

НАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ

Макаренко Г. К.,

научный руководитель д-р техн. наук Алешечкин А. М.

Сибирский федеральный университет

В настоящее время актуальными задачами электроэнергетических систем является повышение надежности, и эффективности систем энергообеспечения потребителей. Это достижимо за счет освоения и реализация системы эффективной эксплуатации энергетического оборудования с учетом технического состояния. Таким образом востребованными являются методы диагностики, позволяющие проводить дистанционное обследование в процессе эксплуатации под нагрузкой, например метод тепловизионного контроля.

В настоящее время диагностика состояния воздушных линий (ВЛ) осуществляется традиционной системой профилактического обслуживания, основанной на очередных и внеочередных обходах и визуальных осмотрах. Термографическая съемка контактных соединений КС проводов ВЛ обычно ведется бригадой операторов, состоящей из двух-трех человек и представителя линейной службы, хорошо знающего трассу прохождения ВЛ. При использовании вертолета МИ-2 один из операторов с тепловизором размещается на месте штурмана, справа от пилота. Сканер тепловизора устанавливается на шарнирном устройстве, укрепленном на двери кабины вертолета (при снятом оконном блистере). Этот оператор осуществляет наблюдение за КС проводов ВЛ, руководит режимом полета и проводит съемку. Второй оператор совместно с инженером линейной службы ведет запись речевых комментариев полета и выполняет разного рода вспомогательные функции. Третий оператор ведет съемку трассы ВЛ с помощью видеокамеры и других средств записи. Инженер линейной службы осуществляет запись номеров опор трассы ВЛ в процессе полета и выявленных неполадок при визуальном осмотре ВЛ. Оценка состояния КС по нагреву производится как непосредственно в процессе термографической съемки, так и при повторном просмотре видеозаписей в стационарных условиях.

Таким образом, недостатками традиционной системы профилактического обслуживания являются: низкая оперативность; низкая точность координат мест выявленных аварийных и предаварийных состояний энергетических объектов; большая трудоемкость; повышенная опасность проведения работ.

Данная статья рассматривает алгоритм получения геодезически привязанных термограмм объектов энергетики. Автоматизация процессов привязки полученных термограмм обещает повысить производительность операций технической диагностики и снизить материальные и временные затраты на выполнение такого рода работ.

Задача координатной привязки полученных термограмм состоит в определении координат точек углов и центра, а затем и координат любой заданной точки полученного изображения.

При решении задачи определения координат центра и углов изображения известными считаются величины географических координаты и углов пространственной ориентации летательного аппарата (ЛА), выполняющего съемку, а также углы обзора камеры в направлении осей в связанной с объектом системе координат.

Рассмотрим алгоритм решения прямой задачи определения координат точек снимка:

- Расчет направляющих косинусов векторов от точек снимка до камеры, в связанной с объектом системе координат. Эта система координат представляет собой прямоугольную систему координат, начало которой совпадает с местоположением камеры, находящейся в центре ЛА, ось Ox направлена по продольной оси ЛА вперед, ось Oy направлена вправо, ось Oz направлена вертикально вниз;
 - Определение топоцентрической системы координат (ТЦСК), например как трехмерной декартовой системы координат, с центром в точке расположения камеры $Ox^n(N)$ направленной на Север, осью $Oy^n(E)$ направленной на Восток и осью $Oz^n(D)$ направленной вниз к центру масс земли;
 - Осуществление переход от направляющих косинусов точек снимка в системе координат связанной с объектом и углов азимута, места и крена ЛА к направляющим косинусам точек снимка в ТЦСК, используя матрицу поворота, выраженную через углы Эйлера;
 - Определение координат точек снимка в ТЦСК как произведение длин векторов от камеры до точек и направляющих косинусов;
 - Определение прямоугольной гринвичской геоцентрической системы координат (ГЦСК) и осуществление перевода направляющих косинусов точек снимка из ТЦСК в ГЦСК по известной матрице перехода;
 - Определение координат точек снимка в ГЦСК.
- Замети, что разрешающая способность тепловизора дополнит совокупность погрешностей определения координат точек снимка.
- Зависимость размеров объекта, проецируемого на один пиксель матрицы тепловизора (разрешающая способность полученного тепловизионного изображения), от расстояния до измеряемого объекта D имеет вид:

$$A_x^p = \frac{2 \cdot D \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{ax}{2}\right)}{a}, A_y^p = \frac{2 \cdot D \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{ay}{2}\right)}{b}, \quad 1$$

где A_x^p , A_y^p – длина и ширина объекта, проецируемого на один пиксель матрицы тепловизора; D – расстояние до измеряемого объекта; ax , ay – горизонтальный и вертикальный углы обзора поля зрения тепловизора; a , b – число элементов в строках и столбцах микроболометрической матрицы тепловизора.

Решая обратную геодезическую задачу, переведем значения (1) в соответствующие значения углов Широты B^p и Долготы L^p :

Тогда погрешность определения координат объекта на тепловизионной снимке найдем как сумму погрешности определения координат точек снимка σ_{B_i} , σ_{L_i} и значений соответствующих проекций в криволинейных географических координатах **Ошибка! Источник ссылки не найден.**:

$$\sigma_{B_i^p} = B^p + \sigma_{B_i}, \sigma_{L_i^p} = L^p + \sigma_{L_i}, \sigma_{H_i} \cdot \quad 2$$

Координатная привязка каждой точки снимка осуществляется по пяти известным точкам с помощью программы OziExplorer или ей подобной.

Таким образом, предложенный алгоритм обеспечивает решение задачи автоматической геодезической привязки получаемых с борта ЛА термограмм. Это позволяет определять координаты и значения температуры любых точек изображений, например, определять точки локальных перегревов ЛЭП, что оказывает существенную

помощь в снижении временных и материальных затрат выполнения диагностики технического состояния объектов электроэнергетики.