

# TECHNICS

*Кожевников И.Е.*

*Акционерное общество «Северное Производственное Объединение «Арктика» / Северный (Арктический) Федеральный университет имени Михаила Васильевича Ломоносова, Северодвинск*

## ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ INDUSTRY 4.0

*Kozhevnikov I.E.*

*Joint Stock Company "Northern Production Association" Arctic "/ Northern (Arctic) Federal University named after Mikhail Vasilyevich Lomonosov, Severodvinsk*

## DIAGNOSTICS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS UNDER INDUSTRY 4.0 CONDITIONS

### **Аннотация**

*В статье рассматривается судостроительная отрасль, её характерные особенности, важность данной отрасли мировой промышленности для мирового хозяйства и глобальной торговли, дается характеристика системы диагностирования по фактическому состоянию, обосновывается важность системы диагностирования по фактическому состоянию, показывается важность бесперебойной работы асинхронных электродвигателей на судне, и как следствие акцент, который сделан на диагностику в первую очередь асинхронных электродвигателей, рассмотрены методы неразрушающего контроля, наиболее подходящие к судовым асинхронным электродвигателям, обосновывается на примере эффективность применения нескольких методов неразрушающего контроля с помощью виртуального прибора в диагностике электродвигателей в условиях цифровизации экономики и 4-ой промышленной (индустриальной) революции (Industry 4.0).*

### **Abstract.**

*The article examines the shipbuilding industry, its characteristic features, the importance of this branch of the world industry for the world economy and global trade, gives a characteristic of the diagnostic system based on the actual state, substantiates the importance of the diagnostic system based on the actual state, shows the importance of the uninterrupted operation of asynchronous electric motors on the ship, and as a consequence the emphasis placed on diagnostics, first of all, of asynchronous electric motors, the methods of non-destructive testing that are most suitable for marine asynchronous electric motors are considered, the effectiveness of the use of several methods of non-destructive testing using a virtual device in the diagnostics of electric motors in the conditions of digitalization of the economy and the 4th industrial ( industrial) revolution (Industry 4.0).*

**Ключевые слова:** *асинхронный электродвигатель, виртуальный прибор, диагностика, метод неразрушающего контроля, LabVIEW.*

**Keywords:** *asynchronous motor, virtual instrument, diagnostics, non-destructive testing method, LabVIEW.*

### **Введение**

Обеспечение бесперебойной работы судовых систем является важной задачей из-за особенностей судостроительной отрасли и эксплуатации судна. Электрические машины являются наиболее важными и распространенными единицами судового электрооборудования, отвечающие за судовые процессы и работу потребителей, особенно первой группы. Система планово-предупредительного обслуживания электродвигателей в настоящее время заменяется системой технического обслуживания по техническому состоянию, которая имеет значительные преимущества. Наиболее часто встречающимся судовым электродвигателем является асинхронный электродвигатель. Для реализации диагностирования электродвигателя в системе технического обслуживания по фактическому состоянию применительно к судостроению наиболее часто применяются тепловой, анализ параметров электрической сети и вибрационный методы неразрушающего контроля.

Тепловые методы неразрушающего контроля могут выявлять широкий спектр ненормальных состояний электрической машины. Данный способ

позволяет контролировать температуру всей машины, так и отдельных её узлов. Приборами, осуществляющие данный процесс являются тепловизоры, пирометры и др. При значительном изменении параметров электрической сети как выше, так и ниже установленных величин приводит к ненормальным режимам работы электродвигателей, что отражается на работе судовых систем, что в свою очередь отражается на работе судна в целом. Анализ параметров электрической сети основан на регистрации и анализе параметров напряжения, тока и мощности. К достоинствам метода относятся возможность выявления опасных ситуаций ещё до наступления критического момента. Благодаря этому методу диагностики могут быть обнаружены неисправности электрических частей ротора и статора, формы воздушного зазора, источников питания и подшипников. Вибрационная диагностика относится к методам неразрушающего контроля оборудования, основанная на анализе параметров вибрации, которая создается либо работающим оборудованием, либо является источником вторичной вибрации, которая обусловлена структурой ис-

следуемого объекта. Достоинствами метода является малое время диагностирования и возможность обнаружения скрытых дефектов.

Для покрытия необходимости диагностики электродвигателей в условиях цифровизации экономики и Industry 4.0, в первую очередь асинхронных электродвигателей, на предприятии АО СПО «Арктика» был создан виртуальный прибор, который дает возможность проводить диагностические работы, как в условиях предприятия, так и в условиях объектов заказчика.

Концепция Industry 4.0 находится в неразрывной связи с научно-техническим прогрессом, что предполагает уменьшение массогабаритных параметров приборов и устройств, с одновременным увеличением их производительности и спектра решаемых задач.

С помощью данного виртуального прибора, возможно, проводить многогранное исследование работы электрической машины, что позволяет вывести техническое диагностирование на новый уровень. Важным преимуществом комплекса является возможность диагностирование не только электродвигателей специального исполнения (применяемых на судах), но и общепромышленного назначения.

При создании виртуального прибора была использована продукция компании National Instruments (NI) среда графического программирования

Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench (сокращенно – LabVIEW). Основой виртуального прибора для проведения диагностики электрооборудования является измерительный модуль National Instruments NI PMA-1115, к которому подключаются датчики (акселерометры, дифференциальный пробник, термopара, токоизмерительные клещи). Исходный код прибора составляется на блок-диаграмме виртуального прибора. В LabVIEW исходный код выглядит блок-диаграммой.

Процесс диагностирования состоит из следующих этапов:

- Определение диагностируемого объекта
- Подключение датчиков к объекту диагностики
- Запуск виртуального прибора
- Снятие показаний
- Обработка и анализ полученных результатов, графиков, термограмм
- Заключение о состоянии диагностируемого объекта

Данный виртуальный прибор позволяет проводить диагностирование в более сжатые сроки с повышенной точностью идентифицировать неисправности объекта диагностики так и повысить эффективность использования диагностического оборудования.

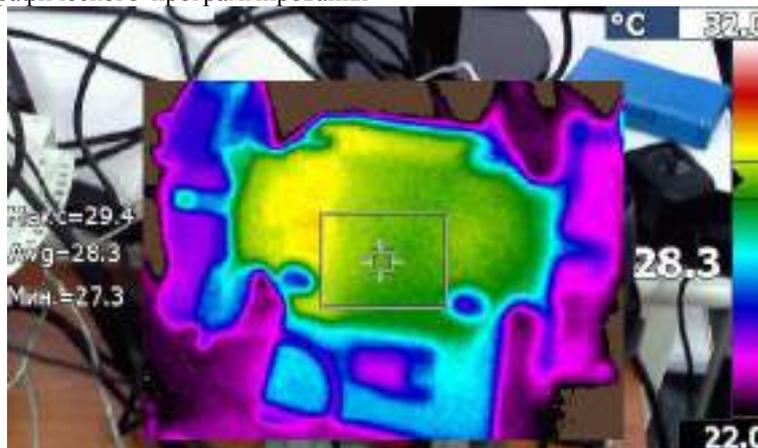


Рисунок 1. Общая термограмма диагностируемого электродвигателя

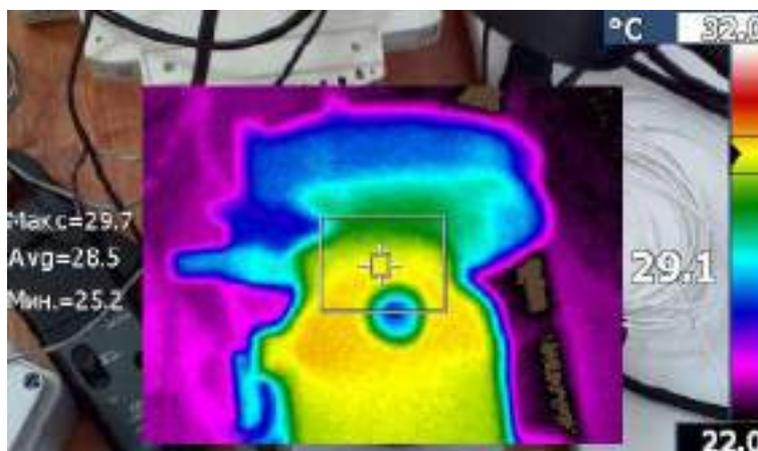


Рисунок 2. Термограмма подшипника электродвигателя

В ходе проведения диагностирования электродвигателя было установлено:

– На общей термограмме (рисунок 1) температурные максимумы и минимумы составили 29,4°C и 27,3°C соответственно, среднее значение температуры составило 28,3 °С. На общей термограмме были зафиксированы места повышения температуры, которые локализовались в подшипниках, поэтому было принято решение провести частную термограмму этой области (рисунок 2). При термографии данной области температурные максимумы и минимумы составили 29,7°C и 25,2°C соответственно, среднее значение температуры составило 28,5 °С. Был проведен анализ локализации и температурных значений электродвигателя, в котором установлено, что причиной повышения общей температуры диагностируемого электродвигателя является рабочий подшипник (превышение температуры составляет 0,2% от общего уровня). На основании применения тепловизионного метода неразрушающего контроля был сделан вывод об исправности работы подшипника в частности и диагностируемого электродвигателя в целом, и о возможности дальнейшей длительной эксплуатации согласно режиму.

– На основании измерения уровня вибрации, который составил 1,1 мм/с и на основании норматива ГОСТ ИСО 10816, машина была классифицирована по классу электрических машин и зоне вибрации, которые составили класс I малые машины до 15 кВт, и зона «В» соответственно. По результатам классификации, применяя вибрационный метод неразрушающего контроля, был сделан вывод о возможности длительной эксплуатации диагностируемого электродвигателя.

– Используя метод оценки электрических параметров электродвигателя, было зафиксировано отсутствие превышений тока и напряжения в фазах электродвигателя, что говорит об отсутствии скачков напряжений питающей сети и равномерной нагрузки электродвигателя.

#### **Заключение**

На основе применения трех методов неразрушающего контроля была проведена комплексная диагностика электродвигателя, по результатам которой было сделано вывод о возможности дальнейшей длительной эксплуатации данного диагностируемого объекта.