

УДК 681.5.08

**АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ МИЧУРИНСКОГО РЭС
СРЕДСТВАМИ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ**

Фефелов Виталий Александрович

магистр

www.fefelov.moneta@mail.ru

Гурьянов Дмитрий Валерьевича

кандидат технических наук, доцент

guryanov72@mail.ru

Чувилкин Александр Викторович

кандидат технических наук, доцент

sanek_reg68@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы исследований с применением тепловизионного устройства на подстанциях Мичуринского РЭС. Применение данных устройств позволяет обнаруживать нагревы шинных и вводных соединений различной степени неисправности электрооборудования подстанций. Полный комплекс всех диагностических мероприятий может полностью дать оценку состояния оборудования и необходимость ремонта, замены или реконструкции оборудования.

Ключевые слова: электрооборудование трансформаторных подстанций, тепловизионный контроль, сопротивление изоляции обмоток, тепловизор и диагностика.

Возрастающее количество объектов, нуждающихся в электричестве и тепле, большое количество новых технических присоединений, которые вызывают высокое потребление электроэнергии и высокие нагрузки на электрооборудование, нехватка инвестиций, большие потери электроэнергии при передаче и распределении [1, 2].

Возрастающая мощность требует от электрооборудования хорошей и качественной работы по поддержанию качества отпускаемой энергии - нормированную частоту и напряжение электрического тока, давление и температуру теплоносителя.

Многие из этих проблем сложились по причине ветхости большинства оборудования электрических подстанций в России. Практически все основные подстанции, которые сейчас используются, построены ещё в 70- 80 года прошлого века. На основе официальных данных, от 65 до 80% оборудования, занятого сегодня в электроэнергетики России, уже израсходовало или в ближайшие годы полностью израсходует свой потенциал.

А это показывает нам, что если оборудование перестанет поддерживать оптимальный уровень работы, то в обозримом будущем мы можем столкнуться с дефицитом электроэнергии и, как следствие, с повышением цен. Несмотря на то, что с 2004 года происходит повышение объема производства электроэнергии, электрическая энергия становится все более дефицитной. У нас не хватает генерирующих мощностей, да и те мощности, что есть, используются крайне мало эффективно: весь объем получаемой энергии часто бывает сложно передать потребителю из- за больших потерь вследствие недостаточного развития электрических сетей [1, 3, 4].

На устаревшем оборудовании, которое еще сможет функционировать на оптимальном уровне по крайней мере еще 5- 10 лет, следует проводить периодические ремонтные работы, с целью профилактики неисправностей и повышению срока службы оборудования насколько это возможно.

Все ремонтные работы проводятся по результатам комплекса диагностических мероприятий, направленных на выявление неисправностей у электрооборудования.

С развитием техники инфракрасного излучения и камер, работающих по этому принципу, появляется уникальная возможность контролировать нагрев электрооборудования и его контактных соединений без прикосновения, а значит без снятия напряжения [2, 5, 6].

Обеспечение надежной работы и безопасной эксплуатации электроустановок, предупреждение наступления аварийных ситуаций регламентируются «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ).

Для достижения указанных целей в этом нормативном документе предусмотрено широкое использование бесконтактного Теплового Неразрушающего Контроля (ТНК), на сегодня, пожалуй, наиболее оперативного, информативного и объективного способа наблюдения за техническим состоянием электрооборудования.

Тепловизионное обследование электрооборудования любого уровня напряжения является одним из наиболее эффективных методов диагностики с точки зрения таких показателей как [7]:

- Скорость проведения измерений. Тепловизионное обследование не требует большого времени на его проведение. Для определения состояния оборудования такого как разъединитель потребуется несколько секунд.
- Простота. Тепловизионная диагностика не требует отключения электрооборудования, не требует большого количества организационных и технических мероприятий.

Для сложных непрерывных технологических процессов, которые используются во многих отраслях, например, в металлургии, в цехах по непрерывной заготовке слитков (НЗС). Здесь любая остановка даже самого, казалось бы, не основного оборудования. Может повлечь за собой остановку

прокатного стана, а значит и раскатанная уже заготовка будет отправляться в брак или же на переправку. Таких особенностей непрерывных процессов очень много как в химической, так и в нефтяной промышленности [8, 9].

Так же и в энергетике контроль за нагревом элементов электроустановки может быть очень полезен. Так как без отключения того или иного оборудования от сети, тем самым не создавая перебои электроэнергии на важные объекты инфраструктуры, школы и больницы, можно легко выявить самые сильно греющиеся участки (рисунок 1).

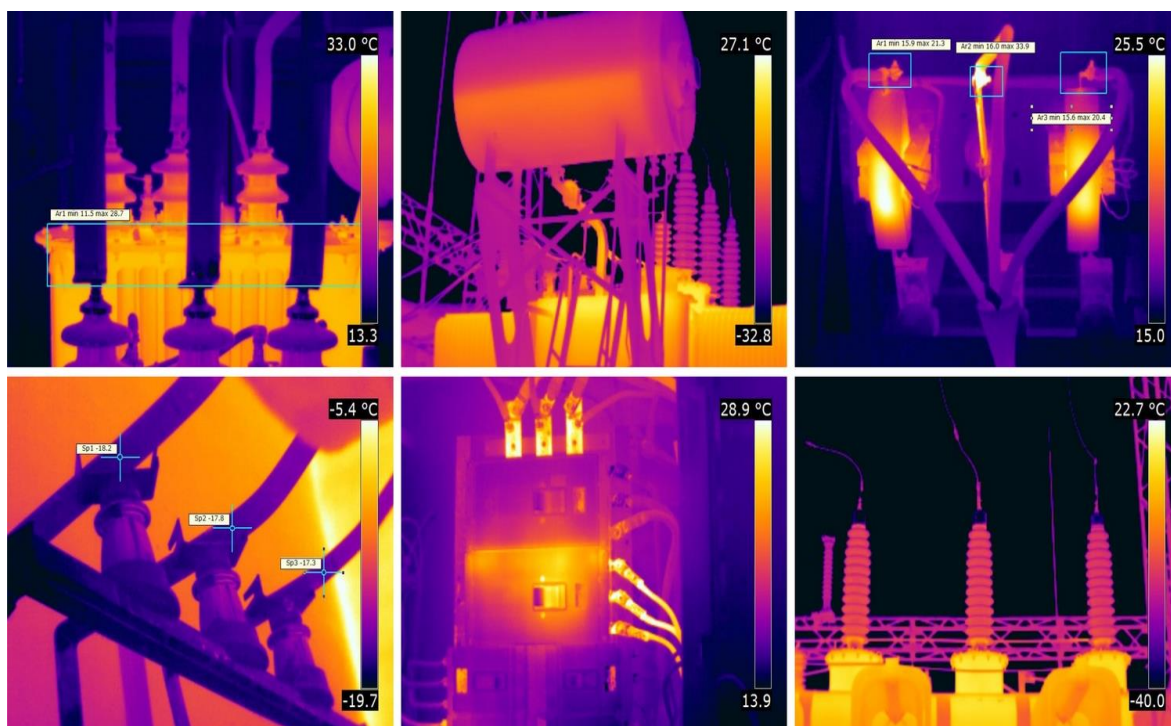


Рисунок 1 - Снимки тепловизионного контроля электрооборудования

Тепловизионная диагностика электрооборудования выявляет

следующие виды дефектов:

- состояние межлистовой изоляции статора генератора;
- нарушения паяк лобовых частей обмоток;
- перегревы контактных соединений;
- наличие дефектных изоляторов;
- нарушения в работе систем охлаждения;
- нарушения внутренней циркуляции масла в баке трансформатора;
- ослабление контактных соединений токоведущих частей;

- ухудшение состояния основной изоляции, изоляции вводов, шунтирующих конденсаторов;
- перегрев контактных соединений аппаратных зажимов;
- трещины в опорно-стержневых изоляторах, дефекты подвесной изоляции;
- обрыв шунтирующих сопротивлений;
- неравномерность распределения напряжения по элементам;
- нарушения наружных и внутренних контактных соединений;
- ухудшение внутренней изоляции обмоток, связанное со шламообразованием и другими дефектами;
- ухудшение изоляции концевых кабельных муфт и кабельных заделок;
- дефекты поддерживающей арматуры [4, 5].

Все тепловизионные обследования проводились Тепловизором SAT S280 с диапазоном измерений от -40 до +650 С и классом точности 2 (рисунок 2) [10-12].



Рисунок 2 - Тепловизор SAT S280

Тепловизионное обследование силовых трансформаторов 110 и 35 кВ.

Тепловизионное обследование силовых трансформаторов обычно проводится для решения вопросов о важности проведения капитального ремонта, замены и реконструкции основных узлов трансформатора.

На основном этапе обследования снимается термограмма поверхности бака в местах выхода отводов обмоток по высоте бака, по сторонам бака, верхней его части, в местах болтового крепления колокола бака, системы охлаждения и их элементов и т.п. (рисунок 3).

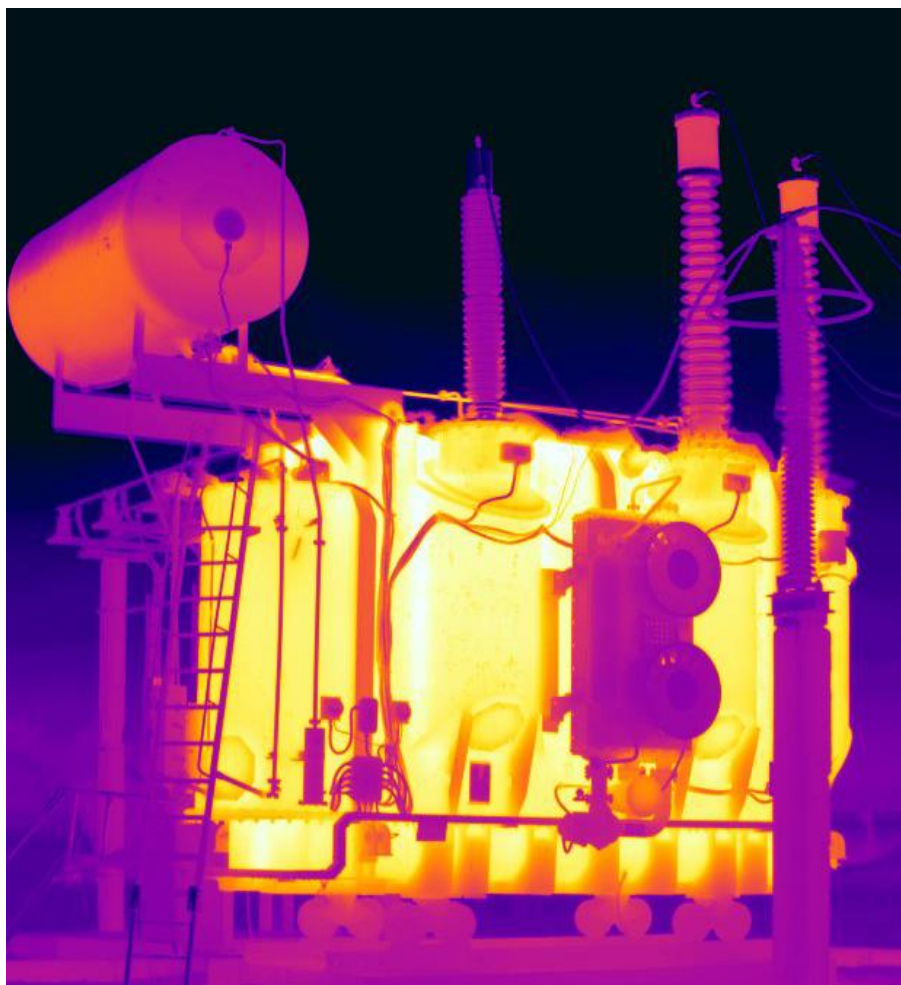


Рисунок 3 - Трансформатор 110/35/6 кВ ПС 110/35/6 кВ «Первомайская»

При обработке термограмм сравниваются между собой нагревы крайних фаз, нагревы однотипных трансформаторов, динамика изменения нагревов во времени и в зависимости от нагрузки, определяются локальные нагревы, места их расположения, осуществляется сопоставление мест нагрева с расположением элементов магнитопровода, обмоток, оценивается эффективность работы систем охлаждения (рисунок 4).

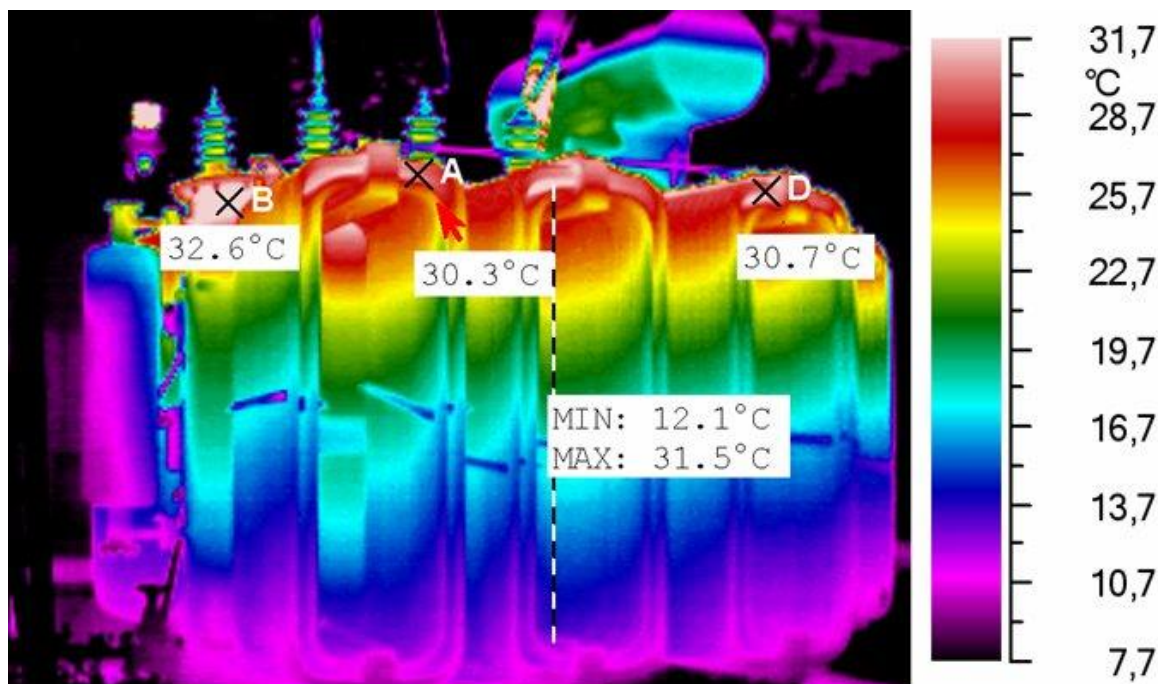


Рисунок 4 - Термограмма трансформатора 110/35/6 кВ ПС 110/35/6 кВ «Первомайская»

Опыт проведения ИК-диагностики силовых трансформаторов показал, что можно выявить с ее помощью следующие неисправности:

- возникновение магнитных полей рассеяния в трансформаторе за счет нарушения изоляции отдельных элементов магнитопровода (консоли, шпильки и т.п.);

- нарушение в работе охлаждающих систем (маслонасосы, фильтры, вентиляторы и т.п.) и оценка их эффективности;

- изменение внутренней циркуляции масла в баке трансформатора (образование застойных зон) в результате шламообразования, конструктивных просчетов, разбухания или смещения изоляции обмоток (особенно у трансформаторов с большим сроком службы);

- нагревы внутренних контактных соединений обмоток НН с выводами трансформатора;

- витковое замыкание в обмотках встроенных трансформаторов тока;

- ухудшение контактной системы некоторых исполнений РПН и т.п.

Возможности ИК-диагностики применительно к трансформаторам недостаточно изучены.

Сложности заключаются в том, что:

- во-первых, тепловыделения при возникновении локальных дефектов в трансформаторе "заглушаются" естественными тепловыми потоками от обмоток и магнитопровода;

- во-вторых, работа охлаждающих устройств, способствующая ускоренной циркуляции масла, как бы сглаживает температуры, возникающие в месте дефекта.

Для наглядности рассмотрим несколько трансформаторов и их нагревы.

На рисунке 5 представлен начальный нагрев болтового соединения ввода 10 кВ низкой стороны напряжения по фазе А. Начальная степень неисправности - это степень которую следует держать под контролем и принять меры по ее устранению во время проведения ремонта, запланированного по графику. На данный момент неисправность полностью устранена.

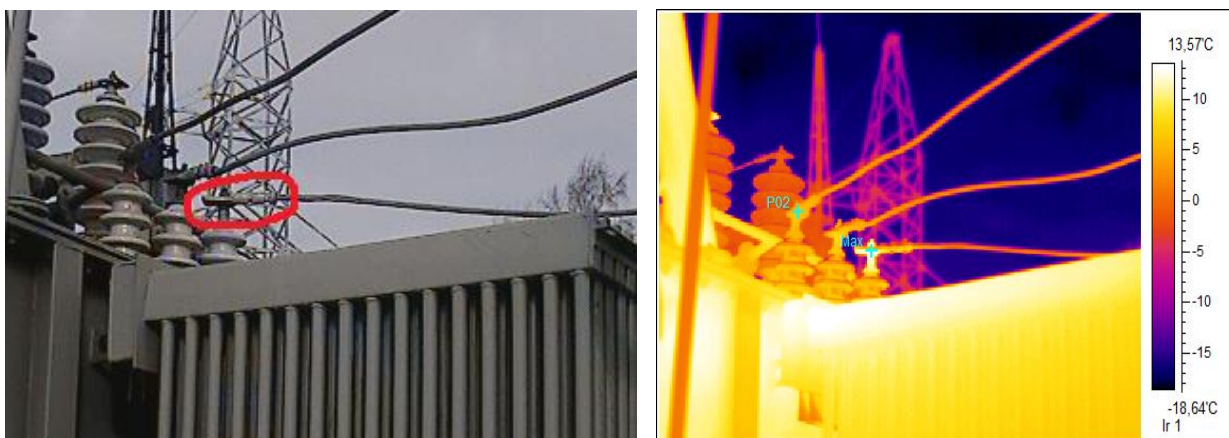


Рисунок 5 - Начальный нагрев болтового соединения ввода 10 кВ (ПС 35 кВ «Изосимовская». Трансформатор 35 кВ Т1. Сторона НН. Фаза А.)

На рисунке 6 представлен уже аварийный нагрев болтового соединения ввода 35 кВ низкой стороны напряжения по фазе А. Такой нагрев может привести к потерям напряжения и к понижению изоляционных свойств ввода, что приведет к утечки тока. Это чревато еще большим нагревом фарфоровых элементов ввода, который может привести к разрушению фарфора и отключения фазы. Аварийная степень неисправности - это неисправность,

которая устраняется незамедлительно. На данный момент неисправность устранена.



Рисунок 6 - Аварийный нагрев болтового соединения ввода 35 кВ низкой стороны напряжения по фазе А (ПС 35кВ Ким. Трансформатор 35 кВ Т2. Сторона НН. Фаза А).

На основе проведенного телевизионного контроля силовых трансформаторов, ОПН и выключателей и анализе результатов телевизионного контроля можно составить выводы об удовлетворительной работе данных устройств. Большинство нагревов являются незначительными и легко устраняемы. В ходе диагностики было проверено гораздо больше оборудования, но здесь были отображены самые высокие уровни нагрева [12, 13].

Список литературы:

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования. Издание шестое с изменениями и дополнениями — М: НЦ ЭНАС, 2004.
2. Актуальность подготовки инженерных кадров для обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства / И.П. Криволапов, С.Ю. Щербаков, К.А. Манаенков // Сб.: Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий Индустрии 4.0: материалы Международной научной школы, организованной при финансовой поддержке Администрации Тамбовской области. - 2017. - С. 22-24.
3. Исследование состава и свойств обкаточного масла, получаемого на основе отработанного моторного масла / В.В. Остриков, В.И. Вигдорович,

С.Н. Сазонов, Д.Н. Афоничев, К.А. Манаенков // Химия и технология топлив и масел. - 2017. - № 5 (603). - С. 11-16.

4. Аналитическая оценка свойств дисперсно-упрочненных гальванических композитных многослойных покрытий / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов, К.А. Манаенков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2015. - № 1. - С. 142-149

5. РД 153-34.0-20.363-99 «Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ».

6. Гордеев А.С. Обработка изображений почвенных срезов / А.С. Гордеев, А.В. Антонов // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 21.

7. Отражательная способность почвы в видимой и ближней инфракрасных областях оптического излучения / А.М. Егоров, Ю.А. Судник, А.С. Гордеев, М.В. Придорогин, А.Е. Бадин // Перспективы науки. – 2018. – № 4 (103). – С. 13-21.

8. Галкин И.А. Модель учета потерь в электрических сетях / И.А. Галкин, А.С. Гордеев, А.В. Вылгин // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Сборник научных трудов. Под общей редакцией В.А. Солопова. – 2017. – С. 215-220.

9. Unmanned aerial vehicles for estimation of vegetation quality / A.Yu. Astapov, K.A. Prishutov, I.P. Krivolapov, S.Yu. Astapov, A.A. Korotkov // Amazonia Investiga. - 2019. - Т. 8. - № 23. - С. 27-36.

10. Substantiation for structural and technological parameters of the unit for separating branching cloned rootstocks / V.G. Brosalin, A.A. Zavrazhnov, A.I. Zavrazhnov, V.Y. Lantsev, K.A. Manaenkov // Biosciences Biotechnology Research Asia. - 2014. - Т. 11. - № 3. - С. 1413-1419.

11. [РД 34.45-51.300-97](#) «Объем и нормы испытаний электрооборудования».

12. <https://www.pergam.ru/articles/teplovizor.htm>

13. <https://present5.com/profilakticheskie-ispytaniya-izolyacii-metody-nerazrushayushhego-kontrolya-metody-razrushayushhego>

UDC 681.5.08

**ANALYSIS OF OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF
TRANSFORMER SUBSTATIONS OF MICHURINSKY RES BY MEANS
OF THERMAL IMAGING CONTROL**

Vitaly Alexandrovich Fefelov

Master

www.fefelov.moneta@mail.ru

Dmitry Valeryevich Guryanov

Candidate of Technical Sciences, associate Professor

guryanov72@mail.ru

Alexander Viktorovich Chuvylkin

Candidate of Technical Sciences, associate Professor

sanek_reg68@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article deals with the issues of research with the use of thermal imaging devices at substations of the Michurinsky RES. The use of these devices allows detecting heating of bus and input connections of various degrees of failure of electrical equipment of substations. A complete set of all diagnostic measures can fully assess the condition of the equipment and the need for repair, replacement or reconstruction of the equipment.

Key words: electrical equipment of transformer substations, thermal imaging control, insulation resistance of windings, thermal imager and diagnostics.