативного тока). Дополнительно осуществляется непрерывная диагностика целостности и исправности волоконно-оптических трактов и всех трёх оптических датчиков.

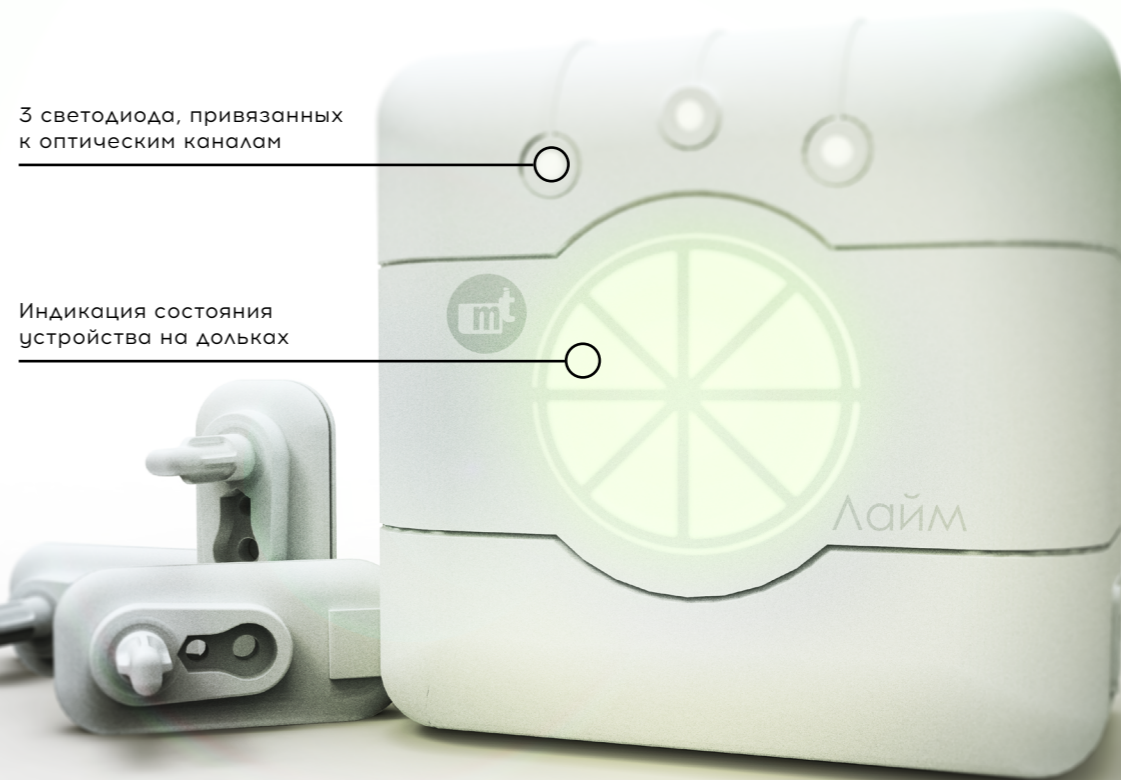
15

# УСТРОЙ- СТВА

100% СООТВЕТСТВИЕ

ТРЕБОВАНИЯМ ПУЭ  
МИНИМАЛЬНЫМИ  
ЗАТРАТАМИ

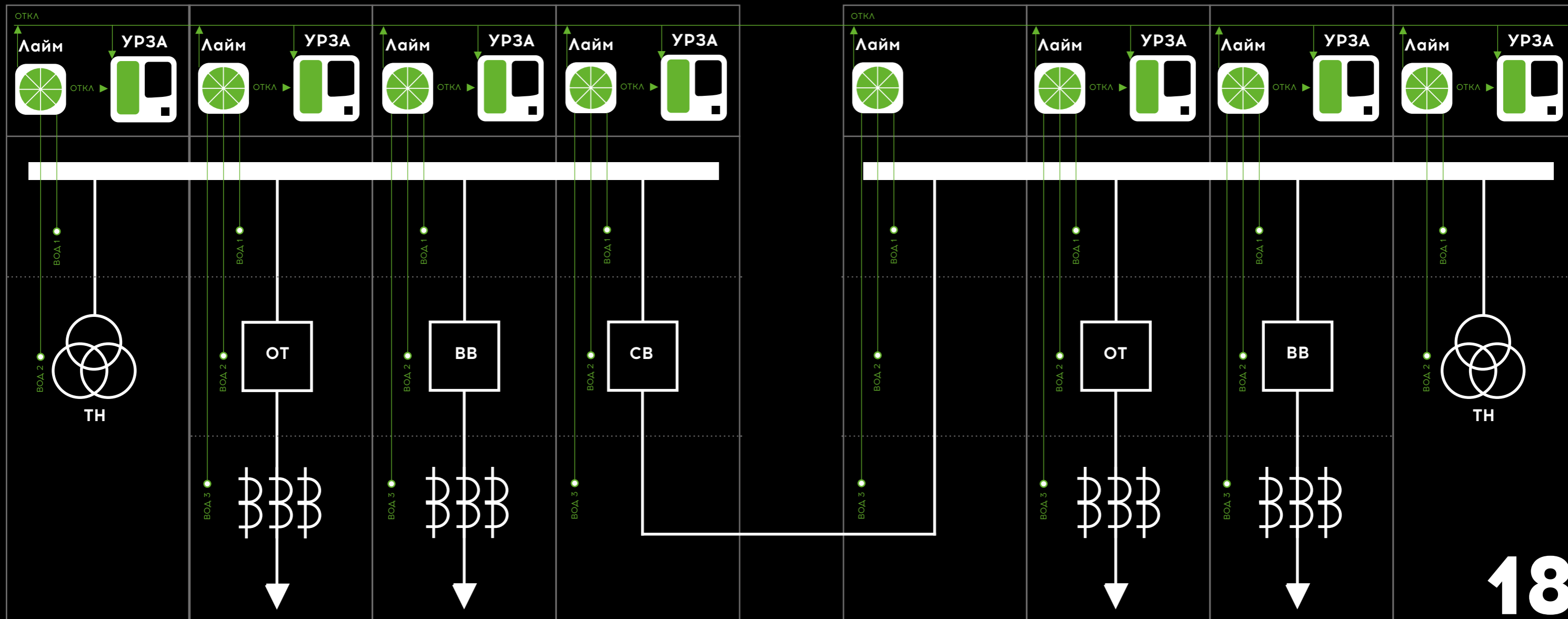
0,9  
БЫСТРОДЕЙСТВИЕ МС



3 светодиода, привязанных  
к оптическим каналам

Индикация состояния  
устройства на дольках

16





## Технические характеристики

### Быстродействие

Собственное время срабатывания Лайм от момента возникновения вспышки до момента замыкания выходного реле, мс, не более **0,9**

### Питание

Напряжение питания номинальное, В **220 (110)\***

Род тока **постоянный  
переменный,  
выпрямленный**

Устойчивость к перерывам питания, с, не менее **3**

### Дискретные выходы

Общее количество выходных электромеханических реле **6**

Количество выходных реле с размыкающим контактом **1**

Количество выходных твердотельных (оптоэлектронных) реле **5**

### Дискретный вход

Количество **1**

Номинальное напряжение переменного или постоянного тока, В **220 (110)\*\***

### Конструктивное исполнение

Габаритные размеры, мм, ШxВxГ **108x104x80**

Масса, кг, не более **0,5**

Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-2015, не ниже **IP40**

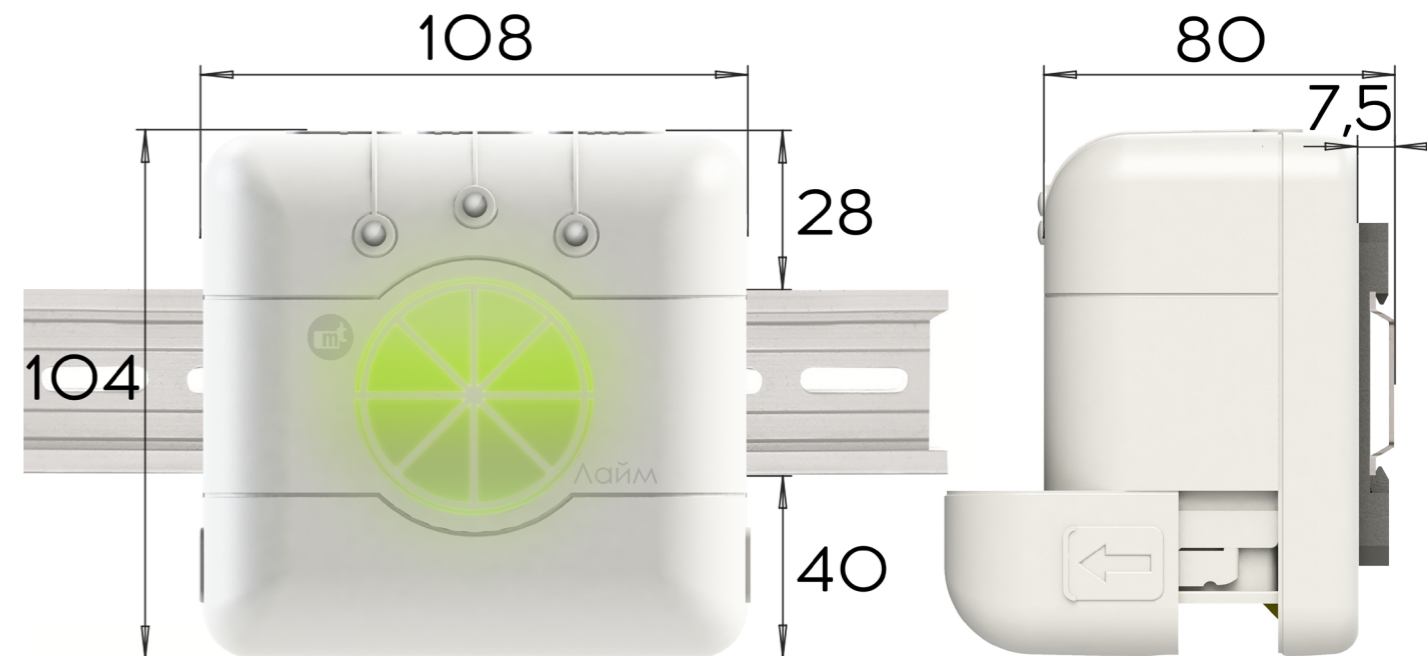
Дискретный вход является универсальным для подключения постоянного или переменного тока.

\* – предусмотрено исполнение МТ.ЛАЙМ.112 для работы в сетях с номинальным напряжением переменного или постоянного тока 110 В.

\*\* – в зависимости от исполнения.

**ГАРАНТИЙНОЕ  
ОБСЛУЖИВАНИЕ  
10 лет**

**Масса  
0,5 кг**



**крепление  
на рейку D-типа**

**Лайм не нуждается в дополнительной настройке на объекте и выезде представителей завода изготовителя.**

**22**

Цифровое

устройство

дуговой защиты

Оптимальная защита от дуговых замыканий  
Универсальное решение для любых применений

**Новейшая версия бестселлера среди  
регистраторов дуговых замыканий**

Сохранили лучшее и расширили функционал



# ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

С 2016 года в эксплуатации находится уже более 30 тысяч комплектов дуговой защиты Лайм, пришло время для обновления этого бестселлера. Мы запустили в серийное производство дуговую защиту – Лайм-2.0, в которой обобщён опыт эксплуатации классического Лайм. В нашей организации есть система фиксации пожеланий от служб эксплуатации. За годы мы накопили пару сотен идей, обобщили их и в 2025 году выпустили рестайлинг Лайм. Итак, смотрите, что у нас получилось.

## Особенности нового устройства защиты от дуговых замыканий

Теперь устройство стало конфигурируемым, причём без дополнительного оборудования – настройка выполняется при помощи DIP-переключателей. Пользователь может индивидуально для каждого оптического канала выбирать тип используемого датчика: точечный или петлевой. Кроме того, неиспользуемые оптические каналы могут быть выведены из работы. УРОВ также стал отключаемым, а ещё появилась возможность индивидуального назначения датчиков на четвёртое выходное реле.

Дискретные выходы получили расширенный диапазон коммутируемых токов – до 8 А за счёт перехода на электромеханические контакты. Контакты выдержат такое значение как на постоянном, так и на переменном токе.

Появилась кнопка «Сброс сигнализации». Сбросить сигнализацию теперь можно не только подачей напряжения на дискретный вход, но и при помощи кнопки.

Само устройство получило универсальное крепление на лицевую панель, DIN-рейку или на монтажную поверхность – выполняемое по усмотрению проектировщиков. Куда бы вы ни установили устройство, вы получите исчерпывающую информацию о состоянии датчика: обрыв и засветка теперь показываются по-разному.

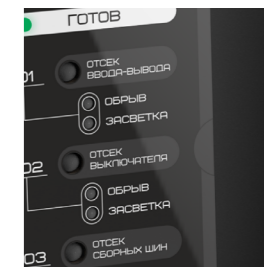
Датчики остались неизменной классикой – те же самые исполнения ВОД и ТЕКИЛА, но теперь возможно комбинированное использование точечных и петлевых датчиков, ранее доступное только в Лайм+.

Подробности оптимального применения вы можете запросить у нашей команды комплексного инжиниринга. Профессиональная команда окажет максимальную поддержку при определении оптимального решения, проектировании и вводе оборудования в работу.

**Алгоритм УРОВ**  
Может быть введен или выведен из работы



**Кнопка «Сброс сигнализации»**



**Съемный вкладыш** для удобной и быстрой маркировки датчиков (зон защиты)

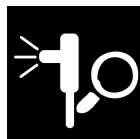


10 лет  
гарантийного  
обслуживания

25

26

# ФУНКЦИИ УСТРОЙСТВА



непрерывный контроль целостности оптоэлектронного тракта



двойная взаимонезависимая внутренняя система самодиагностики



регистрация дугового замыкания в ячейке (отсек сборных шин, высоковольтного выключателя, ввода-вывода)



формирование выходных сигналов регистрации дугового замыкания



защита от ложных срабатываний при освещении ВОД и ТЕКИЛА



сохранение работоспособности при появлении сажи и пыли на датчиках



контроль уровня напряжения оперативного питания



сигнализация неисправности во внешние цепи при нарушении цепей питания, повреждении волоконно-оптического тракта или в результате срабатывания системы самодиагностики

# УДОБСТВО В МЕЛОЧАХ



**Интуитивно понятная светодиодная индикация**, продублированная на задней части устройства

Светодиоды «обрыв» и «засветка» однозначно и четко показывают причины срабатывания непрерывной самодиагностики волоконно-оптических трактов

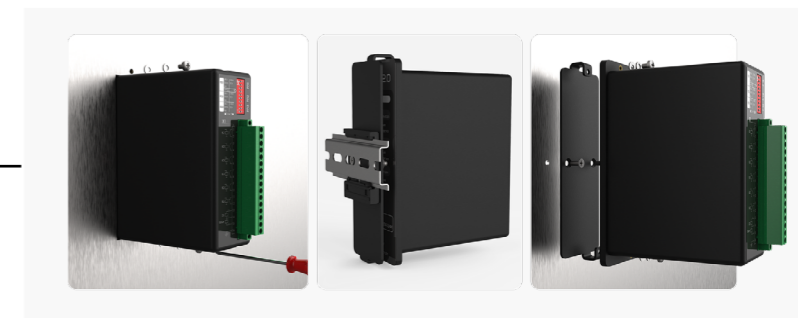


**Компактные DIP-переключатели:**

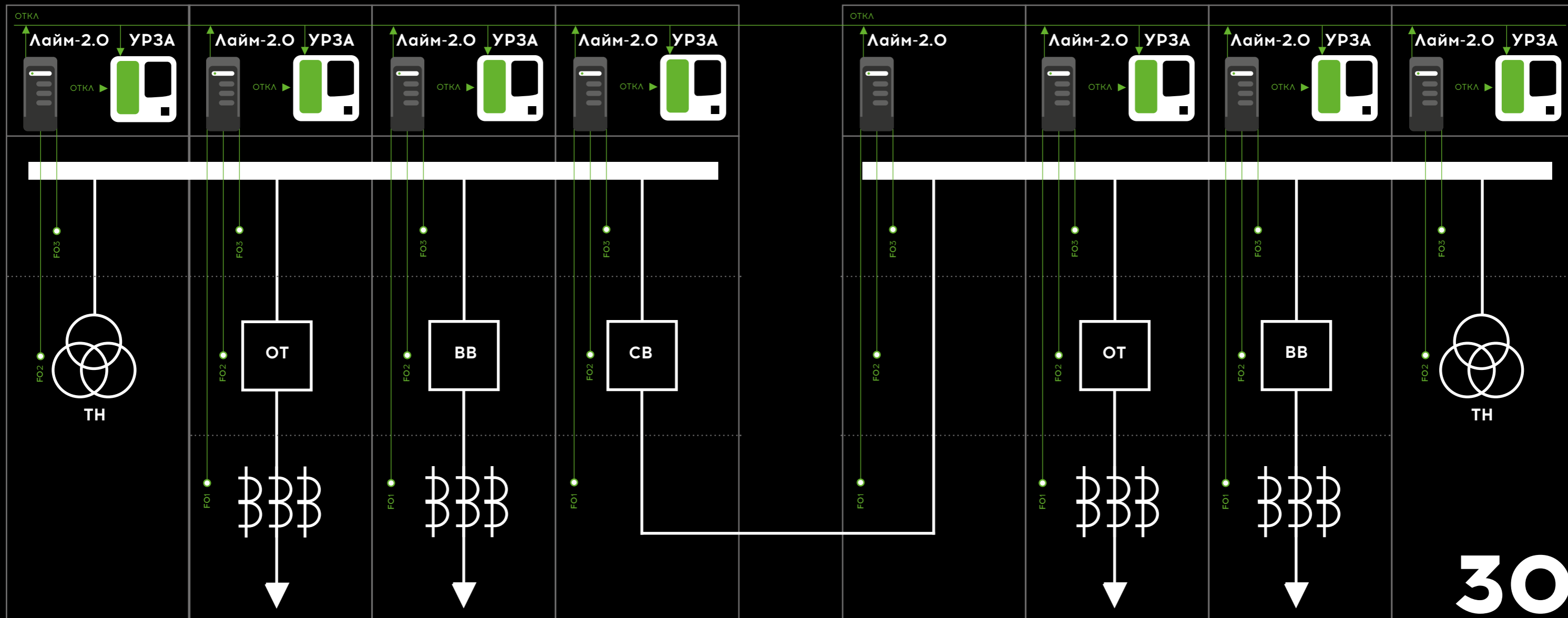
- ввод/вывод оптического канала
- выбор типа датчика (точечный или петлевой)
- действие каналов на дополнительное реле отключения
- ввод алгоритма УРОВ

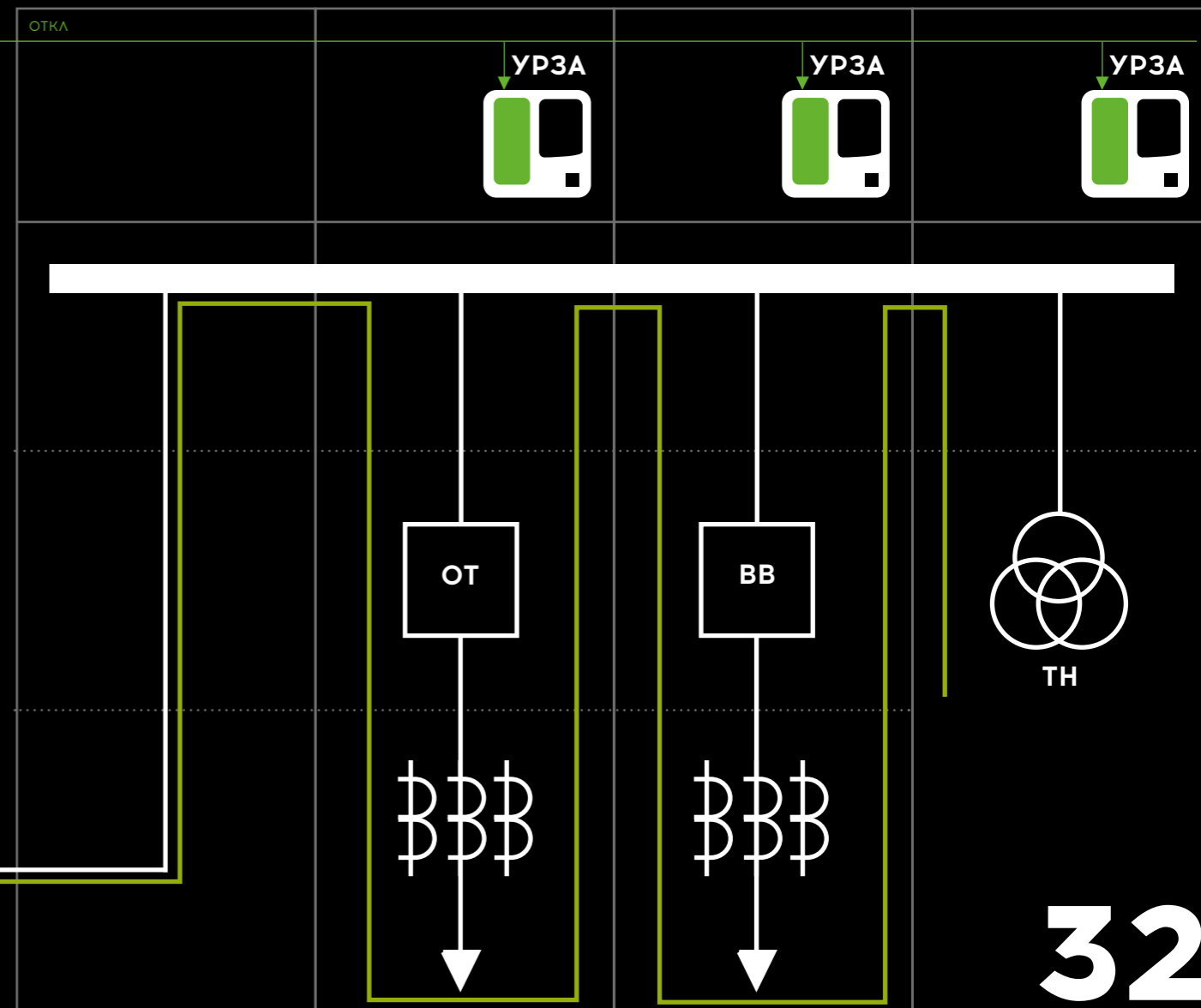
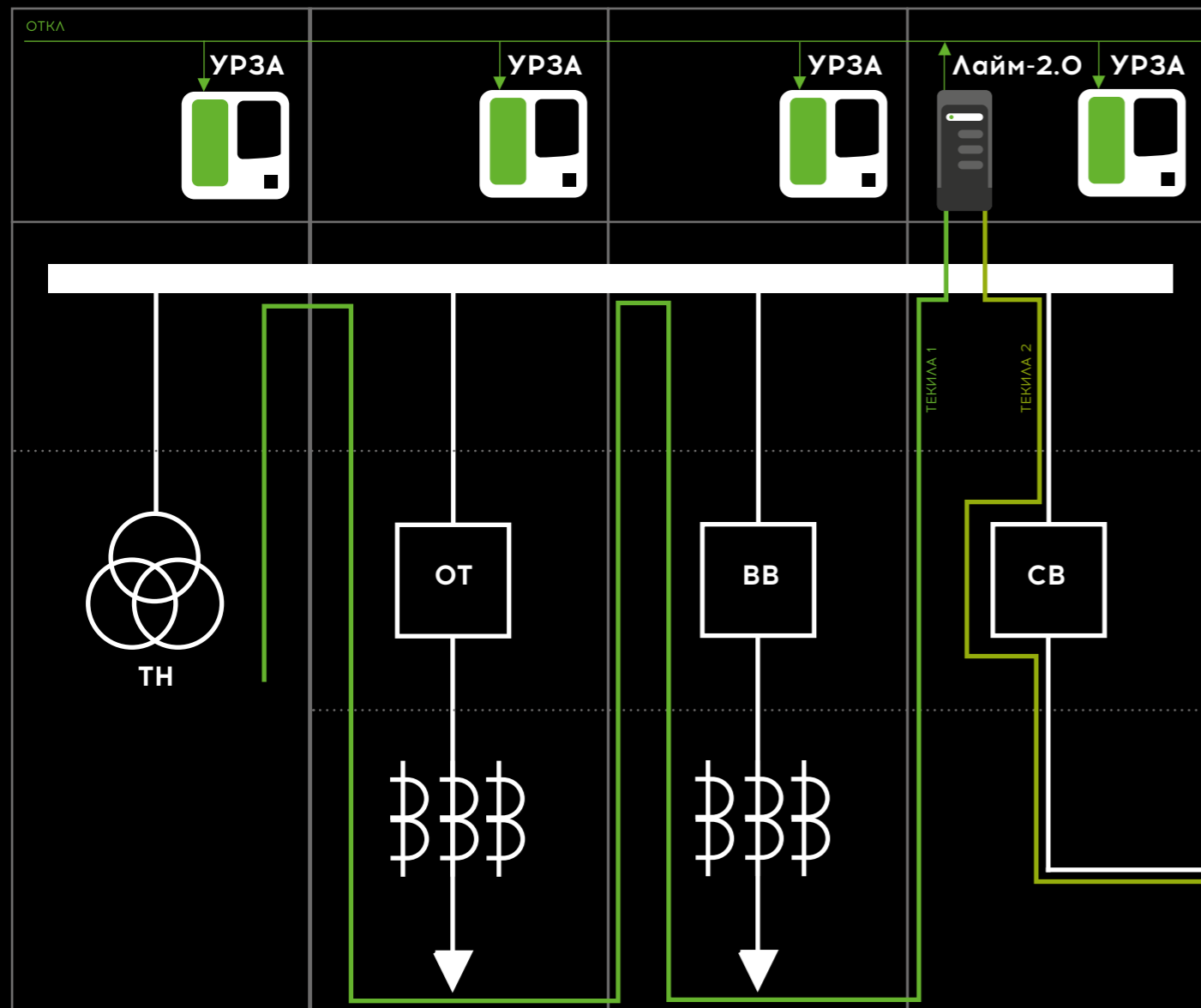


Комбинированное применение **точечных и петлевых датчиков**



**Удобная установка Лайм-2.0** на дверь. При необходимости Лайм-2.0 можно установить внутри релейного отсека, используя специальный кронштейн, опционально входящий в комплект поставки

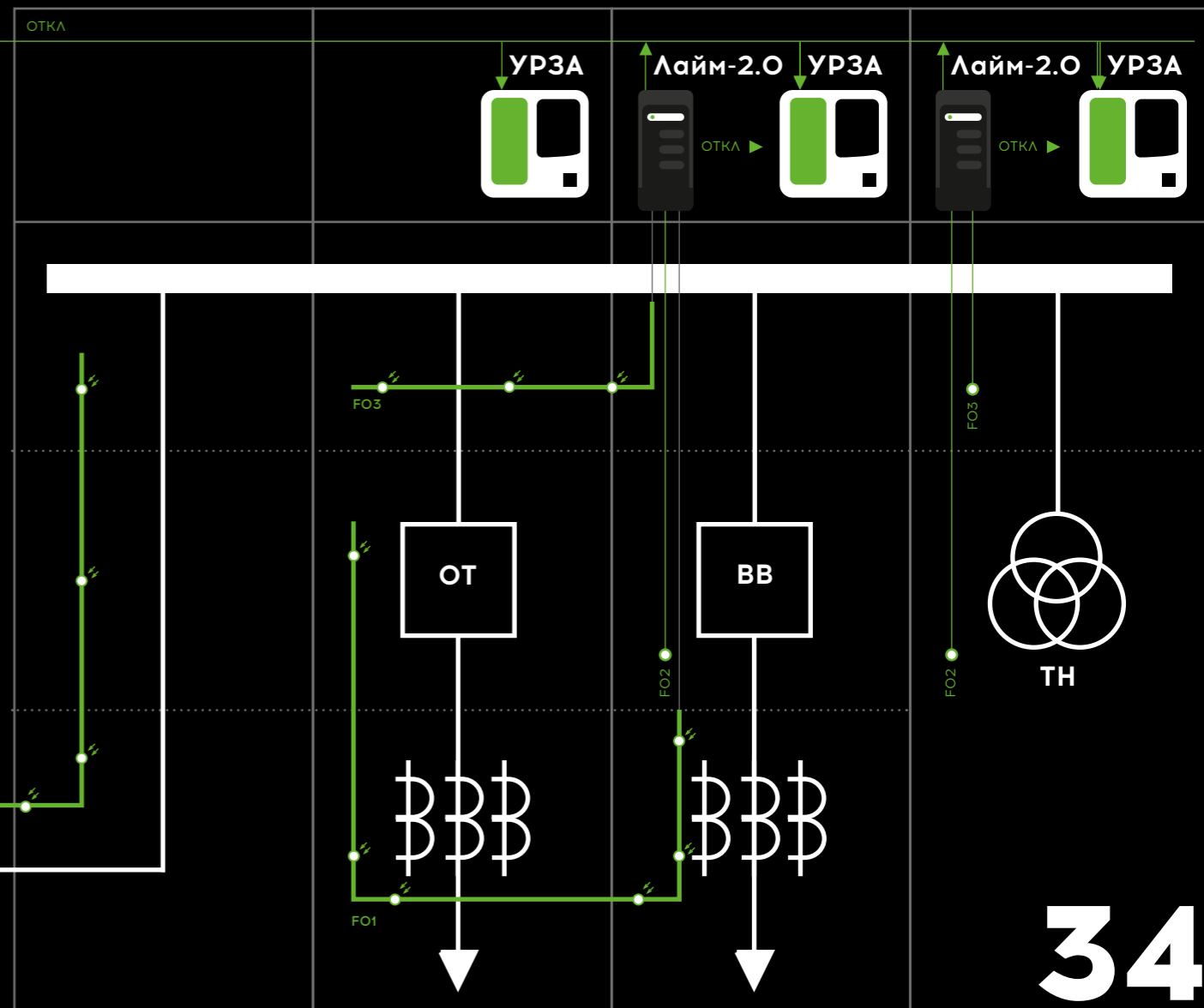
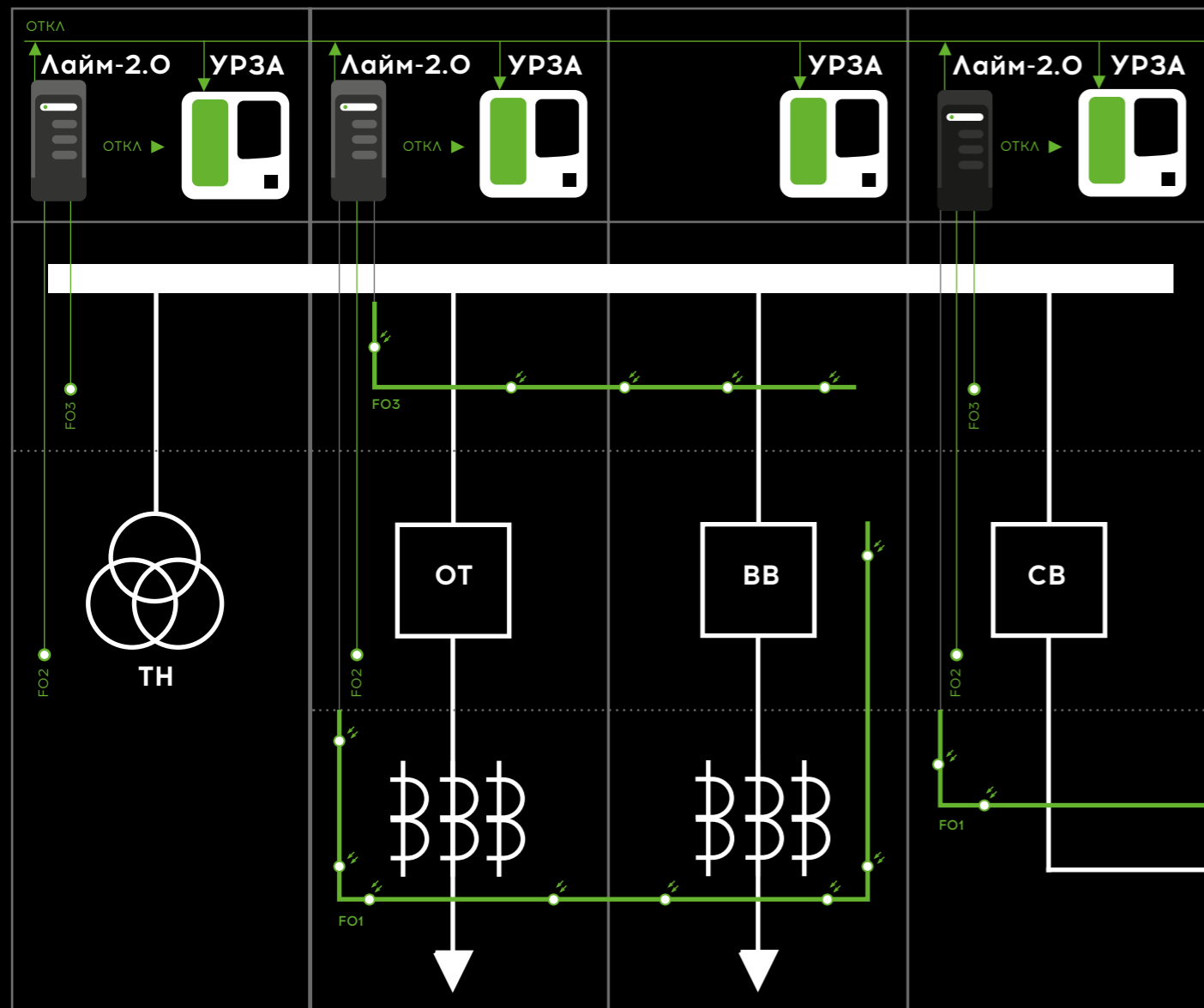




# ТИПОВОЕ

# РЕШЕНИЕ

# МИКС ДАТЧИКОВ



## Быстродействие

Типичное собственное время срабатывания, с учетом выходного реле, мс	7
--	---

## Питание

Напряжение питания номинальное, В	220
Род тока	постоянный переменный, выпрямленный

## Дискретный вход

Количество	1
Номинальное напряжение переменного или постоянного тока, В	220

## Дискретные выходы

Общее количество выходных реле	5НЗ+1НО
Тип реле	Электромеханическое реле

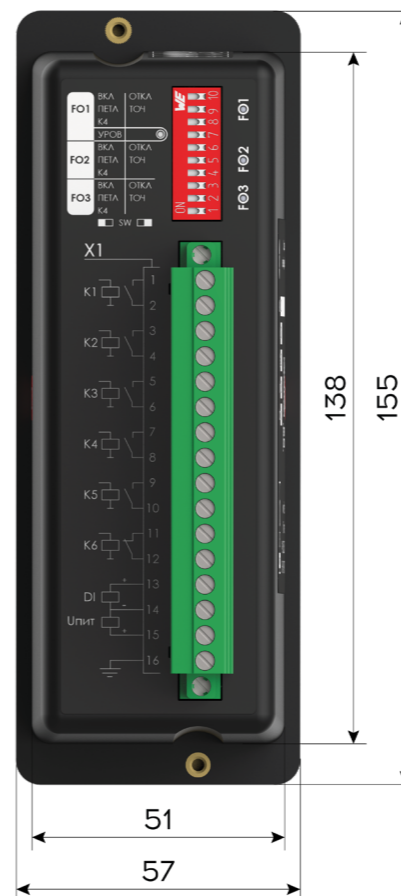
## Конструктивное исполнение

Габаритные размеры, мм, ШxВxГ	57x155x131
Масса, кг, не более	0,5
Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-2015, не ниже	IP40
Степень защиты лицевой панели по ГОСТ 14254-2015, не ниже	IP54

Дискретный вход является универсальным для подключения постоянного или переменного тока.

# 35

# Масса 0,5 кг



# 36

# БЛИК

Живая индикация мнемосхемы

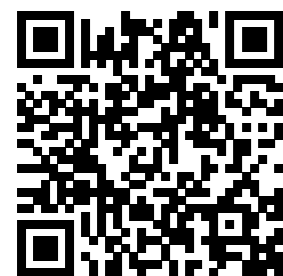
## Индикация КРУ и КСО

- + выключатель
- + выкатной элемент
- + разъединители
- + заземляющие ножи

+

Наглядная индикация обеспечивает правильные действия оперативного персонала

Простое решение, больше вам не нужно строить мнемосхему на ячейке из ламп и рисунков



САЙТ

подробную информацию можно изучить на сайте

# 37



# КОМПОНУЙТЕ С МОДУЛЕМ ИНДИКАЦИИ

БЛИК и ЛАЙМ-2.0 - гармония одного размера с продуманным дизайном



СОЗДАЕМ  
НАДЕЖНОЕ  
БУДУЩЕЕ



# 38

# 5 поколений дуговой защиты

Замыкания, сопровождающиеся открытой электрической дугой, вызывают значительные повреждения оборудования, приводят к длительным технологическим нарушениям и угрожают жизни персонала.

За последние 25 лет защиты от дуговых замыканий (ЗДЗ) постоянно совершенствовались и сегодня применяются в большом количестве. Современные технические решения направлены на минимизацию времени ликвидации горения дуги и обеспечение персонала объекта достоверными данными о месте ее возникновения.

Давайте проследим, как эволюционировали основные подходы к организации ЗДЗ в последние десятилетия.

## Первое поколение – клапанные датчики

Её принцип прост: при горении дуги очень много энергии выделяется в виде тепла, а нагретый воздух вызывает рост давления в отсеках ячеек комплектного распределительного устройства (КРУ), в котором предусматриваются клапаны сброса давления. К клапанам подключаются концевые выключатели, объединяемые в шинки и действующие на отключение питающих присоединений.

### Недостатки клапанной дуговой защиты:

- низкая чувствительность (ток > 3–5 кА)
- большое время срабатывания (Тздз > 40 мс)
- реакция защиты уже после того, как авария развилась до тяжёлых последствий

Указанные минусы обусловлены физическим принципом, лежащим в основе клапанной защиты, в которой энергия несколько раз переходит из одного вида в другой:

- горящая дуга резко нагревает воздух вокруг
- затем нагретый воздух совершает адиабатическое расширение, передающее механическое усилие клапанам, к которым подключены концевые выключатели
- срабатывание клапана
- срабатывание концевого выключателя, подающего напряжение на катушку отключения выключателя
- отключение выключателя, ликвидация горения дуги

В итоге полное время ликвидации горения дуги складывается из времени распространения ударной волны (порядка 3–15 мс/м), времени срабатывания клапана и концевого выключателя (40 мс), времени отключения выключателя (20–100 мс).

**Полное время ликвидации горения дуги с клапанной защитой составляет порядка 70–150 мс.**

МИХАИЛ  
Генеральный директор  
ПИРОГОВ

## Второе поколение – оптоэлектронные датчики

Учитывая недостатки пускового органа, реагирующего на давление, инженерная мысль осуществила переход к новому физическому признаку, однозначно идентифицирующему факт горения дуги – реакции на изменение освещённости в защищаемой зоне. Эволюция прошла от пускового органа, реагирующего на давление, к пусковому органу, реагирующему на свет. Да будет свет!

В то время, когда инженеры осознали преимущества использования света, наиболее доступными светочувствительными элементами были фототиристоры и фототранзисторы. Эти компоненты реагируют на свет электрической дуги, появляющийся при ионизации газа. Новый физический принцип позволил строить решения, не зависящие от времени распространения ударной волны, в сотни раз повысил чувствительность защиты к току дугового замыкания и расширил область применения ЗДЗ на ячейки типа КСО, шинные мосты.

**Быстродействие защит с оптоэлектронными датчиками складывается из времени:**

- срабатывания датчика (пренебрежимо мало)
- срабатывания внешнего устройства пуска по току (15–25 мс)
- времени работы промежуточного реле отключения выключателя (15–20 мс)
- времени отключения выключателя (20–100 мс)

**Итого, время ликвидации горения дуги, с учётом того, что пуск по току и срабатывание датчика выполняются параллельно, у защит второго поколения составляет 50–145 мс.**

## Третье поколение – волоконно-оптические регистраторы

**Творческий подход разработчиков при поиске новых принципов организации ЗДЗ дал свет ряду смелых технических идей:**

- улавливание изменения напряжённости электромагнитного поля объекта
- реакция на газ и др

Тем не менее более прагматичные технические решения нашли воплощение в устройствах ЗДЗ следующего поколения:

- распределённая защита с применением регистраторов дуговых замыканий ячеек (первым устройством такого типа был регистратор дугового замыкания типа ДУГА-О, разработанный Ячкулой Николаем Ивановичем)
- централизованная защита всех ячеек распределительного устройства одним регистратором (ОВОД-МД)

Общим принципом обоих направлений явились отказ от внешних фототиристорных и фототранзисторных элементов и использование волоконно-оптических датчиков, обеспечивающих передачу света от дугового замыкания в регистратор.

Произошла эволюция ЗДЗ. Место отдельных датчиков заняли регистраторы, обеспечивающие подключение всех датчиков защищаемой ячейки или распределительного устройства, обработку сигналов и формирование выходных воздействий. Такие защиты получили название волоконно-оптических.

**Волоконно-оптические защиты устранили недостатки фототиристорных и фототранзисторных защит:**

- решена проблема с электромагнитной совместимостью
- исключены ложные срабатывания из-за токов утечки при параллельном соединении фотоприёмников
- минимизировано количество отказов защиты за счёт самодиагностики оптического тракта и датчика

Кроме того, регистраторы позволили организовать сигнализацию повреждённого элемента, облегчающую поиск места возникновения дуги персоналом, выполняющим расследование и ликвидацию последствий замыкания.

**Быстродействие волоконно-оптических защит складывается из времени:**

- срабатывания регистратора (7–25 мс)
- срабатывания внешнего устройства пуска по току (15–25 мс)
- времени работы промежуточного реле отключения выключателя (15–20 мс)
- времени отключения выключателя (20–100 мс)

**Итого, время ликвидации горения дуги, с учётом того, что пуск по току и срабатывание регистратора выполняются параллельно, у защит третьего поколения составляет 50–145 мс.**

## Четвертое поколение – распределенно-централизованная ЗДЗ

Применение распределённых регистраторов дуговой защиты на объектах генерации и в сложных конфигурациях первичных схем вызвало существенное усложнение схем вторичной коммутации.

Логичным выходом из сложившейся ситуации стало появление контроллеров (блоков), собирающих информацию с регистраторов ячеек, реализующих логику работы ЗДЗ объекта и обеспечивающих формирование команд селективного отключения присоединений. Дополнительно такие контроллеры осуществляют независимый от устройств РЗА пуск по току, подробное журналирование и сигнализацию, осциллографирование.

Сформировалось новое поколение распределённо-централизованной ЗДЗ.

**Быстродействие таких систем складывается из времени:**

- срабатывания оптического регистратора ячейки КРУ или КСО, замыкания его выходного реле (7–25 мс)
- срабатывания дискретного входа центрального блока ЗДЗ (15–30 мс)
- срабатывания пуска по току блока ЗДЗ (15–25 мс, параллельно приему сигнала от регистратора)
- работы логики центрального блока ЗДЗ (5–10 мс)
- замыкания выходного реле центрального блока ЗДЗ (7–10 мс)
- срабатывания промежуточного реле отключения выключателя (15–20 мс)
- отключения выключателя (20–100 мс)

**Итого, в решениях с дополнительным центральным контроллером время ликвидации горения электрической дуги составляет 69–195 мс, что сопоставимо по быстродействию с обычной логической защитой шин и клапанной защитой.**

## Пятое поколение – распределенно-независимая ЗДЗ

Обобщая большой объём обратной связи от служб эксплуатации РЗА о том, какой должна быть дуговая защита следующего поколения, инженеры компании НПП «Микропроцессорные технологии» сформировали тезисы:

– защита должна обеспечить выявление дуги, обработку логики, пуск по току и подачу напряжения на электромагнит отключения выключателя за время менее 1 миллисекунды. Иными словами, её быстродействие должно быть настолько высоким, чтобы при оценке потенциального ущерба и проектировании решений в расчёт принималось только собственное время отключения выключателя

– защита должна исключать недостатки, выявленные при эксплуатации решений предыдущих поколений

– необходимо обеспечить высокую наблюдаемость и интеграцию в современные системы мониторинга и АСУ

– обеспечить простоту применения на объектах со сложной первичной схемой и на объектах генерации, адаптивность

– стоимость нового решения должна быть сопоставима с наиболее распространёнными в настоящий момент регистраторами третьего поколения

Спустя год работы мы создали устройство **Лайм+** и добились невероятного быстродействия.

**Лайм+** – это первое полноценное цифровое устройство защиты от дуговых замыканий, устанавливаемое в каждую защищаемую ячейку КРУ или КСО. Устройство содержит в себе преимущества устройств третьего и четвёртого поколений, при этом лишено их недостатков.

**Лайм+** обеспечивает и имеет на борту:

– измерение фазных токов и тока нулевой последовательности, благодаря чему повышается быстродействие, надёжность и независимость системы ЗДЗ от РЗА

– мощное твердотельное быстродействующее реле прямого действия на электромагнит выключателя, обеспечивающее коммутацию токов до 15 А и исключающее потерю времени на промежуточном реле отключения

– мощнейший двухъядерный микроконтроллер STM32H7x5, обеспечивающий возможность принять решение об отключении 10 раз за одну миллисекунду, что в 20 раз быстрее, чем цифровые терминалы РЗА

– осциллографирование аварийных процессов и журналирование, обеспечивающие полную прозрачность в расследовании аварий по сравнению с обычными регистраторами;

– гибкая логика для реализации эксклюзивных задач и конкуренции продукта на международной арене

– два порта связи RS-485, работающих параллельно и с независимыми настройками, поддерживающие как протокол Modbus-RTU, так и IEC 60870-5-101

Отдельной задачей, настоящим вызовом, который успешно решён инженерами компании НПП «Микропроцессорные технологии», является отказ от традиционной, медленной цифровой обработки сигналов токов на основе преобразования Фурье в пользу значительно более быстрых алгоритмов. Преобразование Фурье даёт стабильную работу в терминалах релейной защиты, но его минусом является получение достоверного действующего значения сигнала за время **20 мс**, равное периоду промышленной частоты. Для дуговой защиты это очень медленно.

На этапе патентования находится новый принцип реализации быстрого токового пускового органа, разработанный инженерами нашей компании. Принцип действия пускового органа основан на оценке скорости приращения мгновенных значений измеряемых токов и заслуживает рассмотрения в отдельной статье. Дополнительно к данному пусковому органу, конечно, задействован классический пуск по току.

Лабораторные испытания с реакцией на настоящую электрическую дугу подтвердили быстродействие Лайм+ на уровне **0,6 мс** (фиксация вспышки света, пуск по току, логика ЗДЗ, срабатывание выходного реле).

Несмотря на стабильное, многократное подтверждение быстродействия **0,6 мс**, мы решили оставить небольшой запас и указать полное время срабатывания решения – **0,8 мс**.

Время **0,8 мс** включает в себя, с учётом необходимых повторений для обеспечения достоверного результата:

– выявление вспышки света

– выявление увеличения тока при замыкании

– обработку логической схемы

– срабатывание мощного выходного реле прямого действия на электромагнит отключения выключателя

Подобный подход – эволюция простых регистраторов дуговых замыканий в сторону создания функциональных и одновременно распределённых регистраторов – сегодня наблюдается и среди западных производителей. Например, ARC Guard System TVOC-2 или AQ-110. Пуск по току в таких устройствах совмещается с регистратором дуговых замыканий, а также на борту устанавливаются мощное твердотельное быстродействующее реле, цифровой осциллограф, коммуникационные интерфейсы.

**Лайм+** дополнен волоконно-оптическим петлевым датчиком **ТЕКИЛА**, позволяющим защищать несколько отсеков/ячеек одним регистратором (например, ячейку вводного выключателя и соседнюю ячейку с трансформатором напряжения). Комбинация Лайм+ – **ТЕКИЛА** позволяет в ряде первичных схем сократить число применяемых регистраторов и обеспечить стоимость решения на уровне обычных регистраторов третьего поколения.

**Лайм+ – ТЕКИЛА – удачный выбор!**

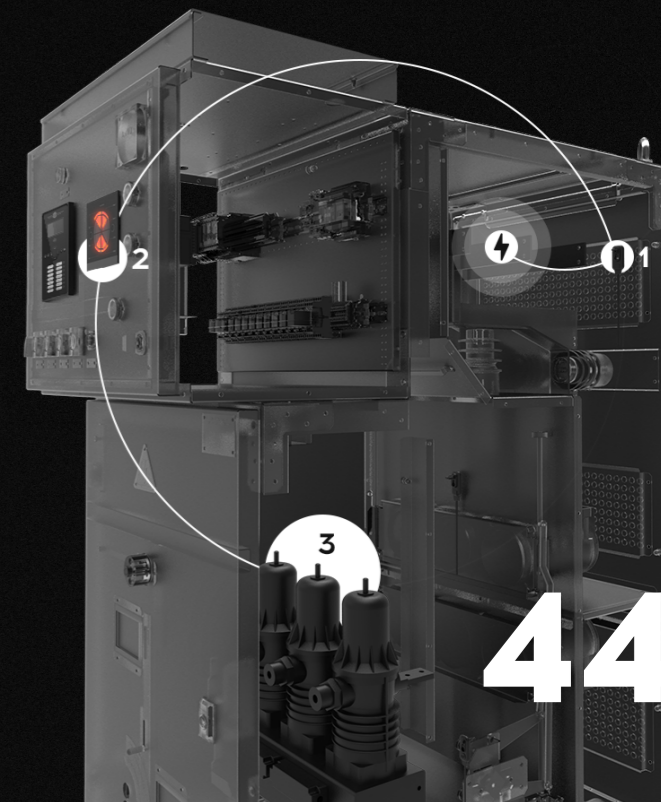
Для повсеместного применения важны не только выдающиеся технические характеристики, но и доступная рыночная стоимость. Инженерам нашей компании удалось этого добиться. Стоит отметить, что именно это оказалось самой сложной задачей в ходе реализации проекта.

Вложив много личных усилий в создание **Лайм+**, авторы статьи мечтают о том, что разработанный подход оправдает себя в широком применении в ближайшие годы, инициирует дальнейшую эволюцию существующих решений и вдохновит инженеров других компаний.

## Только с Лайм+

Прямое действие на выключатель

50 – 100 мс		Отключение <b>масляного</b> выключателя
20 – 40 мс		Отключение <b>вакуумного</b> выключателя
< 1 мс	Лайм + объединяет все этапы	Срабатывание встроенного мощного быстродействующего реле
		Пуск по току
		Обнаружение вспышки



Цифровое

устройство

дуговой защиты

Продвинутая защита  
от дугowych замыканий

Встроенный пуск по току

**Дуговая защита пятого поколения**



# ОПИСА- НИЕ

Существующие в настоящий момент на отечественном рынке аналоги предыдущего поколения представляют собой регистраторы вспышки света, сопровождающей появление открытой электрической дуги. В традиционных схемах защиты от дуговых замыканий с применением подобных регистраторов дополнительно требуется использование внешнего устройства, регистрирующего увеличение тока короткого замыкания и разрешающего работу защиты. Исполнительным органом защиты являются промежуточные реле, являющиеся третьим составным элементом схемы.

**Лайм+ объединяет в себе все три составляющие традиционной схемы защиты. Благодаря чему дуговая защита получила следующие уникальные особенности:**

- независимость от внешних устройств пуска по току и промежуточных реле, что значительно повышает надёжность системы
- полное быстродействие дуговой защиты составляет менее 1 мс, что как минимум в 20 раз превосходит существующие аналоги

Лайм+ построен на основе двухъядерного чипа STM32H7x5, производительность которого позволила организовать работу основных функций с длительностью программного цикла 100 мкс (в 100 раз быстрее типичных устройств релейной защиты и автоматики).

К уникальным возможностям устройства следует добавить встроенную функцию цифрового осциллографа (Comtrade, IEC 60255-24 Edition 2.0, 2013-04) и возможность задания дополнительной гибкой логики функционирования.

Для удобства обслуживания в устройстве предусмотрен интерфейс Bluetooth с возможностью беспроводного мониторинга состояния с помощью ПК или мобильного устройства на базе OS Android.

Функциональные возможности принципиально отличают Лайм+ от других подобных устройств, тем самым формируя новое, пятое поколение дуговой защиты.

# УСТРОЙ- СТВА

# 47

## Пуск по току

Не зависит от РЗА

## Прямое действие на выключатель

Мощное твердотельное реле

# 0

## БЫСТРОДЕЙСТВИЕ

# 8

## МС

с учетом времени  
выходного реле



## Гибкая логика

Адаптивность использования

# 48

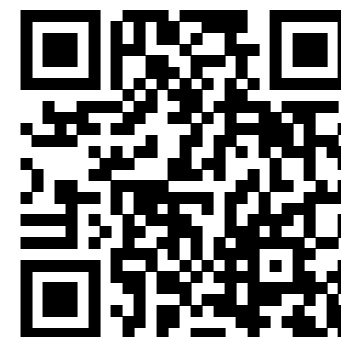
# Функции устройства

- регистрация дугового замыкания в отсеках ячейки по факту срабатывания датчиков дуговых замыканий – основной признак пуска защиты от дуговых замыканий (ANSI AFD)
- контроль фазных токов (ANSI 50/51) и тока нулевой последовательности (ANSI 50N/51N) – дополнительный признак пуска защиты от дуговых замыканий
- формирование сигнала отключения выключателя ячейки, в которой установлено устройство, в случае одновременного срабатывания датчика и встроенного пуска по току или внешнего пуска от защит
- функция УРОВ (ANSI 50BF) с действием на отключение вышестоящих выключателей при отказе выключателя защищаемого присоединения
- непрерывный контроль целостности каналов подключения и датчиков дуговых замыканий
- формирование выходных сигналов регистрации дугового замыкания с делением на две зоны защиты, обеспечивающих селективное отключение повреждённого элемента
- формирование световой сигнализации на устройстве и двери релейного отсека, а также её сброс внешним ключом управления / кнопкой на лицевой панели устройства
- осциллографирование аварийных процессов в формате Comtrade в энергонезависимую память
- защита от ложных срабатываний при освещении датчиков источником света со световым потоком, эквивалентным лампе накаливания мощностью 60 Вт с расстояния 45 см и более
- сохранение работоспособности при появлении сажи и пыли на объективе ВОД
- контроль уровня напряжения оперативного питания
- двойной независимый контроль работы внутреннего микроконтроллера с помощью отдельного независимого узла электронной схемы
- сигнализация неисправности во внешние цепи при нарушении цепей питания, повреждении датчиков дуговых замыканий или в результате срабатывания системы самодиагностики устройства
- обмен информацией с АРМ и АСУ по интерфейсам RS-485 и протоколам Modbus и/или IEC 60870-5-101

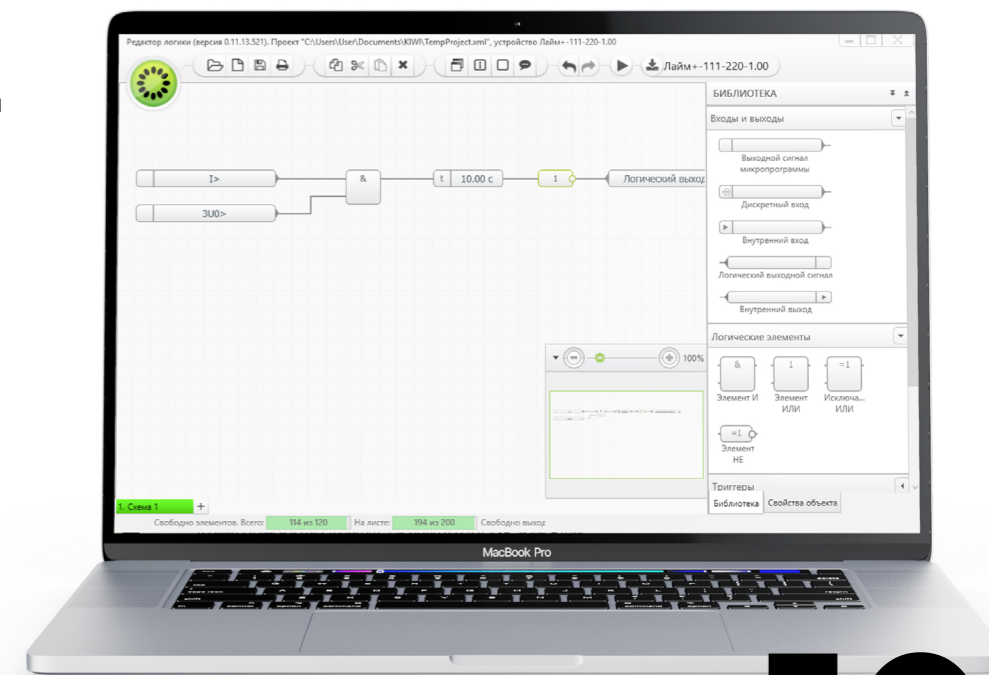
# Настройка и мониторинг

Настройка устройства осуществляется с помощью программного обеспечения KIWI. ПО KIWI обладает следующей функциональностью:

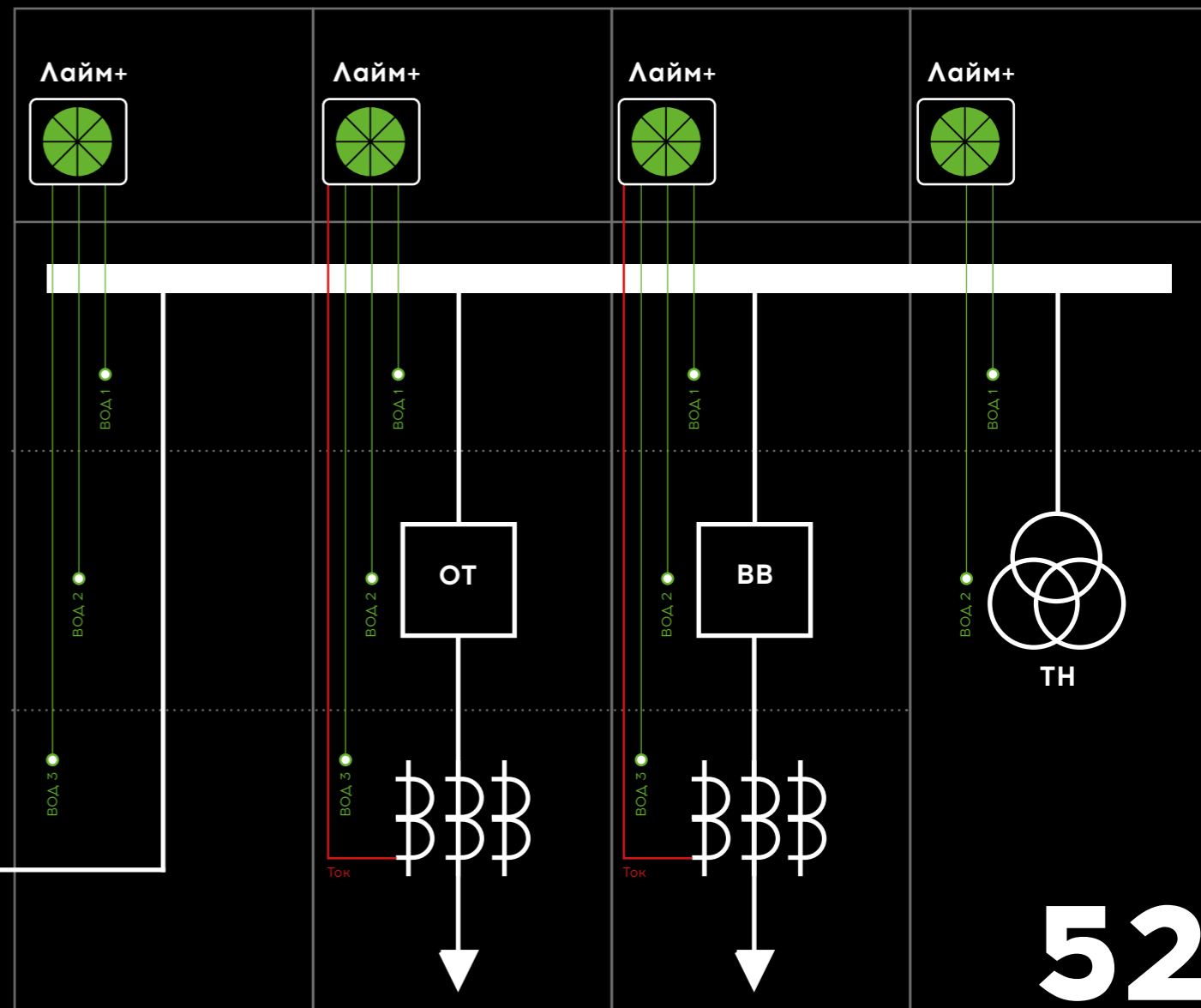
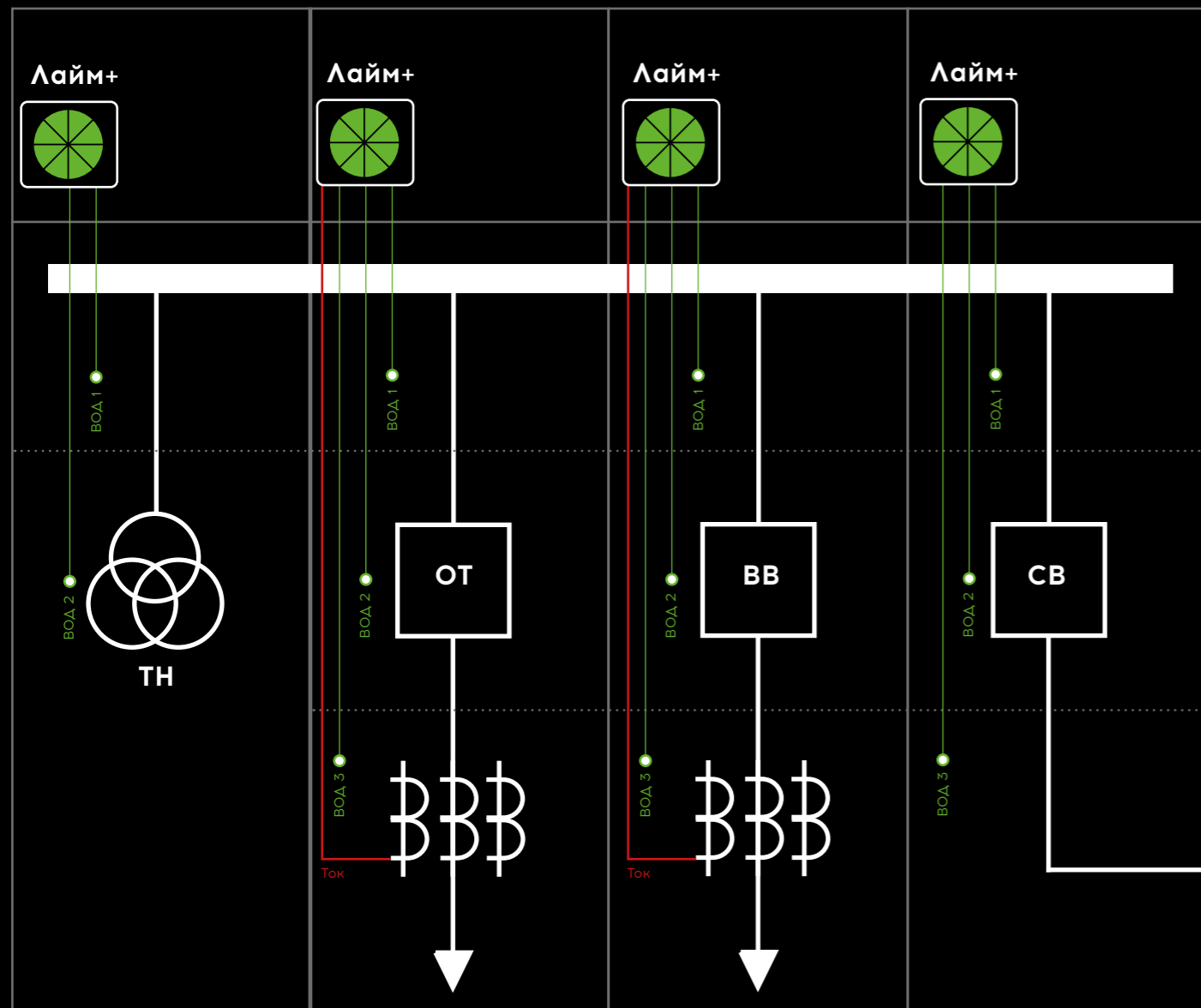
- ввод уставок
- назначение дискретных входов и выходных реле
- создание гибкой логики
- просмотр текущего состояния устройства: состояния входов и выходов, текущие значения аналоговых параметров
- просмотр журналов, скачивание осциллограмм
- обновление микропрограммы устройства

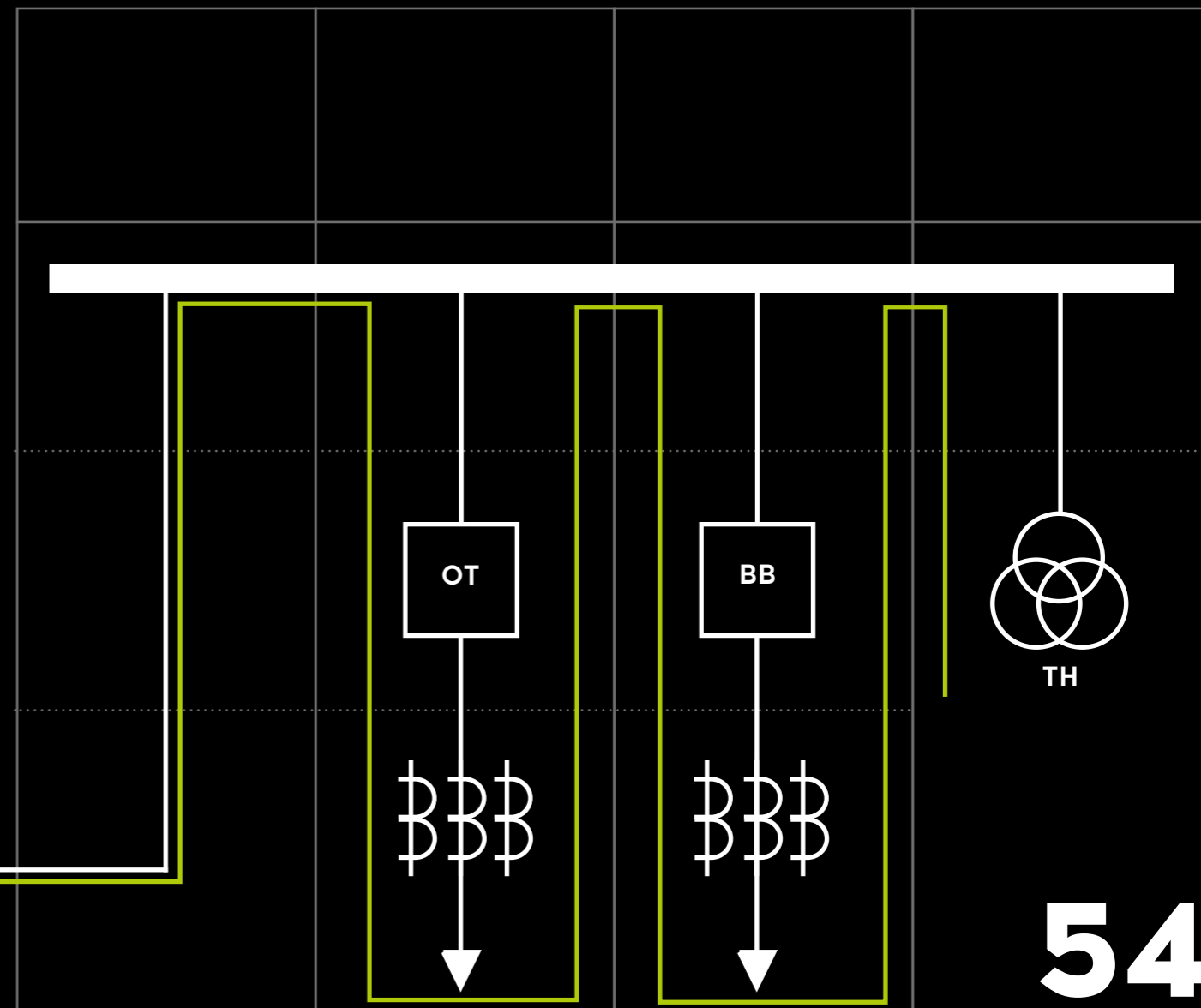
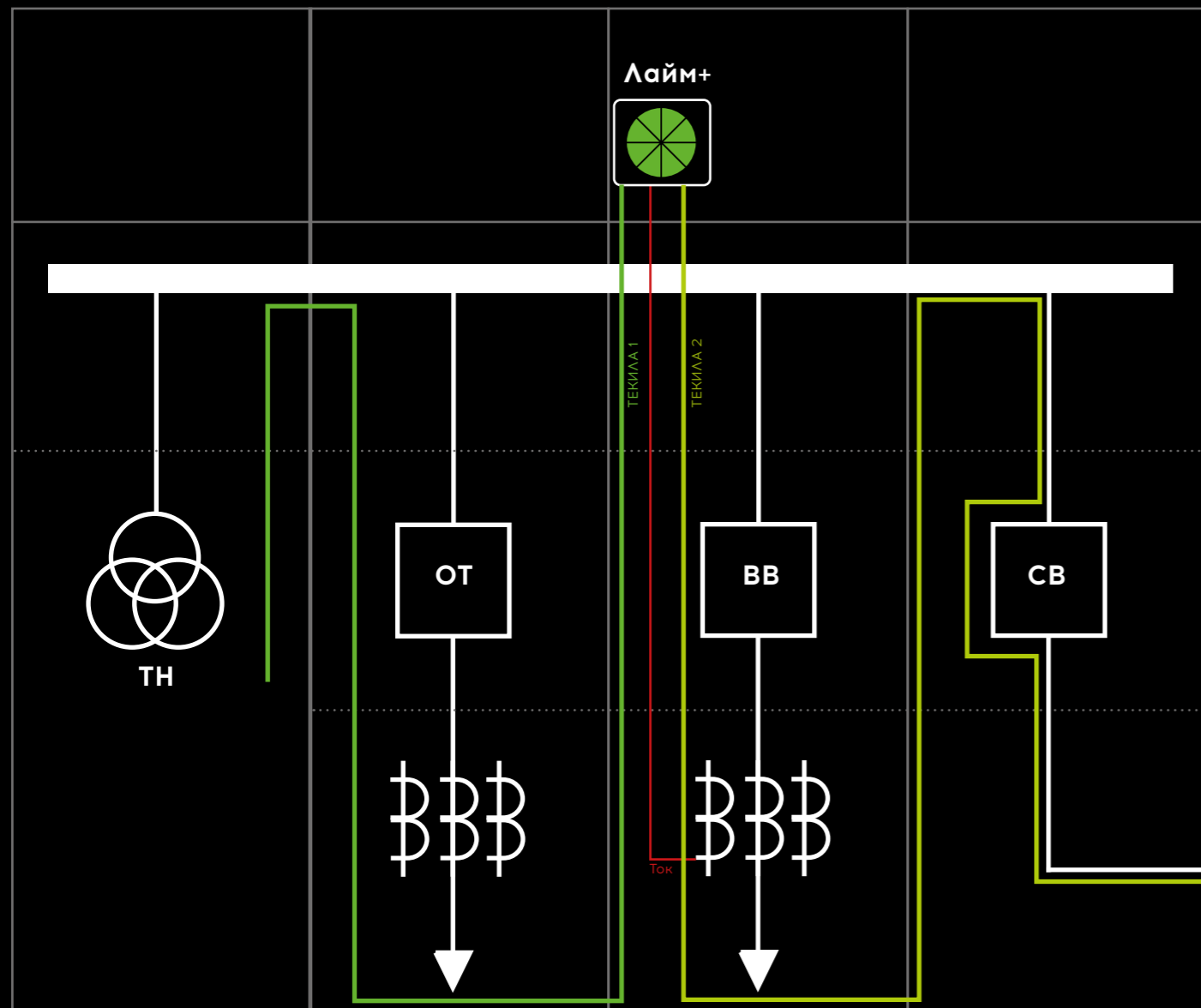


Скачать KIWI по QR  
или по ссылке <http://i-mt.net/kiwi>



# 50





## Технические характеристики

### Быстродействие

Полное время срабатывания устройства (только свет) с учетом времени действия твердотельных реле К1-К4, мс, не более	0,8
Полное время срабатывания устройства (с пуском по току) с учетом времени действия силового реле К5, мс, не более	0,8*

\* – при введении установки ускоренного пуска по току В35 и вторичном токе не менее 10 А

### Питание

Номинальное напряжение оперативного тока, В	220
Род тока	постоянный переменный, выпрямленный
Устойчивость к перерывам питания, с, не менее	3

### Устройство не срабатывает ложно и не повреждается:

- при снятии и подаче оперативного питания, а также при перерывах питания любой длительности с последующим восстановлением
- при подаче напряжения постоянного или выпрямленного тока обратной полярности
- при замыкании на землю цепей оперативного питания

Устройство обеспечивает хранение программной настройки, информации журналов и осциллограмм в течение всего срока службы.



## Технические характеристики

### Аналоговые входы

Номинальная частота переменного тока, Гц	50 / 60
Количество входов по току, шт	3
Диапазон измерения фазных токов, А, во вторичных величинах*	0,1–120
Диапазон измерения тока нулевой последовательности в сетях с малым током замыкания на землю, А, во вторичных величинах	0,01–3
Приведённая погрешность измерения, %	±2

\* – Ia, Ib, Ic или Ia, Ic, 3IO – программный выбор

### Дискретные входы

Количество	5
Род оперативного тока	переменный, постоянный, выпрямленный
Номинальное напряжение, В	220

### Дискретные выходы

Общее количество выходных реле, шт	8
Количество электромеханических реле, шт	3
Количество твердотельных реле, шт	4
Количество силовых твердотельных реле, шт	1

### Интерфейсы связи

Связь с персональным компьютером	USB-B, протокол внутренний
Связь со смартфоном / планшетом / ноутбуком	Bluetooth 4.2
Связь с персональным компьютером, АСУ, АРМ	RS-485 - 2 шт Протоколы: Modbus-RTU, IEC 60870-5-101



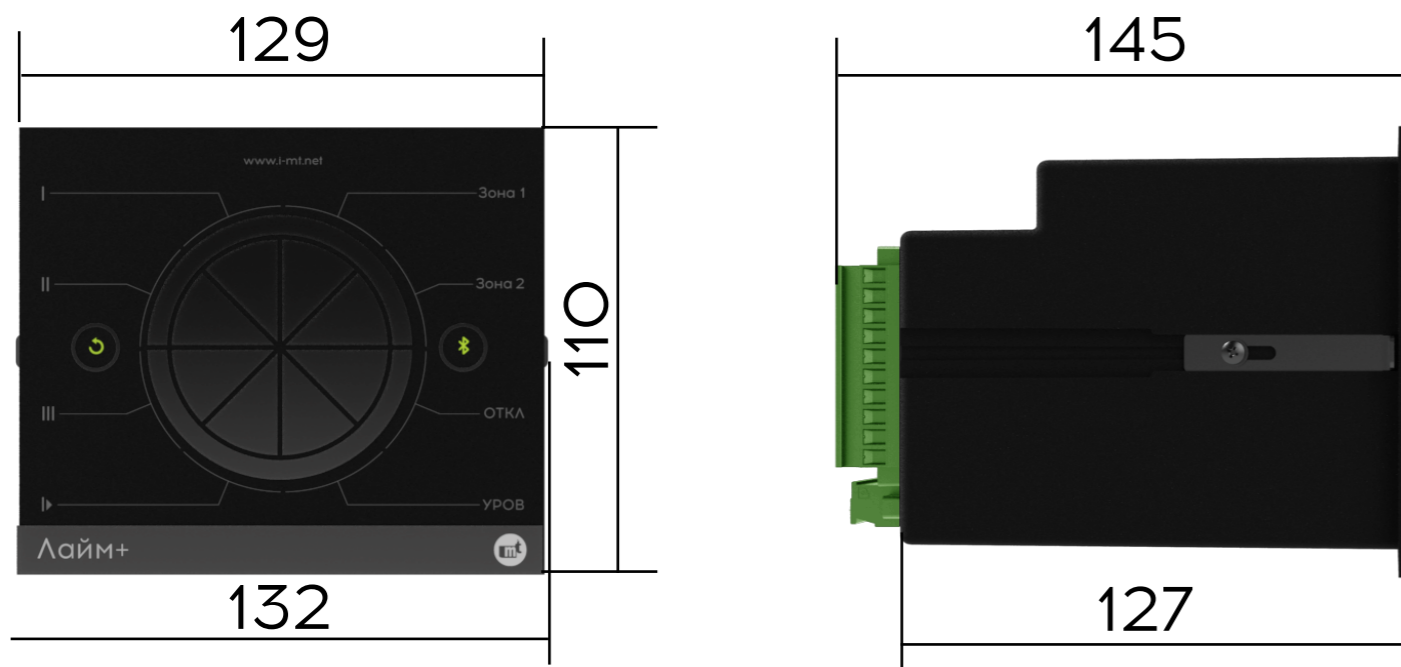
### На задней панели устройства расположены:

- разъемная клеммная колодка X1, обеспечивающая подключение цепей питания и интерфейсов RS-485 сечением проводника до 2,5 мм<sup>2</sup>
- разъемная клеммная колодка X2, обеспечивающая подключение внешних цепей дискретных входов сечением проводника до 2,5 мм<sup>2</sup>
- разъемная клеммная колодка X3, обеспечивающая подключение внешних цепей дискретных выходов сечением проводника до 2,5 мм<sup>2</sup>
- оптические разъемы для подключения датчиков типа ВОД и ТЕКИЛА
- три токовых входа, представляющих собой тороидальные трансформаторы тока, вынесенные за пределы корпуса прибора и обеспечивающие подключение внешних цепей с диаметром проводника (наконечника) до 9 мм

## Конструктивное исполнение

Габаритные размеры, мм, ШхВхГ	132x110x145
Масса, кг, не более	0,8
Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-2015, не ниже	IP40
Степень защиты лицевой панели по ГОСТ 14254-2015, не ниже	IP64

Устройство выполнено в виде моноблока с лицевой панелью.  
Крепление блока может быть осуществлено в вырез на любой поверхности с помощью специальных прижимов. Рекомендуется установка на двери ячейки КРУ.



масса  
**0,8** кг

ГАРАНТИЙНОЕ  
ОБСЛУЖИВАНИЕ  
**10** лет

## ОСЦИЛЛОГРАФИРОВАНИЕ

- Запись осциллограмм в формате Comtrade, IEC 60255-24 Edition 2.0 2013-04
- Настраиваемая длительность до 5 с. Предыстория 0,1 с
- Суммарная длительность всех осциллограмм в памяти – 210 с



СОЗДАЕМ  
НАДЕЖНОЕ  
БУДУЩЕЕ

**60**

# КОМПЛЕКСНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

Наша организация выполняет полный комплекс работ на условиях «ПОД КЛЮЧ»

**Проектирование** – современные инженеринговые решения

**Поставка** – точно в срок

**Монтаж** – профессионально, быстро, четко

**Наладка** – высококвалифицированные, аттестованные специалисты

**Обучение** – нам важно, чтобы вы были спокойны, довольны и счастливы

**Сервис** – решение любой проблемы по звонку

Микропроцессорные технологии – это душевное спокойствие и работа на результат

более

# 200

реализованных проектов

## Что мы предлагаем?

### Проектирование

- Предпроектное обследование (выезд специалиста для сбора исходных данных)
- Определение состава и размещение оборудования
- Составление дефектной ведомости (при необходимости)
- Разработка общих технических решений
- Разработка документации стадии «П»
- Разработка документации стадии «Р»

### Департамент комплексного инженеринга

#### Наши задачи:

- свести к минимуму возможные недоработки и ошибки в процессе строительства будущего объекта
- сократить сроки проведения всех видов работ и соблюсти сроки ввода объекта в эксплуатацию
- составить необходимый пакет документов для проведения экспертизы и сдачи строительного объекта сотрудникам технадзора
- сократить общие строительные расходы с учётом оптимизации рабочих процессов и сокращения расходов на используемые материалы
- согласование технических решений с представителями РДУ

СОЗДАЕМ  
НАДЕЖНОЕ  
БУДУЩЕЕ



## Поставка оборудования

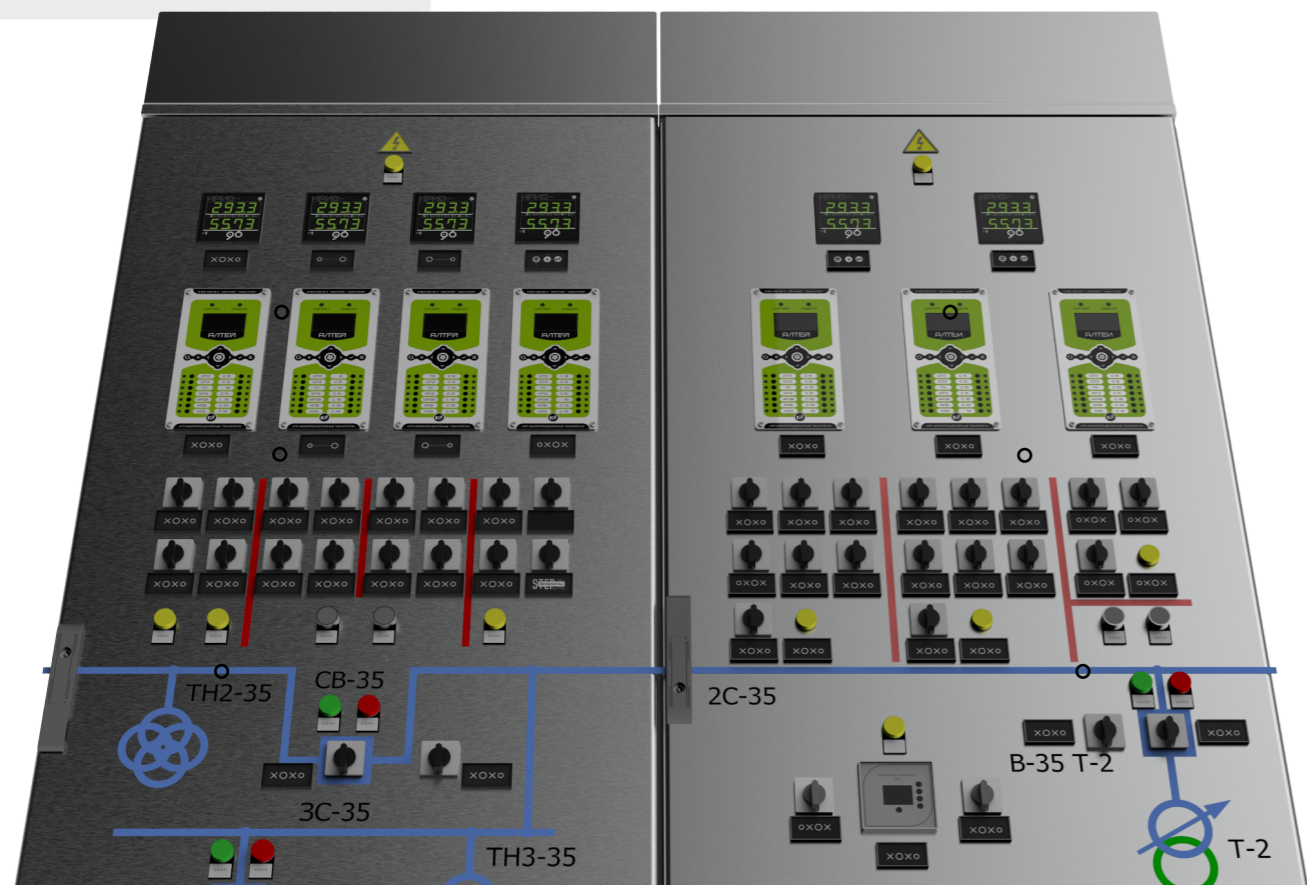
- Применение только качественного оборудования и комплектующих
- Поставка оборудования и расходных материалов для комплектации «под ключ»

Микропроцессорные технологии - разработчик широкого спектра устройств и готовых решений по релейной защите, автоматике, предиктивной диагностике, дуговой защите, контрольно-измерительным приборам, зарядным устройствам, блокам питания, а также клеммам. Использование оборудования собственного производства на стадии проектирования позволяет раскрыть весь потенциал устройств и найти наиболее эффективное решение в любой даже самой сложной ситуации.

# Строительно-монтажные и пусконаладочные работы

Монтаж осуществляет завод-изготовитель, что гарантирует соблюдение всех норм и требований по установке оборудования. Профессиональный монтаж оптоволоконных трактов гарантирует их надёжную работу на всём заявленном сроке службы.

Регламентированный перечень действий и мероприятий по настройке, индивидуальному и комплексному тестированию оборудования с последующим вводом его в эксплуатацию и выдачей соответствующих протоколов.



Микропроцессорные технологии

# 6960

систем введено  
в эксплуатацию

# 3 года

гарантии  
на выполненные работы

# 100%

соблюдения всех норм  
и требований НТД

# 64

# Что вы получаете, работая с нами

- Обучение эксплуатирующего персонала
- Консультационное сопровождение объекта на всём этапе эксплуатации
- Наладка от завода изготовителя – шеф-монтаж и шеф-наладка в одном
- Подготовка инструкций для оперативного персонала
- Шеф-монтаж и шеф-наладка по стоимости обычных работ

Наши специалисты знают, как правильно применять оборудование, потому что мы сами его производим. Мы курируем проекты от идеи до ввода в эксплуатацию, гарантируя правильное использование ресурсов оборудования. Наша квалификация подкреплена более чем 15-летним опытом и участием во множестве успешных проектов.

# Что получает заказчик по проекту



Мы знаем, чего хотят наши клиенты, и стремимся превзойти их ожидания. Наш подход ориентирован на глубокое понимание потребностей каждого клиента, что позволяет нам создавать индивидуальные предложения и обеспечивать высокий уровень удовлетворенности. С нами вы можете быть уверены в надежности и качестве выполнения любых задач.

Отдел продаж:  
**+7 495 174 55 50**  
[sales@i-mt.net](mailto:sales@i-mt.net)

Тех. поддержка:  
**8 800 555 25 11**  
[O1@i-mt.net](mailto:O1@i-mt.net)

# МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



# МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ