|  |  |
| --- | --- |
| К Г Э У | **МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  **Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования**  «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» |

Кафедра электрические станции

Курсовой проект на тему:  
«Тепловизионное диагностирование электрооборудования. Маслонаполненные вводы 110 кВ и выше»

Выполнил: Воробьёв Н.А.

Группа: ЗЭм-1-20

Проверил: Зарипов Д.К.

Казань-2021 г.

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc58772083)

[1 Маслонаполненные вводы 110 кВ и выше 7](#_Toc58772084)

[2 Расчет спектральной плотности излучения энергии нагретого тела при температуре 10 °С.](#_Toc58772085) 11

[Литературные источники 13](#_Toc58772086)

# Введение

Инфракрасная диагностика является наиболее перспективным и эффективным направлением развития в диагностике электрооборудования. Такая диагностика относится к тепловым методам контроля, основанным на измерении, оценке и анализе температуры контролируемых объектов. Главным условием применения диагностики является наличие в диагностируемом объекте тепловых потоков.

Температура — самое универсальное отражение состояния любого оборудования. При практически любом, отличном от нормального, режиме работы оборудования изменение температуры является самым первым показателем, указывающим на неисправное состояние. Температурные реакции при разных режимах работы в силу своей универсальности возникают на всех этапах эксплуатации электротехнического оборудования.

Части любого электрооборудования, находящегося под напряжением и/или нагрузкой, в той или иной мере нагреваются под их воздействием:

* токоведущие части электрооборудования (проводники) и контактных соединений (контактов) — Джоулевыми потерями;
* части электрооборудования, выполненные из ферромагнитных материалов - потерями на перемагничивание и вихревыми токами;
* части электрооборудования, выполненные из изоляционных материалов — диэлектрическими потерями в изоляции.

Совокупность нагретых токоведущих частей, контактных соединений (контактов), изоляционных, ферромагнитных материалов и конструктивных элементов электроустановки или ее части формирует температурное поле.

Энергия этого поля частично отводится в окружающую среду путем теплопроводности и конвекции, а оставшаяся часть вызывает изменение теплового состояния электроустановки или ее части и излучается в окружающее пространство поверхностью электрооборудования или контактных соединений (контактов) в виде инфракрасного излучения.

Вид (конфигурация) и параметры этого температурного поля могут служить диагностическими параметрами (признаками) исправности или неисправности электрооборудования и контактных соединений (контактов): при появлении неисправности или ненормальной работе, конфигурация и параметры температурного поля поверхности изменяются, в температурном поле появляются тепловые аномалии. Сопоставляя конфигурацию и параметры температурного поля исправного и диагностируемого электрооборудования или контактных соединений (контактов), эти тепловые аномалии можно зафиксировать и, таким образом, обнаружить и локализовать дефект.

Кроме того, при диагностировании контактных соединений (контактов), можно измерить его температурные параметры и сопоставив их с нормируемыми значениями, сделать вывод о его степени дефектности.

Инфракрасная диагностика обладает рядом достоинств и преимуществ по сравнению с традиционными методами испытаний, а именно:

1. достоверность, объективность и точность получаемых сведений;
2. безопасность персонала при проведении обследования оборудования;
3. отсутствие необходимости отключения оборудования;
4. отсутствие необходимости подготовки рабочего места;
5. большой объем выполняемых работ за единицу времени;
6. возможность определения дефектов на ранней стадии развития;
7. диагностика большинства типов подстанционного электрооборудования;
8. малые трудозатраты на производство измерений на единицу оборудования.

Инфракрасная термография использует в качестве диагностического параметра температурное поле объектов и связанный с ним процесс лучистого теплообмена между поверхностью объекта, окружающей средой и техническим средством диагностики путем улавливания, измерения и анализа ИК излучения, несущего информацию о конфигурации и количественных параметрах этого температурного поля.

Инфракрасное излучение характеризуется длинами волн в диапазоне от 0,78 мкм до 1 мм. Для целей технического диагностирования используются два участка этого диапазона — коротковолновый (2—6 мкм) и длинноволновый (8—12 мкм), в пределах этих участков атмосфера наиболее "прозрачна" для инфракрасного излучения.

Изменение интенсивности инфракрасного излучения регистрируется тепловизионными приборами, к ним относятся тепловизоры и пирометры.

Тепловизор — оптико-электронный прибор, предназначенный для бесконтактного (дистанционного) наблюдения, измерения и регистрации пространственного/пространственно-временного распределения радиа­ционной температуры объектов, находящихся в поле зрения прибора, путем формирования временной последовательности термограмм и определения температуры поверхности объекта по известным коэффициентам излучения и параметрам съемки (температура окружающей среды, пропускание атмосферы, дистанция наблюдения и т. п.). Иначе говоря, тепловизор — это своего рода телекамера, снимающая объекты в ИК-излучении, позволяющая в реальном времени получить картину распределения теплоты (разницы температур) на поверхности.

Тепловизоры бывают различных модификаций, но принцип работы и конструкции у них примерно одинаковы.

Диапазон измеряемых температур, в зависимости от марки и типа тепловизора, может быть от –40 до +2000 °C.

Принцип работы тепловизора основан том, что все физические тела нагреты неравномерно, вследствие чего складывается картина распределения ИК-излучения. Другими словами, действие всех тепловизоров основано на фиксировании температурной разницы «объект/фон» и на преобразовании полученной информации в изображение (термограмму), видимое глазом.

Термограмма — это многоэлементное двухмерное изображение, каждому элементу которого приписывается цвет, или градация одного цвета, или градация яркости экрана, определяемые в соответствии с условной температурной шкалой. То есть температурные поля объектов рассматриваются в виде цветового изображения, где градации цвета соответствуют градации температур.

Все цвета на термограммах достаточно условны и не соответствуют реальным цветам. ИК-термограммы визуализируются в одной из цветовых палитр. Связь палитры цветов с температурой на термограмме задается самим оператором, т. е. тепловые изображения являются псевдоцветовыми. Выбор цветовой палитры термограммы зависит от диапазона используемых температур.

Пирометр – прибор для бесконтактного измерения температуры, принцип действия которого основан на измерении мощности теплового излучения объекта. Принципиальное отличие пирометров от тепловизоров заключается в том, что пирометры измеряют температуру в конкретной точке (до 1 см), а тепловизоры анализируют весь объект целиком, показывая всю разность и колебания температур в любой его точке.

Диапазон измеряемых температур, в зависимости от марки и типа пирометра, может быть от –100 до +3000 °C.

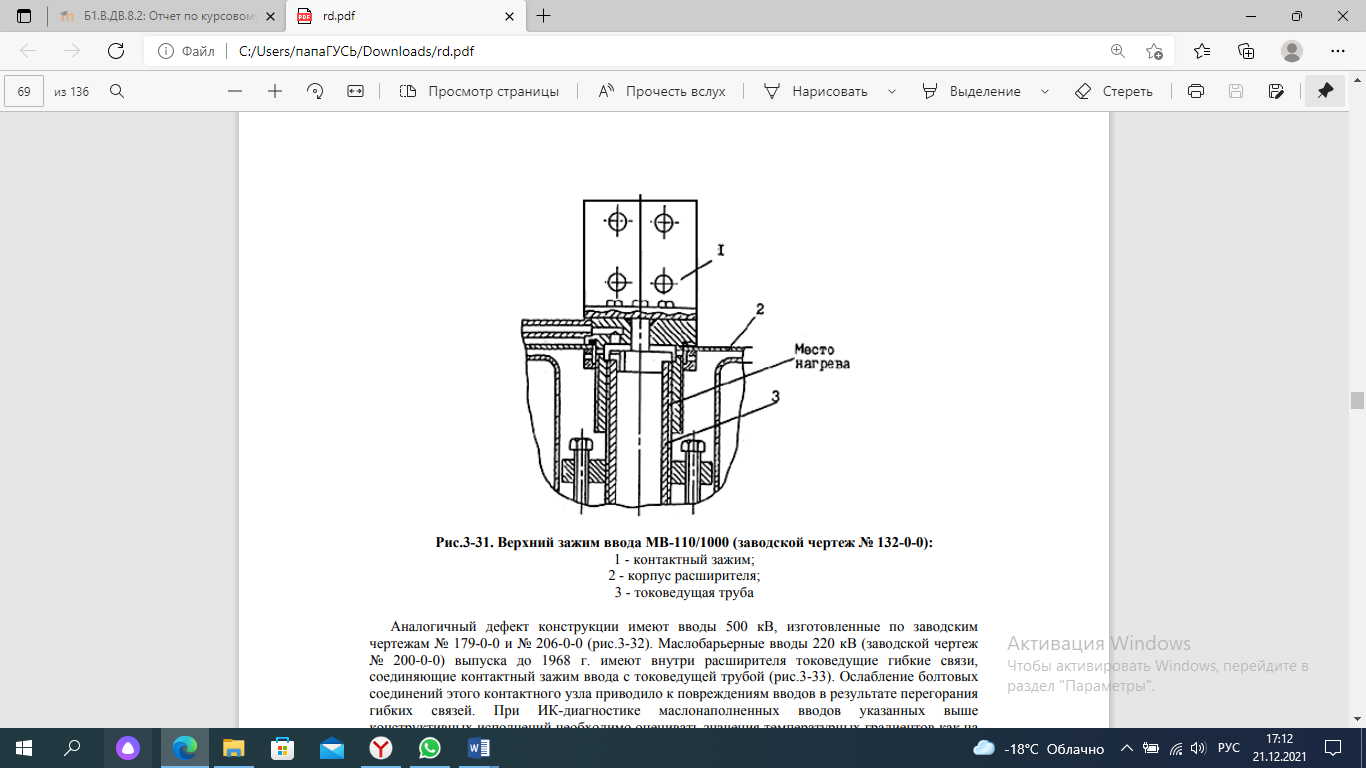
# Тепловизионное диагностирование МаслонаполненныХ вводов 110 кВ и выше

По виду выполнения внутренней изоляции маслонаполненные вводы делятся на маслобарьерные, с конденсаторной бумажно-масляной изоляцией, с конденсаторной твердой изоляцией; по степени защиты внутренней изоляции от атмосферных влияний - на негерметичные и герметичные и т.п. Характерной особенностью конструктивного исполнения ввода ВН является размещение его на силовом трансформаторе или МВ и отсутствие возможности наблюдения за нижней частью ввода, составляющей примерно 20-50% его высоты в зависимости от номинального напряжения последнего. Последнее во многом осложняет возможность получения достаточной информации о состоянии изоляции ввода при проведении его тепловизионного контроля. Это связано с тем, что при ухудшении состояния внутренней изоляции ввода за счет ее увлажнения или разложения масла тяжелые фракции (влага, шлам и т.п.) скапливаются прежде всего в нижней части ввода. Сказанное подтверждается измерениями, проведенными на одном из забракованных вводов 110 кВ с бумажной изоляцией. При измерении tg в зонах по высоте бумажного остова ввода было получено следующее распределение: I зона (нижняя часть) - 17,8%; II зона - 1,6%; III зона - 2,0%; IV зона (верхняя часть) - 3,5% .

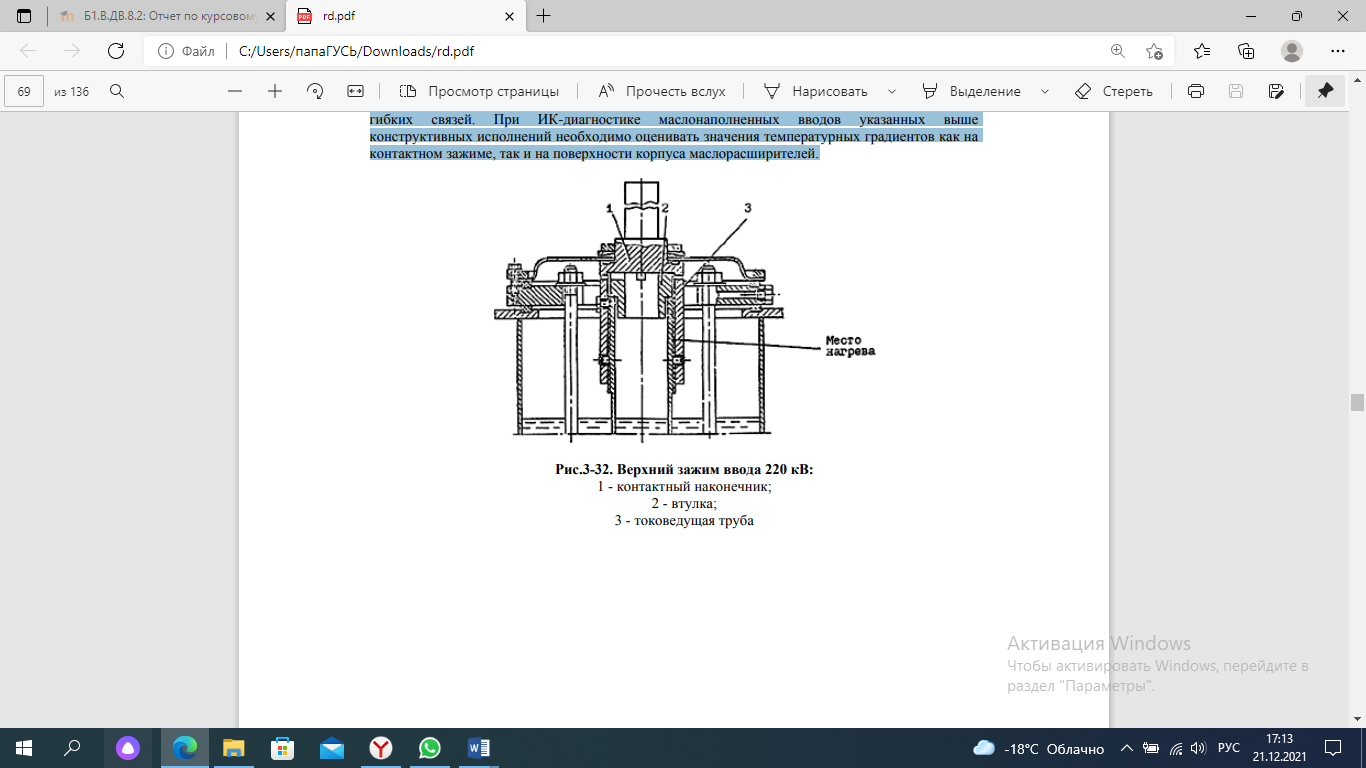
Методика ИК-контроля Практика показывает, что при проведении ИК-диагностики можно выявлять следующие виды неисправностей во вводах: A. Нагревы в местах подсоединений внешних проводников к зажимам вводов. В этом случае оценка состояния контактного соединения должна осуществляться по ГОСТ 8024-90. Б. Образование короткозамкнутых контуров в расширителях герметичных вводов. Этот дефект свойствен некоторым партиям вводов ГБМТ-220/2000. Наличие короткозамкнутого контура внутри расширителя вызывает нагрев последнего и приводит к преждевременному старению резиновой прокладки, расположенной между фарфоровой покрышкой и поддоном расширителя. Температура на поверхности корпуса расширителя зависит от тока, протекающего через ввод, и температуры окружающего воздуха. B. Нагревы внутренних контактных соединений вводов. Ряд конструкций маслонаполненных вводов старых исполнений имел в маслорасширителях внутренние контактные соединения. Так, у маслобарьерных вводов 110 кВ (заводской чертеж 669, 146 и др.) (рис.3-30) в результате некачественной пайки отвода 5 к наконечнику 2 происходит чрезмерный нагрев, в результате которого не исключено выплавление отвода из наконечника.



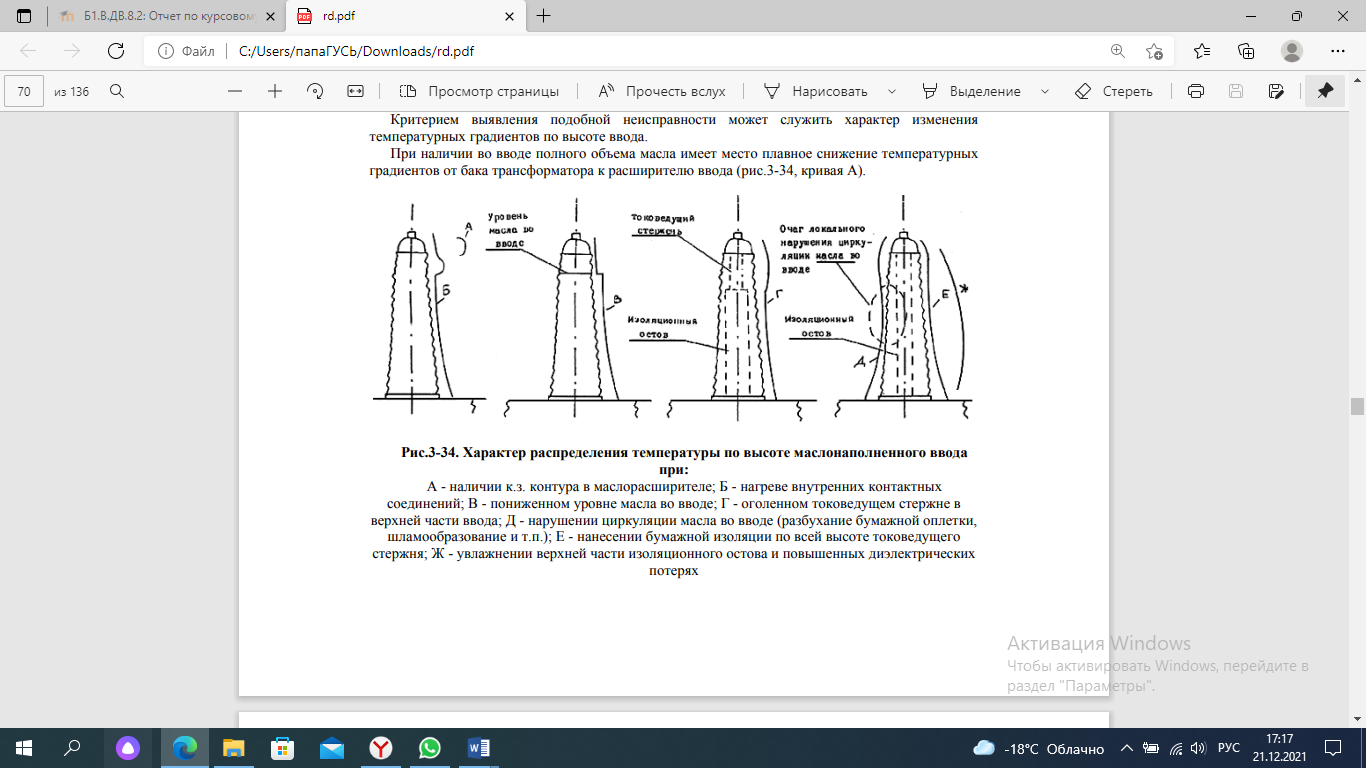
У маслонаполненных вводов 110 кВ (заводской чертеж № 132-0-0) негерметичного исполнения в результате ослабления "натяга" в резьбовом соединении контактный зажим - токоведущая труба возможно образование дополнительного нагрева (рис.3-31).

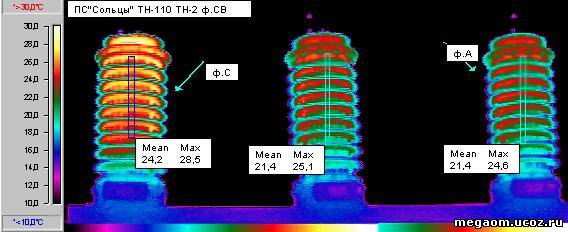


Аналогичный дефект конструкции имеют вводы 500 кВ, изготовленные по заводским чертежам № 179-0-0 и № 206-0-0 (рис.3-32). Маслобарьерные вводы 220 кВ (заводской чертеж № 200-0-0) выпуска до 1968 г. имеют внутри расширителя токоведущие гибкие связи, соединяющие контактный зажим ввода с токоведущей трубой (рис.3-33). Ослабление болтовых соединений этого контактного узла приводило к повреждениям вводов в результате перегорания гибких связей. При ИК-диагностике маслонаполненных вводов указанных выше конструктивных исполнений необходимо оценивать значения температурных градиентов как на контактном зажиме, так и на поверхности корпуса маслорасширителей.



Г. Понижение уровня масла во вводах. В 1994 г. в Кузбассэнерго при ИК-диагностике мощного автотрансформатора был выявлен ввод 500 кВ ГБМТ-500/1600 (заводской чертеж № 247.800.011) с пониженным уровнем масла в фарфоровой покрышке. По ряду причин утечка масла через нижнее уплотнение ввода не была зафиксирована по манометру. Критерием выявления подобной неисправности может служить характер изменения температурных градиентов по высоте ввода. При наличии во вводе полного объема масла имеет место плавное снижение температурных градиентов от бака трансформатора к расширителю ввода (рис.3-34, кривая А).





**Термограмма негерметичного маслонаполненного вода 110 кВ MB**

Д. Увлажнение верхней части остова ввода. При нарушении герметизации элементов маслорасширителя негерметичного ввода внутрь последнего может проникнуть влага, которая в последующем вызовет увлажнение верхней части бумажного остова ввода с протеканием тока утечки, образованием проводящих "дорожек", их нагревом и т.п. На определенном этапе развития этого процесса можно выявить очаг возникновения частичного разряда внутри ввода по характеру аномального нагрева на поверхности фарфоровой покрышки.

# Расчет спектральной плотности излучения энергии нагретого тела при температуре 50 °С.

Для того, чтобы рассчитать спектральную плотность излучения энергии нагретого тела необходим знать несколько величин, а именно:

T – абсолютная температура, К. Для этого берём температуру, которая дана в исходных данных (в нашем случае это 10 °C) и переводим её в градусы по Кельвину по следующей формуле: К = С + 273, следовательно

10 °C = 283 °K

Далее по формуле Вина находим длину волны максимального излучения(λmax):

λmax=2898/Т, мкм

λmax= = 10,24 мкм

Затем для постройки графика берём 21 точку, где пиком будем длина волны максимального излучения 10,24 мкм, а остальные для остальных точек с разницей (шагом) на 0,5 мкм будем находить спектральную мощность излучения (L) для каждой токи по формуле Планка. Результаты расчётов занесены в таблицу ниже.

Таблица 4. Значения полученные по формуле Планка

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| λ, мкм | L, Вт/(м2·ср·мкм) | λ, мкм | L, Вт/(м2·ср·мкм) | λ, мкм | L, Вт/(м2·ср·мкм) |
| 5,24 | 1,843 | 8,74 | 6,972 | 12,24 | 6,918 |
| 5,74 | 2,721 | 9,24 | 7,24 | 12,74 | 6,684 |
| 6,24 | 3,645 | 9,74 | 7,389 | 13,24 | 6,431 |
| 6,74 | 4,538 | 10,24 | 7,434 | 13,74 | 6,164 |
| 7,24 | 5,345 | 10,74 | 7,394 | 14,24 | 5,891 |
| 7,74 | 6,028 | 11,24 | 7,285 | 14,74 | 5,618 |
| 8,24 | 6,571 | 11,74 | 7,122 | 15,24 | 5,344 |

Рис. 4. График по полученным значениям

# Литературные источники

1. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ РД 153-34.0-20.363-99;
2. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В.П. Вавилов. – М.: ИД Спектр, 2009;
3. Гобрей, Р. Диагностирование электрооборудования 0,4-750 кВ средствами инфракрасной техники / В. Чернов, Э.Удод. – Киев: "КВІЦ", 2007;
4. Диагностика электрооборудования и электрических станций и подстанций: учебное пособие/ А.И. Хальясмаа, С.А. Дмитриев, С.Е. Кокин, Д.А. Глушков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015.