

УДК 621.3

**КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН  
МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ  
CONTROL OF SURFACES OF PARTS OF ELECTRIC MACHINES  
BY LASERS SCANNING**

Е.А. Шетик, И.В. Кулинич

Научный руководитель – С.В. Константинова, к.т.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Shetik, I. Kulinich

Supervisor - S. Konstantinova, Candidate of Technical Sciences, Docent  
Belarusian National Technical University, Minsk

*Аннотация:* применение лазерного сканирования для контроля качества геометрических размеров деталей электрических машин.

*Abstract:* the use of laser scanning for quality control of the geometric dimensions of electrical machine parts.

*Ключевые слова:* сканер, луч, излучение, технологии, модель, электрическая машина.

*Keywords:* laser, scanner, beam, x-ray, technology, model, electric machine.

### **Введение**

Одними из важных требований к изготовлению частей электрических машин является точность. Технология контроля занимает особое место в машиностроении.

### **Основная часть**

По сравнению с привычными способами измерения, лазерные сканеры обладают важнейшим преимуществом — они способны оцифровывать различные объекты с поверхностями любой сложности и могут применяться в самых недоступных для человека местах. Главные области использования приборов — контроль качества на производстве, надзор за использованием работающих приборов в целях профилактики и ликвидации неисправностей. т.д.

При помощи такого метода появилась возможность сканирования значительной площади за небольшой промежуток времени, т.к. лазерная установка способна собирать одновременно до одного миллиона координат по всему диаметру. Данный фактор так же позволяет сократить количество ненужных «откатываний» техники для измерений.

Из-за высокой точности сканирования лазерного сканера в автоматическом режиме, вероятность возникновения ошибки практически отсутствует. Таким образом, применение лазерного сканирования даёт нам возможность сразу же получить точную информацию о цифровой модели объекта (рис. 1).

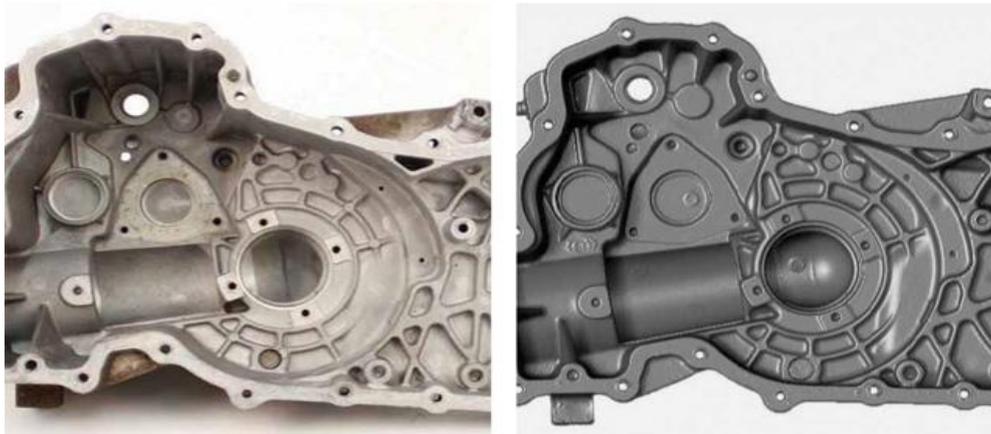


Рисунок 1 – Реальная деталь и её отсканированная модель

Лазерные сканеры – это такие устройства, которые выполняют трёхмерные измерения, а после используют с целью приобретения информации об исследуемых предметах, так же для их дальнейшей обработки и изучения при помощи компьютерных технологий. Лазерным сканерам не нужно взаимодействовать механически с исследуемым объектом, их можно применять для углубленного или выборочного 3D-измерения различных физических объектов. Большая часть таких сканеров создаёт точки предельной плотности по сравнению с привычными устройствами контактного измерения, что позволяет сделать исследование измеряемого объекта более информативным.

Одними из самых популярных моделей метрологических измерений являются HandyPROBE и MetraSCAN. HandyPROBE – это переносная координатно-измерительная машина, которая способна заменить обычные измерения габаритов объекта простейшими измерительными приборами (линейки, рулетки и т.п.), с её помощью можно измерить предметы простой формы (плоскости, конусы, цилиндры и т.д.) и сохранять результаты измерений в виде САПР-данных. MetraSCAN – лазерный 3D-сканер, который предназначен для высокоскоростного сканирования и выполнения высокоточных измерений крупногабаритных объектов самых сложных форм.

Принцип работы лазерного сканера.

Принцип работы лазерного сканера основан на триангуляционном методе измерения расстояния до объекта, т.е. практически как в геодезии, а именно в определении пространственного местоположения специально закрепленных на местности пунктах в вершинах целого ряда треугольников. Принцип лазерного сканирования состоит в выражении объекта из физической формы в цифровую, посредством сбора нужной информации о геометрических размерах и формах исследуемого элемента, с дальнейшим созданием копии в трёхмерном формате. При помощи полученных цифровых данных появляются огромные перспективы последующей работы с ними: полученную модель можно изменять в соответствии с определёнными требованиями, меняя её размеры и форму.

В сканере используются источник лазерного луча высокой плотности пучка, который отличается от привычного света, после попадания на поверхность. В результате отражения луча от предмета часть пучка попадает в приемник (рис. 2).

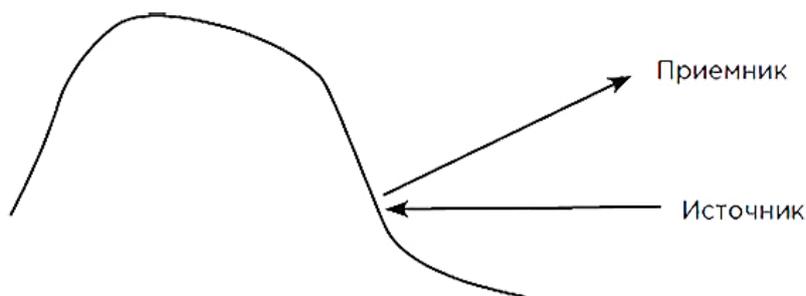


Рисунок 2 – Схема работы лазерного сканера

Из этого следует, что положение точки лазера на приёмнике изменяется в зависимости от расстояния до объекта и угла между ними. Принимая во внимание, что приёмник лазерного луча и источник статичны и находятся на установленном расстоянии, мы можем определить угол отражения простым геометрическим построением.

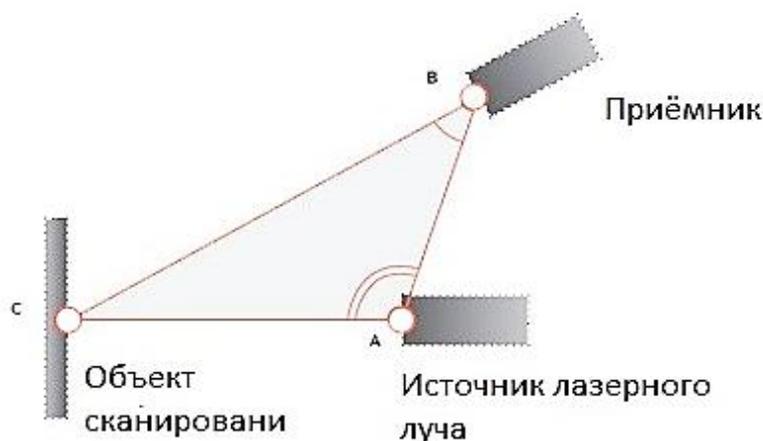


Рисунок 3 – Геометрическая схема

Применение технологии лазерного сканирования открывает и решает следующие виды задач, такие как:

- изготовление деталей, давно снятых с производства взамен вышедшей из строя или если нецелесообразно приобретение ремкомплекта для всей установки;
- способность сохранения уникальных деталей в цифровом формате с дальнейшей доработкой скана изделия и т.д.
- конкурентный анализ продукта;
- измерение среды эксплуатации или сопрягаемых деталей;
- изучение формы экспериментального объекта для подтверждения правильности концепции.

- Выделяют несколько направлений в использовании 3D-сканера:
- контроль геометрических параметров исследуемого объекта.
- воссоздание трёхмерной модели для реверс-инжиниринга и упрощения прототипирования.

Обратное проектирование (реверс-инжиниринг) – это исследование готового объекта с последующим созданием полигональной модели. Инженер, занимающийся обратным инжинирингом, работает в некоторой степени как археолог. Главная цель его работы - восстановить модель детали, для дальнейшего получения аналогичного продукта.

Одним из ярких примеров по выполнению считывания лазерным сканером размеров с объекта являются медные стержни генератора, где измерения производятся при помощи трёхмерной съёмки лазером сканера. Главная задача этой научной работы состоит в том, чтобы проверить насколько соответствуют параметры уже готовых деталей. В первую очередь, при изготовлении статора должны проектироваться стержни статора, для которых и задаются все характеристики. Стержни представляют собой многослойные медные детали, которые содержат участки, имеющие выгнутые участки, а также вращательный элемент. Чтобы придать заготовке нужную форму, используют формообразующий шаблон. После всех манипуляций, полученная деталь должна чётко встать в соответствующие пазы статора и их концы должны совпасть. В действительности, большое влияние в проектные данные формообразующего шаблона оказывают различные явления, в частности, остаточное напряжение (которое является неотъемлемым свойством металла). На производстве может произойти несостыковка деталей генератора из-за отсутствия достаточно точных измерительных приборов, поэтому бывает невозможно оценить геометрические параметры произведенных изделий.

Чтобы проверить геометрические параметры, как правило, изготавливается упрощенный макет статора, на который в последующем крепятся изготовленные стержни, также выгоднее с экономической точки зрения изготовить макет, чем реальный статор. Часто сложно дать конкретную оценку качеству изготовленных деталей, т.к. макет статора всё-таки отличается от реальной конструкции статора. Поэтому с целью более качественного геометрического контроля параметров деталей, оптимизации и сокращения стоимости производства появилась необходимость альтернативного метода. Для оценки точности изготовления возможно применять трехмерное сканирование, чтобы воссоздать их в трехмерной модели. С помощью компьютера можно имитировать нахождение стержней внутри электрической машины и заранее определить ошибку несостыковки деталей.

Такие работы можно выполнять лазерным сканером Mensi GS20 (табл. 1).  
Таблица 1 – Основные технические характеристики лазерного сканера Mensi GS20

Дальность действия	До 350 м
Точность измерения расстояний	2,5 мм
Минимальный угловой шаг сканирования	0,0018 градусов

Для исследования возможностей лазерного использован стержень длиной 2,67 м, а на рисунке 4 продемонстрирован внешний вид.



Рисунок 4 – Стержень обмотки статора

При визуальном контроле нескольких 3D моделей заметно минимальное отклонение размеров изделия из-за наличия погрешности в измерительной установке. Если сравнивать данный опыт с механическими измерениями (в нашем случае – штангенциркуль) точность точечной модели лежит в пределах 3 – 5 мм.

Точечные модели верхнего и нижнего стержней представлены в виде блоков (рис. 5).

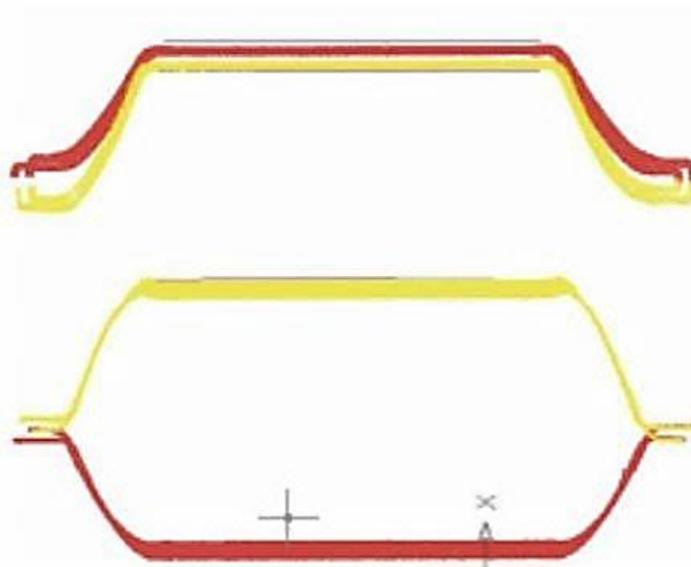


Рисунок 5 – Чертеж стержней в двух проекциях

Чтобы определить реальное положение объектов, в программе были созданы необходимы оси, аналогичные действительному положению деталей в статоре. Местная система координат была расположена вдоль основных осей деталей. В результате всех испытаний, в плоскостях этой системы координат

получилось построить чертежи деталей с последующим размещением промеров необходимых участков.

Применение технологии 3D сканирования позволяет получить модель исследуемого объекта с необходимыми размерами за малый промежуток времени, в отличие от механических, но класс точности используемого сканера не представляется для дальнейшего применения в производстве деталей

### **Заключение**

Однако сам опыт позволяет говорить о скорейшем глобальном распространении в мире измерений прогрессивного метода контроля с помощью лазерных 3Dсканеров. Можно утверждать, что данная статья в значительной степени отвечает на вопросы контроля геометрических характеристик элементов электрических машин методом лазерного сканирования.

### **Литература**

1. Лазерное 3D- сканирование и портативные КИМ для контроля геометрических параметров и обратного проектирования [Электронный ресурс]/ Лазерное 3D –сканирование. – Режим доступа: <https://ostec-group.ru/group-ostec/pressroom/articles/tekhpodderzhka/lazernoe-3d-skanirovanie-i-portativnyye-kim-dlya-kontrolya-geometricheskikh-parametrov-i-obratnogo-pr/> . – Дата доступа: 24.10.2022.

2. Контроль геометрических характеристик элементов электрических машин методом лазерного сканирования [Электронный ресурс]/ Лазерное сканирование. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-geometricheskikh-harakteristik-elementov-elektricheskikh-mashin-metodom-lazernogo-skanirovaniya/viewer>. –Дата доступа: 24.10.2022.