

О КОМПАНИИ

LESIV

Компания «ТермоЭлектрика» – российский разработчик и производитель термоиндикаторов L-Mark



Резидент
фонда «Сколково»



Лидерский
проект Агентства
Стратегических Инициатив



Продукция компании
защищена **50 патентами**
в **12 странах мира:**

США, Великобритания,
страны Евросоюза, Китай, Япония



Используется
в крупнейших компаниях РФ:
ПАО «РусГидро», ПАО «Газпром»,
ПАО «Россети», ПАО «Т Плюс» и др.



Производство
продукции полностью
локализовано
в **России**

ТЕРМОИНДИКАТОРЫ LESIV L-MARK: НОВЫЙ ПОДХОД К КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Контроль состояния контактов и контактных соединений является важной задачей при эксплуатации электротехнического оборудования. Дефекты контактных соединений могут приводить к нарушению целостности электрической цепи, отказам, а также возгораниям и пожарам.

Наиболее частой причиной развития дефекта контактных соединений является увеличение переходного контактного сопротивления из-за ослабления нажима или окисления контакта. Рост сопротивления приводит к избыточному нагреву, в результате чего происходит разрушение или возгорание контакта.

Чаще всего для оценки состояния контактов и контактных соединений используются тепловые методы контроля. Избыточный нагрев является главной причиной разрушения контактного соединения или воспламенения изоляции, поэтому информация о температуре позволяет наиболее объективно оценить техническое состояние контакта (контактного соединения).

Компания «ТермоЭлектрика» совместно с крупнейшими энергетическими компаниями России разработала новую методологию теплового контроля контактов и контактных соединений с помощью необратимых термоиндикаторов.

Термоиндикаторы LESIV L-Mark

Термоиндикаторы LESIV L-Mark предназначены для непрерывного контроля температуры контактов и контактных соединений электрооборудования и ЛЭП и необратимой регистрации факта превышения одной или нескольких пороговых температур.

Конструктивно термоиндикаторы представляют собой гибкую самоклеящуюся пластину из полимерного материала с нанесенным в центральной части термочувствительным материалом различной формы.

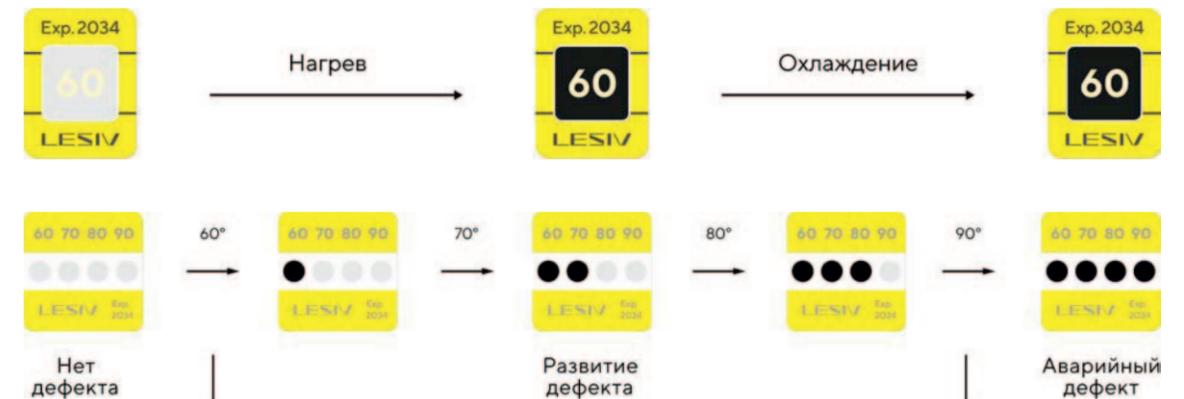


Рис. 1. Внешний вид и принцип работы термоиндикаторов

Принцип работы необратимых термоиндикаторов LESIV L-Mark основан на фазовом переходе (плавлении) нанесенного термочувствительного вещества с его последующим растворением в полимерном связующем или материале наклейки. При превышении пороговой температуры происходит необратимое изменение цвета термочувствительной области наклейки с белого на чёрный (рис. 1).

Тепловой контроль с применением термоиндикаторов L-Mark позволяет:

- проводить оценку состояния контактов и контактных соединений без применения специальных средств измерений;
- осуществлять контроль скрытых элементов электроустановок, недоступных для тепловизора;
- выявлять дефекты контактов и контактных соединений путем визуальной оценки срабатывания ТИН при осмотрах, техническом обслуживании и ремонтах электроустановок оперативным и/или ремонтным персоналом;
- реализовывать методологию оценки состояния контактов и контактных соединений в соответствии с требованиями РД 34.15–51.300–97 «Объём и нормы испытаний электрооборудования».

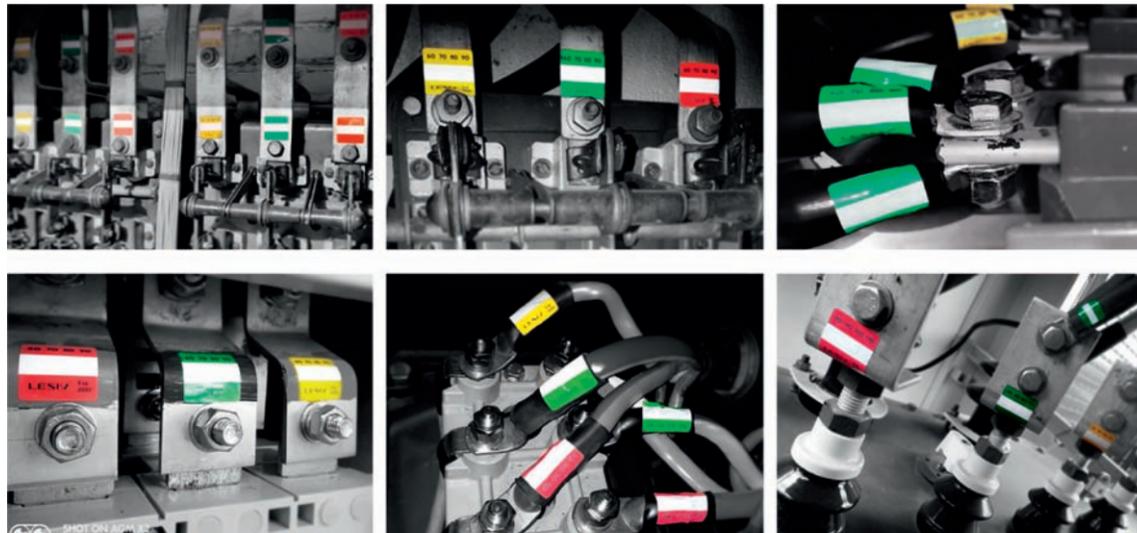


Рис. 2. Примеры установленных термоиндикаторов в ЗРУ

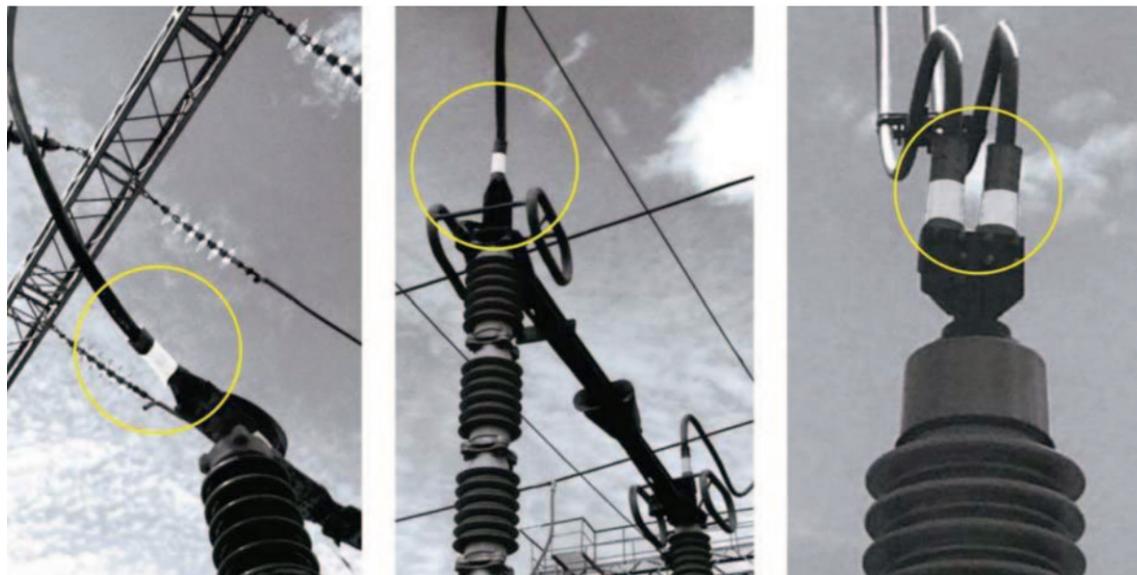


Рис. 3. Примеры установленных термоиндикаторов на ОРУ

Тепловой контроль контактов и контактных соединений с использованием необратимых термоиндикаторов

Контроль состояния контактов и контактных соединений электрооборудования с помощью необратимых термоиндикаторов сочетает в себе свойства непрерывного и периодического контроля. Непрерывность контроля заключается в том, что с момента установки термоиндикатор непрерывно контролирует температуру и необратимо фиксирует факт превышения заданной пороговой температуры. Иными словами, термоиндикатор позволяет однозначно зафиксировать факт любого, даже кратковременного, нагрева контролируемого элемента выше заданной пороговой температуры. Периодичность связана с тем, что осмотр термоиндикаторов проводится периодически, при плановых и внеплановых осмотрах электроустановки. Таким образом, зарегистрированный термоиндикатором факт нагрева выше заданной температуры будет зафиксирован человеком только при ближайшем обходе или осмотре.

С точки зрения эффективности термоиндикаторный контроль находится между автоматическим непрерывным методом контроля температуры с помощью специальных датчиков и тепловизионным осмотром. Тепловизор позволяет измерить температуру только в момент тепловизионного обследования и, в ряде случаев, предположить, нагревался ли и будет ли нагреваться контакт выше наибольшей допустимой температуры в процессе эксплуатации.

Осмотр термоиндикаторов целесообразно проводить при каждом визуальном осмотре электроустановки. Причем важно отметить, что периодичность таких осмотров должна быть меньше времени развития дефекта от начальной до аварийной стадии. Для повышения достоверности оценки состояния важно, чтобы между осмотрами электроустановка проходила все режимы нагрузки.

В соответствии с требованиями п. 499 Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации установлена периодичность осмотра оборудования распределительных устройств без отключения от сети. На объектах с постоянным дежурным персоналом – не реже 1 раза в сутки, на объектах без постоянного дежурного персонала – не реже 1 раза в месяц, для трансформаторных и распределительных пунктов – не реже 1 раза в 6 месяцев. Также в зависимости от ряда факторов устанавливаются требования по проведению внеочередных осмотров. Применение термоиндикаторов позволяет осуществлять визуальный контроль состояния контактов при каждом проведении плановых и внеплановых осмотров электроустановок оперативным персоналом, своевременно выявлять возникшие дефекты и не допускать отказа или возгорания электрооборудования.

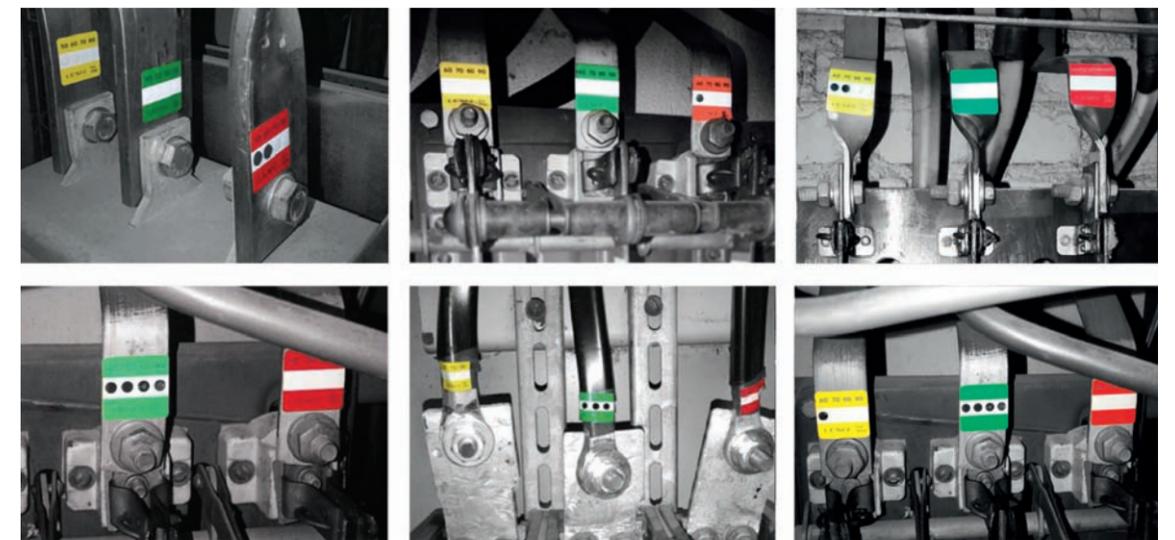


Рис. 4. Примеры срабатывания термоиндикаторов

На рынке широко представлены термоиндикаторы различных производителей. Однако для оценки состояния контактов или контактных соединений к термоиндикаторам применяется ряд дополнительных требований:

1. Основным требованием к термоиндикаторам является правильный диапазон контролируемых (пороговых) температур, о выборе которых подробнее будет рассказано ниже.
2. Термоиндикаторы должны иметь хорошую адгезию для надежного закрепления на контролируемом элементе и исключения факта отклеивания и создания аварийной ситуации.
3. Термоиндикаторы должны быть изготовлены из негорючих материалов и иметь высокую электрическую прочность. Не рекомендуется использование термоиндикаторов на бумажной или металлической (фольгированной) основе.
4. Термоиндикатор должен иметь небольшую толщину, чтоб не препятствовать отводу тепла от греющего контактного соединения и тем самым не ускорять развитие дефекта.
5. Предпочтительный цветовой переход: белый–чёрный. Это необходимо как с точки зрения наибольшей заметности, так и с позиций единообразия и исключения ошибки при осмотрах термоиндикаторов различных компаний.

Принцип работы термоиндикатора должен обеспечивать гарантию его срабатывания при превышении заданной пороговой температуры в течение всего времени эксплуатации. В полной мере таким требованиям отвечают индикаторы плавления, цветовой переход которых связан с фазовым переходом (плавлением) белого кристаллического вещества и растворением расплава в черном материале основы.

Отметим, что термоиндикаторы LESIV L-Mark в полной мере соответствуют требованиям к термоиндикаторам, предъявляемым нормативно-техническими документами ПАО «Россети», ПАО «РусГидро», АО «Объединенная Энергетическая компания» и другими ведущими энергетическими компаниями РФ.

Оценка состояния контактов и контактных соединений электрооборудования и ЛЭП с помощью термоиндикаторов

Состояние контакта или контактного соединения определяется значением переходного контактного сопротивления, которое зависит от площади соприкосновения, шероховатости соприкасающихся поверхностей, наличия изолирующих пленок (адгезионных, оксидных) и приложенной силы сжатия. В процессе эксплуатации переходное контактное сопротивление может увеличиваться в силу ряда причин:

- уменьшения площади контактирования;
- ослабления нажима;
- возникновения на контакте оксидной пленки или нагара;
- разрушения поверхности металла из-за агрессивного воздействия химических веществ, электрохимического окисления и пр.

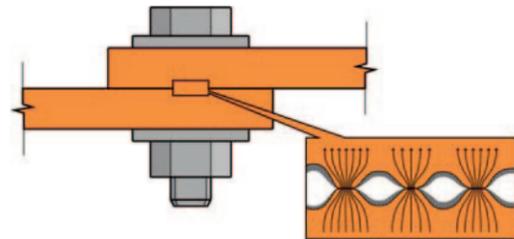


Рис. 5. Болтовое контактное соединение

Переходное сопротивление очень чувствительно к окислению поверхности, поскольку все окислы металлов являются диэлектриками. Удельное сопротивление у оксидов на несколько порядков больше, чем у чистых металлов. Для меди при 0°C значение удельного сопротивления составляет $1.62 \cdot 10^8$ Ом·м, а для оксида меди (CuO) – 8.2 Ом·м. Важно отметить, что скорость окисления металлов и, как следствие, скорость роста переходного контактного сопротивления в соответствии с законом Аррениуса экспоненциально зависит от температуры.

Для оценки технического состояния контактов и контактных соединений электроустановок ЗРУ наиболее эффективно применять 4-х температурные термоиндикаторы LESIV L-Mark 4T в соответствии с таблицей 1.

Критерием аварийного дефекта контактов и контактных соединений, требующего вывода оборудования в ремонт, является превышение наибольших допустимых значений температуры нагрева.

Таблица 1

Наибольшие допустимые и контролируемые с помощью термоиндикаторов значения температур контактов и контактных соединений электрооборудования

Контролируемые узлы	Наибольшее допустимое значение температуры нагрева, °C	Контролируемые термоиндикаторами значения температуры, °C	
		$I_{ном}$ до 100 А	$I_{ном}$ выше 100 А
1. Контакты из меди и медных сплавов: – без покрытий, в воздухе	75	50-70-80	50-60-70-80
– с покрытием серебром или никелем, в воздухе	105	60-90-110	60-80-90-110
– с покрытием оловом, в воздухе	90	60-80-90	60-70-80-90
2. Аппаратные выводы из меди, алюминия и их сплавов, предназначенные для соединения с внешними проводниками электрических цепей: – без покрытия	90	60-80-90	60-70-80-90
– с покрытием оловом, серебром или никелем	105	60-90-110	60-80-90-110
3. Болтовые контактные соединения из меди, алюминия и их сплавов: – без покрытия, в воздухе	90	60-80-90	60-70-80-90
– с покрытием оловом, в воздухе	105	60-90-110	60-80-90-110

Контролируемые узлы	Наибольшее допустимое значение температуры нагрева, °C	Контролируемые термоиндикаторами значения температуры, °C	
		$I_{ном}$ до 100 А	$I_{ном}$ выше 100 А
4. Предохранители переменного тока на напряжение 3 кВ и выше: соединения из меди, алюминия и их сплавов в воздухе без покрытий/с покрытием оловом: – с разъемным контактным соединением, осуществляемым пружинами	75/95	50-60-70-80 / 60-70-80-100	
– с разборным соединением (нажатие болтами или винтами), в том числе выводы предохранителя	90/105	60-70-80-90 / 60-80-90-110	
металлические части, используемые как пружины – из меди	75	50-60-70-80	
– из фосфористой бронзы и аналогичных сплавов	105	60-80-90-110	
5. Токоведущие жилы силовых кабелей в режиме длительного/аварийного при наличии изоляции: – из поливинилхлоридного пластика и полиэтилена	70/80	50-55-60/ 50-70-80	50-55-60-70/ 50-60-70-80
– из вулканизирующегося полиэтилена	90/130	60-80-90/ 70-100-120	60-70-80-90/ 70-90-100-120
– из резины	65/-	50-55-60	50-55-60-70
– из резины повышенной термостойкости	90/-	60-80-90	60-70-80-90
– с пропитанной бумажной изоляцией при вязкой/обедненной пропитке и номинальном напряжении 1 и 3 кВ	80/80	50-70-80	50-60-70-80

Оценка состояния контактов и контактных соединений электрооборудования ЗРУ проводится в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Оценка состояния контактов и контактных соединений с помощью термоиндикаторов

Состояние термоиндикаторов	$I_{макс} < 0,5I_{ном}$	$I_{макс} < 0,5-0,75I_{ном}$	$I_{макс} < 0,75-0,9I_{ном}$	$I_{макс} > 0,9I_{ном}$
	Отсутствие дефекта			
	Развившийся дефект	Начальная степень развития дефекта		
	Развившийся дефект	Начальная степень развития дефекта		
	Развившийся дефект			Начальная степень развития дефекта
	Аварийный дефект (достижение наибольшей допустимой температуры нагрева)			

Начальная степень развития дефекта. Следует держать под контролем и принимать меры по устранению во время проведения технического обслуживания или ремонта.
Развившийся дефект. Принять меры по устранению дефекта при ближайшем выводе электрооборудования из работы.
Аварийный дефект. Требуется немедленного устранения.

При оценке состояния контактов и контактных соединений по результатам визуального осмотра термоиндикаторов следует руководствоваться следующими положениями:

- Температура срабатывания верхнего порогового значения термоиндикатора должна соответствовать наибольшей допустимой температуре нагрева контакта, контактного соединения;
- Наличие срабатывания всех пороговых значений термоиндикаторов однозначно свидетельствует о наличии аварийного дефекта контакта и контактного соединения, так как максимальное пороговое значение срабатывания термоиндикатора свидетельствует о достижении или превышении установленной наибольшей температуры нагрева;
- При срабатывании термоиндикатора в промежуточном диапазоне температур при наличии данных о максимальной нагрузке электрооборудования в период до предыдущего осмотра возможно оценить степень развития дефекта, а при необходимости провести внеочередной контроль с помощью тепловизора;
- При оценке состояния контактов и контактных соединений электрооборудования и ЛЭП в зависимости от их конструкции и условий работы следует принимать во внимание разницу зафиксированных термоиндикатором температур в пределах фаз, между фазами, с заведомо исправными участками, а также учитывать динамику развития дефекта во времени.

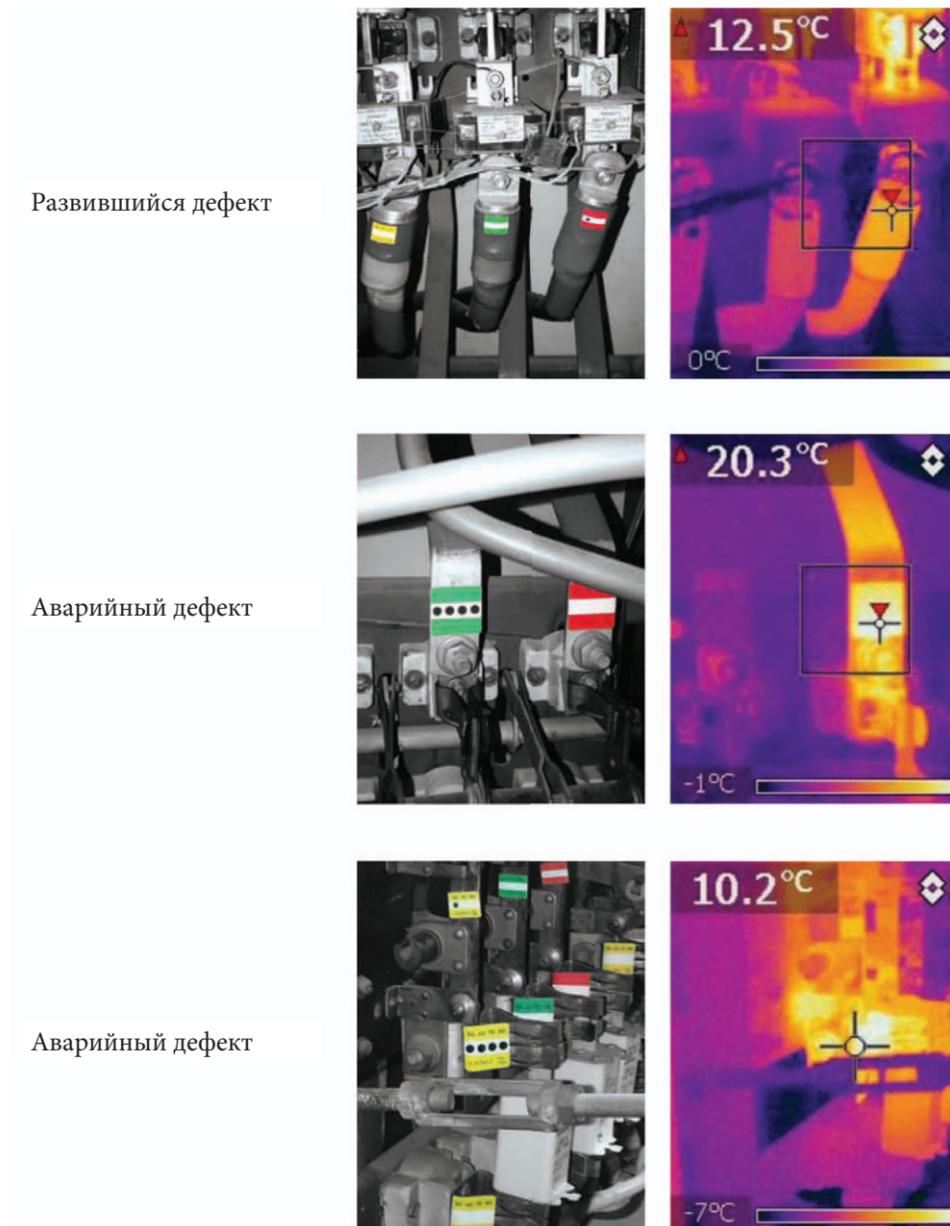


Рис. 6. Примеры срабатывания термоиндикаторов при наличии дефекта

Организация теплового контроля контактов и контактных соединений электрооборудования и ЛЭП с применением термоиндикаторов

На энергообъектах рекомендуется составить перечень электрооборудования, подлежащего тепловому контролю с применением термоиндикаторов.

Контроль состояния контактов и контактных соединений с помощью термоиндикаторов рекомендуется включать в объем работ, проводимых при осмотре, техническом обслуживании и ремонте.

Установку (замену) термоиндикаторов рекомендуется включать в перечень работ и материалов при организации технического обслуживания и ремонта электрооборудования и ЛЭП.

Рекомендуется включать требование об оснащении термоиндикаторами контактов и контактных соединений электрооборудования в технические задания на проектирование и поставку электрооборудования.

На энергообъектах рекомендуется организовать подменный фонд термоиндикаторов, содержащий не менее 10% от общего количества наклеек, находящихся в эксплуатации.

ТермоЭлектрика и Республика Татарстан

Высокие требования к надежности и безопасности эксплуатации оборудования всегда были залогом успеха в развитии Республики Татарстан. Причем речь идет не только об оборудовании ответственном за технологические процессы добычи и переработки нефти, но и систем, обслуживающих социальный сектор республики.

Внедрение термоиндикаторов L-Mark и других систем предупреждения пожаров в электроцитах особенно актуально в зданиях и сооружениях, имеющих социальное назначение. Республика Татарстан – первый из регионов РФ, в котором внедрение технологий термомониторинга электрооборудования происходит системно.

Уверены, что такая работа приведет не только к существенному повышению качеству жизни в Республике, но и позволит задать новые федеральные стандарты культуры безопасности!

LESIV

Термоиндикаторы для электрооборудования

Подробнее про термоиндикаторный контроль

Сделано в России

Оценка состояния контактов и контактных соединений с помощью термоиндикаторов



КАРТА УСТАНОВЛЕННЫХ ТЕРМОИНДИКАТОРОВ L-MARK

В эксплуатации находится более 3 миллионов термоиндикаторов

