

УДК 621.311

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Андрей Юрьевич Астапов

кандидат технических наук, доцент

astapow_a@mail.ru

Максим Андреевич Бабошин

студент

maksbaboshin2@gmail.com

Алла Борисовна Лыкова

студент

lukovaalla3@gmail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Обеспечение надежности и эффективной работы электроэнергетического оборудования важный аспект безопасности на предприятии. Для поддержания работоспособного состояния и выявления дефектов без разрушения целостности конструкции применяется неразрушающий контроль. Он включает в себя ряд методов по выявлению дефектов и последующего устранения проблемы.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, оборудование, диагностирование, измерения, деталь, дефект, неисправность, техническое состояние, износ.

Работа машин, станков, электроэнергетического оборудования сопровождается различными видами износа, приводящими к выходу его из строя. Диагностика – один из главных процессов в выявлении и последующем ремонте оборудования. Ее основной задачей является выявление дефектов, неисправностей или проверка технического состояния.

Своевременное диагностирование позволяет снизить риск травматизации на предприятии до приемлемого, за счет исключения возможных аварий и повышения надежности, долговечности и производительности оборудования, а также снижение экономических затрат на его долгосрочный ремонт или замену.

Комплекс мер по изучению и выявлению неисправностей или работоспособности и запаса ресурса называется технической диагностикой. Результатом диагностирования является заключение, в котором подробно описывается дефект, либо же его отсутствие [1].

Другими словами, техническая диагностика проводит оценку состояния оборудования или любого рассматриваемого механизма. Она позволяет выявлять внутренние неисправности, в то время как внешние признаки видимы без дополнительной диагностики.

Стоит отметить, что система диагностирования не может быть универсальной для всех механизмов, так как оборудование различается устройством и эксплуатационными характеристиками. Именно поэтому для каждой системы существует индивидуальный подход к выявлению проблемы.

Методы диагностирования неисправностей оборудования подразделяют на два класса: методы разрушающего и неразрушающего контроля [1].

К первой группе относятся методы выявления неисправностей путем разрушения целостности конструкции механизма или материала из которой он изготовлен.

Неразрушающий контроль позволяет добиться сохранения целостности конструкции путем измерения различных параметров. К ним можно отнести:

1. Шум;

2. Вибрация;
3. Измерения тока и сопротивления;
4. Частота;
5. Емкость;
6. Индуктивности.

Основным документом, регулирующим правила проведения неразрушающего контроля, является Приказ Ростехнадзора от 1 декабря 2020 года №478 «Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах» [6].

Методы неразрушающего контроля классифицируются в зависимости от принципа работы, т.е. на физических явлениях, на которых они основаны.

Основные методы диагностирования электротехнического оборудования согласно ГОСТ Р 56542–2019 представлены на рисунке 1 [3].

-  **Радиоволновой метод:** радиоволны применяются для обнаружения дефектов в материалах
-  **Оптический метод:** оптические характеристики материалов применяются для диагностики
-  **Магнитный метод:** этот метод использует магнитное поле для выявления дефектов и аномалий в материалах и конструкциях
-  **Акустический метод:** акустические волны используются для диагностики состояния объектов
-  **Вихретоковый метод:** этот метод основан на колебании электромагнитных полей для диагностики
-  **Тепловой метод:** этот метод использует тепловое излучение для анализа объектов
-  **Радиационный метод:** радиационное излучение применяется для обнаружения дефектов и аномалий
-  **Электрический метод:** в данном случае метод основан на электрических характеристиках и позволяет выявить потенциальные проблемы
-  **Методы с использованием проникающих веществ**

Рисунок 1 - Основные методы диагностирования неразрушающим контролем электроэнергетического оборудования.

При диагностировании электроэнергетического оборудования самыми распространенными методами являются:

1. Ультразвуковая дефектоскопия – принцип диагностики строится на пропускании через материал ультразвуковых волн, которые отражаются от границ и улавливаются дефектоскопом. Такой метод позволяет определить трещины, поры, различные включения в материале и другие дефекты. Различают 3 метода ультразвуковой дефектоскопии: эхометод, теневой метод и резонансный [4].

2. Вибрационная диагностика – для любого оборудования или работающей детали характерны колебания в процессе работы. Для измерения колебаний и отклонения от нормальной работы за счет повышенной вибрации используют акселерометры или виброметры. Они позволяют выявить дефекты, связанные с дисбалансом механизма, степени износа машины или отдельной его части, а также наличие зазоров между деталями и отсутствию соосности.

3. Термография – применяется для обнаружения перегрева оборудования, нарушения изоляции объекта, выявления короткого замыкания и другие. С помощью тепловизора инфракрасное излучение преобразуется в видимое и понятное для человека, оно называется термограммой. В результате тепловизор позволяет видеть тепловые поля, которые отображаются различными цветами, что позволяет с высокой точностью определять тепловые потери, пониженную и повышенную температуру. Зачастую используется на предприятиях с повышенной опасностью.

4. Электрическая диагностика – принцип измерения строится на сборе и анализе параметров электрического поля, непосредственно контактирующим с объектом. Сюда можно отнести: утечку тока, диэлектрическую проницаемость, и выявление потери мощности вследствие этих дефектов. К другим функция электрической диагностики относится проверка изолирующего слоя контактов, проводников и других деталей [5].

Стоит учесть, что у любого вида неразрушающего контроля есть факторы, от которых зависит точность измерений и их последующий анализ.

Эти факторы классифицируют на 3 главные категории, которые представлены на рисунке 2 [2, 6].



Рисунок 2 - Факторы, влияющие на точность измерений неразрушающего контроля.

На практике существует целый ряд факторов, которые могут оказывать влияние на точность измерений. Именно поэтому для различных видов неразрушающего контроля предусмотрена нормативно-правовая документация, в которой прописывается правильность проведения и основные критерии процесса, анализ данных и рекомендации по устранению выявленных неисправностей [2].

В заключении отметим, что диагностирование электроэнергетического оборудования многопрофильный процесс, который требует высокой квалификации персонала, так как именно от профессионализма будет зависеть правильность проведения контроля и своевременного устранения

неисправностей оборудования. Именно поэтому техническая диагностика востребована в сфере обслуживания энергетической инфраструктуры.

Список литературы:

1. Ушаков В. Я. Электроэнергетические системы и сети: учебник для вузов / 2-е изд., перераб. и доп. / Москва: Издательство Юрайт. 2025. 393 с. ISBN 978-5-534-18061-9.
2. Быстрицкий Г. Ф., Гасангаджиев Г. Г., Кожиченков В. С. Общая энергетика: учебник для вузов / 2-е изд., испр. и доп. / Москва: Издательство Юрайт. 2025. 414 с. ISBN 978-5-534-20009-6.
3. Зацепин А. Ф., Бирюков Д. Ю. Методы и средства измерений и контроля: дефектоскопы: учебник для вузов / под научной редакцией В. Н. Костина. Москва: Издательство Юрайт. 2025. 120 с. ISBN 978-5-534-08496-2.
4. Астапов А. Ю., Астапова С. С., Шишкова К. А. Тепловизионная съемка воздушных линий электропередач с помощью // Энергетика. Проблемы и перспективы развития: Тезисы докладов 3-й Всероссийской студенческой научной конференции, Тамбов, 20–21 декабря 2017 года. Тамбов: Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина. 2017. С. 165-167.
5. Пришуттов К. А., Щукин Р. А., Астапов А. Ю. Использование тепловизионных снимков с БПЛА для изыскательных работ // Наука и Образование. 2019. Т. 2, № 2.
6. Невзоров Д. С., Бородкина С. В., Астапов А. Ю. Погрешности при тепловизионном контроле // Наука и Образование. 2024. Т. 7. № 4.
7. Козел Н. О., Астапов А. Ю. Тепловизионный контроль для анализа силового электрооборудования // Наука и Образование. 2024. Т. 7. № 4.

UDC 621.311

**METHODS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING OF ELECTRIC
POWER EQUIPMENT**

Andrey Yu. Astapov

candidate of technical sciences, associate professor

astapow_a@mail.ru

Maxim An. Baboshin

student

maksbaboshin2@gmail.com

Alla B. Lykova

student

lukovaalla3@gmail.com

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. Ensuring the reliability and efficient operation of electric power equipment is an important aspect of safety at the enterprise. Non-destructive testing is used to maintain operational condition and identify defects without destroying the integrity of the structure. It includes a number of methods to identify defects and then fix the problem.

Keywords: non-destructive testing, equipment, diagnostics, measurements, part, defect, malfunction, technical condition, wear.

Статья поступила в редакцию 24.10.2025; одобрена после рецензирования 20.12.2025; принята к публикации 29.12.2025.

The article was submitted 24.10.2025; approved after reviewing 20.12.2025; accepted for publication 29.12.2025.