

Описание технологии наземного лазерного сканирования и эффективности ее использования в электроэнергетике

В связи со структурной реформой отечественной электроэнергетики обусловленной активным увеличением электропотребления и значительным износом большей части оборудования в последнее время все острее встает вопрос о модернизации электроподстанций. Для успешного решения этой задачи, на первом этапе необходимо получение полной, точной и оперативной информации о состоянии оборудования и его фактическом пространственном расположении. Получение этих данных является залогом принятия оптимальных технико-экономических решений, что сокращает сроки и стоимость всего комплекса проектно-строительных работ.

Традиционно эти работы выполнялись с использованием классического геодезического оборудования. Даже с появлением безотражательных геодезических приборов (лазерные рулетки, тахеометры) эти работы оставались в значительной мере трудоемкими, так как требовали огромное количество замеров с высокой степенью детализации. Однако использования для этих целей лазерных (лидарных) сканирующих систем наземного базирования позволяет в значительной степени решить эту задачу.

Начиная с 2002 г. компания "Геокосмос" начала активно использовать технологию наземного лазерного сканирования для решения широкого спектра геодезических задач. На настоящий момент, с использованием этой передовой технологии, успешно выполнена съемка более чем 800 га, для создания крупномасштабных топопланов, трехмерных моделей поверхности земли и объектов сложной геометрической формы. В том числе, начиная с 2004 г., было выполнено сканирование и созданы твердотельные трех-

мерные модели оборудования и объектов электрических подстанций общей площадью более 45 га.

Использование лазерных сканирующих систем фирмы RIEGL (Австрия) позволяет решать большинство геодезических задач, в которых целесообразно применять технологию лазерного сканирования. Приборы серии LMS обладают большой дальностью выполняемых измерений, достаточной степенью точности и быстродействия, высокой надежностью и удобством эксплуатации, могут работать в условиях высокой степени запыленности, влажности, при температурах от +50°C до -25°C (при использовании термостабилизации).

Принципом работы наземной лазерной сканирующей системы является использование лазерного дальномера и двухосевого прецизионного механического электропривода, смонтированных в одном корпусе. Основные размеры и конструкция сканера RIEGL LMS-Z420 представлены на рис. 1.

Лазерный дальномер позволяет измерять расстояния до точек объекта. Двухосевой прецизионный механический электропривод представляет собой оптико-механическую систему, которая позволяет отклонять луч лазера в заданном направлении, а также измерять с высокой точностью значения горизонтальных и вертикальных углов приемно-передающего тракта дальномера.

В процессе съемки каждый одиночный лазерный импульс исходит из излучателя, отражается от объекта и возвращается на приемник лазерного излучения. Зная скорость распространения лазерного излучения, а также время, прошедшее от момента испускания импульса до момента его принятия на приемник автоматически определяется расстояние до объекта.

Прибавив к этому знание углового отклонения направляющего зеркала в момент испускания импульса, можно определить условные координаты той точки объекта, в которую попал испущенный импульс. В процессе работы прибор автоматически сканирует выбранную область, сканирующий луч перемещается в горизонтальной плоскости в результате вращения

подвижной верхней части считывающей системы относительно нижней, в каждом акте сканирования, регистрируя наклонную дальность до точки отражения и значения угла, определяющего направления зондирующего луча в системе координат сканера, и фиксируется в памяти компьютера.

После выполнения сканирования с выбранной точки, сканер перемещается на другое место исходя из условия получения необходимой и достаточной пространственной информации для последующего трехмерного отображения обследуемого объекта.

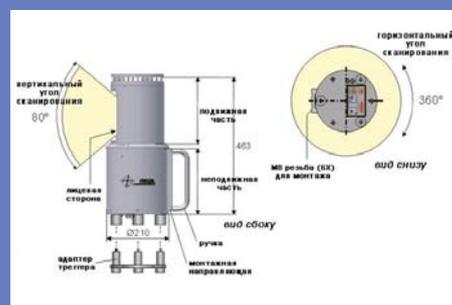


Рис. 1 Основные размеры и конструкция сканера RIEGL LMS-Z 420

Технология проведения съемочных работ состоит из двух основных этапов: создание геодезического обоснования и непосредственно съемочных работ. Создание геодезического обоснования осуществляется с использованием электронных тахеометров или GPS-приемников. Съемочные работы начинаются с установки электронного тахеометра на пункты геодезического обоснования и последующего координирования им отражающих марок (рефлекторов). Далее осуществляется сканирование объекта и рефлекторов. Отражающие марки располагаются таким образом, чтобы осуществлялась прямая видимость на них как с пунктов геодезического обоснования, так и со станций сканирования.

На следующих этапах работ при помощи рефлекторов осуществляется трансформация результатов лазерного сканирования из условной системы координат сканера в систему координат, принятую на объекте работ. Отражающие марки представляют собой микропризмы, следовательно, коэффициент отражения от них выше, чем от соседних объектов, это и позволяет в полуавтоматическом режиме и с высокой точностью определять их положение в условной системе координат сканера. Координаты рефлекторов в системе координат,

Параметры	LMS-Z420i	LMS-Z390i	LMS-Z210i
Максимальное измеряемое расстояние	до 800 м	до 300 м	до 400 м
Минимальное измеряемое расстояние	2 м	1 м	4 м
Точность измерений расстояний			
- одиночного импульса	10 мм	4 мм	25 мм
- средняя	5 мм	2 мм	15 мм
Скорость сканирования	от 3000 точек/сек до 10000 точек/сек	от 8000 точек/сек до 12000 точек/сек	от 1 град/сек до 15 град/сек
Поле зрения сканирования	80x360 градусов	80x360 градусов	80x360 градусов
Класс безопасности	1	1	1
Класс защиты	IP 64	IP 64	IP 64
Диапазон температур рабочий при термостабилизации	0 °C +50 °C -25 +50 C	-10 °C +50 °C -25 °C +50 °C	-10 °C +50 °C -25 °C +50 °C

Таб. 1. Технические характеристики лазерных сканирующих систем фирмы RIEGL (Австрия).

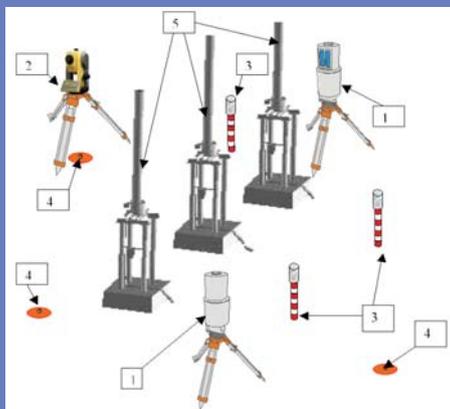


Рис. 2. Технологическая схема производства полевых работ
1 – наземный лазерный сканер; 2 – электронный тахеометр;
3 – отражающие марки; 4 – пункты геодезического
обоснования; 5 – объект съемки.

принятой на объекте работ, брались из тахеометрических измерений.

Трансформированные результаты лазерного сканирования нельзя назвать готовой трехмерной моделью объекта. Для ее получения результаты сканирования обрабатываются с помощью соответствующего программного обеспечения.

Камеральная обработка выполняется в программе AutoCAD с использованием специальных утилит собственной разработки компании "Геокосмос". Первоначально производится загрузка в среду AutoCAD точек лазерного отражения (ТЛО). Затем выполняется камеральное дешифрирование (распознавание объектов, определение их характеристик, построение объектов по ТЛО). Производится отбор и генерализация объектов. Создается библиотека 3D объектов, что в дальнейшем облегчает и ускоряет процесс создания модели. Далее осуществляется моделирование, в процессе которого в ТЛО вписываются графические примитивы (плоскости, конусы, цилиндры и т.д.), активно используется библиотека 3D объектов. Трехмерная цифровая модель с точками лазерного отражения представлена на рис. 3.

Для увеличения наглядности отображаемых сырых данных в программе Riscan Pro, и для облегчения процесса дешифрирования

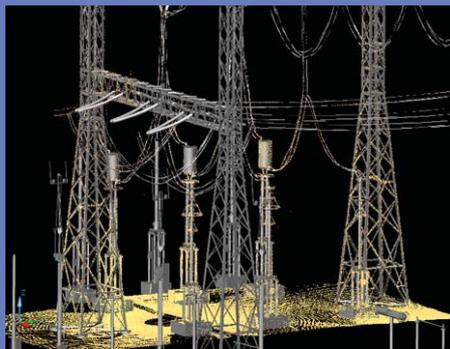


Рис. 3. Трехмерная цифровая модель (ТЛО и 3D объекты)

объектов, опционно применяется цифровая камера высокого разрешения, которая дает возможность "раскрасить" сканы. Процедура превращения одноцветных сканов в цветные осуществляется программой Riscan Pro при помощи наложения каналов истинного цвета RGB на каждую отдельную точку скана (рис. 4). В начале 2006 г. компания "Геокосмос" выполнила сканирование и создание трехмерной модели ОРУ 330 кВ подстанции "Калининская" 330 кВ. В соответствии с техническими требованиями точность, полнота съемки и степень детализации полученной трехмерной модели соответствовала точности и полноте топографических планов масштаба 1:500. Трехмерная модель была интегрирована с данными топографической съемки, предоставленными Заказчиком. Получаемые в процессе съемки данные в полной мере могут быть использованы для создания полноценных крупномасштабных топографических планы (масштаба М 1:500 и крупнее).

Контроль построенной модели осуществляется путем сравнения, геометрических параметров элементов модели с их фактическими параметрами, определенными электронным тахеометром при производстве независимых измерений. Средняя ошибка по высоте составила не более 1,6 см, что более чем укладывается в допустимые рамки.

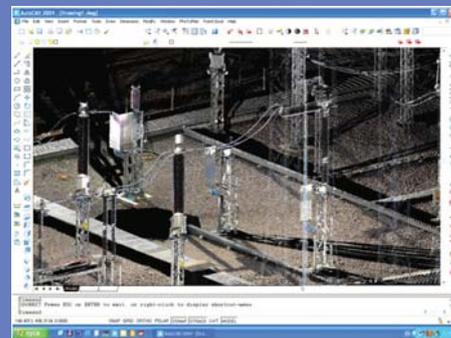
На основе полученной трехмерной модели и дополнительного обследования состояния оборудования компания ЭГЕ-Монаж (Чехия) выполнила проектные работы по реконструкции этой подстанции.

Полученная трехмерная модель так же позволяет выполнять такие расчеты как тяжения проводов, стрелы их провеса, деформации ошинок, выполнять оценку отклонение от нормалей порталов и молниеотводов, определять отклонения от установленных уклонов масляных трансформаторов (при этом достигается точность менее одного градуса). Следует подчеркнуть, что трехмерная модель позволяет наиболее эффективно отображать "в свету" наименьшее расстояние от токоведущих частей до различных элементов оборудования подстанций; "традиционная" документация предполагает использование вертикальных и горизонтальных сечений электроустановок. На основе трехмерных моделей возможно создание точных карт электромагнитных полей, как того требует ПУЭ, что должно повышать безопасность эксплуатации подстанций.

Полученная модель может быть "нагружена" другими дополнительными данными обследования оборудования (тепловизионными, георадарными и т.д.) и явится основой



(А)



(Б)

Рис. 4. Цветное облако точек (А) – в Riscan Pro,
(Б) – в AutoCad (PointCloud)

для создания интерактивной системы документооборота объектов электроэнергетики.

Выводы. В заключение следует отметить, что технология наземного лазерного сканирования в наибольшей степени соответствует требованиям по производству работ (дистанционность, точность, скорость, детальность) на объектах электроэнергетики при решении задач исполнительной съемки и предпроектного обследования для реконструкции. Созданная по данным наземного лазерного сканирования трехмерные модели имеют широкую область применения для решения задач эксплуатации и реконструкции объектов электроэнергетики.

А. Орех, А. Ретюнских

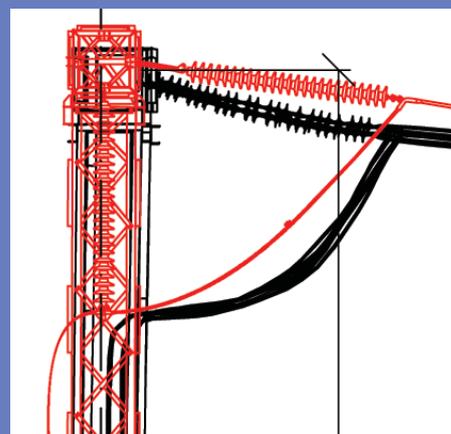


Рис. 5. Сравнение проектной документации с действительностью.
Красные линии - проектные размеры, черные линии - фактические.
(Материалы предоставлены "ЭГЕ-Монтаж. Чехия")