

идентична схеме замещения обратной последовательности. Поэтому для расчета узловых напряжений обратной последовательности сворачивание схемы обратной последовательности к узлу КЗ не выполняется, а узловые напряжения обратной последовательности в узлах принимаются пропорциональными напряжениям «собственно аварийного» в пропорции, равной отношению этих параметров в узле КЗ. По найденным напряжениям прямой последовательности аварийного режима рассчитываются токи прямой последовательности в ветвях схемы, а по найденным узловым напряжениям обратной последовательности рассчитываются токи обратной последовательности в ветвях схемы. Токи двухфазного КЗ в ветвях схемы равны векторным суммам токов прямой и обратной последовательностей.

После этого выполняется расчет токов однофазного КЗ. Сначала СНП сворачивается к узлу КЗ. При этом используется та же подпрограмма, что и для СПП. По эквивалентному сопротивлению СНП и найденным ранее эквивалентным сопротивлениям прямой и обратной последовательностей рассчитывается ток прямой последовательности в узле однофазного КЗ, токи металлического и дугового однофазного КЗ в узле КЗ. После этого рассчитываются напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности в узле КЗ и в остальных узлах схемы и токи обратной и нулевой последовательности в ветвях схемы, а по ним полные токи однофазного КЗ в ветвях схемы.

Учет дуги, термического действия тока КЗ и расчет периодической составляющей тока от АД осуществляется по приведенным в стандартах ГОСТ 28249-93 типовым кривым. Методом кусочно-линейной аппроксимации определяются промежуточные значения соответствующих коэффициентов. Далее умножая эти коэффициенты на соответствующие им значения токов КЗ осуществляется учет различных факторов.

УДК 621.3

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Сеч В.И.

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Быстрее, лучше, эффективней, при меньших затратах.

Промышленность ежедневно сталкивается с этими проблемами. Для достижения этих нелегких целей предприятия должны работать бесперебойно, без разорительных простоев и потерь времени.

Профилактическое обслуживание предприятия – это огромная ответственность. Если бы мы могли предвидеть неполадки, можно было бы абсолютно точно назначить время принятия мер по устранению неисправностей. К великому сожалению, о самых серьезных и больших проблемах человек узнает слишком поздно. Однако с применением инфракрасного излучения можно легко решить большинство существующих проблем для энергетиков. Проверяете ли вы высоковольтное оборудование, шкафы низкого напряжения, электродвигатели, насосы, высокотемпературное оборудование, ищите ли потери через изоляцию, инфракрасное оборудование позволит вам увидеть все. А что произойдет, если не проводить регулярных проверок с помощью инфракрасных приборов?

Помимо производственных потерь, это ещё и чрезвычайно опасно – пожар, даже небольшие неисправности электрооборудования могут привести к самым серьезным последствиям – эффективность электроцепи снижается, и энергия устремляется на выработку тепла. Оставаясь незамеченной, эта неисправность может вызвать повышения

температуры до точки плавления изоляции, после этого искры летят в разные стороны, и невозможно избежать пожара. В 35 % случаев пожаров на производстве, это происходит из-за неисправной электропроводки. Многие неполадки можно избежать благодаря применению инфракрасной камеры. По оценкам специалистов, использующих инфракрасные камеры, для выявления аномалий, которые не видны невооруженному глазу, и решение проблем до возникновения пожара и падения уровня производства, средства, затраченные на приобретение таких камер, как правило, окупаются всего за 6–12 месяцев.

Диагностика объектов энергетики с применением приборов инфракрасной техники (тепловизоров) обеспечивает контроль состояния оборудования и сооружений без вывода их из работы, выявление дефектов на ранней стадии их развития, сокращение затрат на техническое обслуживание за счет прогнозирования сроков и объемов ремонтных работ.

Тепловизор – позволяет видеть тепловое излучение окружающих объектов в любое время суток и измерять температуру в любой точке на интересующей поверхности с точностью 0,1 °С и выше.

Уникальные возможности тепловизоров позволяют выполнять диагностику электротехнического оборудования, не отключая напряжение, дистанционно с безопасного расстояния определять состояние контактных соединений, изоляторов, трансформаторов, генераторов, линий электропередачи. Определив тепловое состояние обследуемого оборудования, можно сделать обоснованное заключение о протекающих процессах.

Тепловизионный контроль энергетического оборудования применительно к силовым трансформаторам является одним из основных методов диагностики, обеспечивающий наряду с традиционными методами – измерение изоляционных характеристик, тока холостого хода, хроматографический анализ состава газов в масле и других, получение дополнительной и оперативной информации о состоянии силовых трансформаторов.

В частности, он позволяет выявлять:

- сбой в работе системы охлаждения трансформатора;
- нарушение внутренней циркуляции масла в баке;
- нагревы внутренних и наружных контактных соединений.

При тепловизионном контроле высоковольтных разъединителей могут быть выявлены следующие виды дефектов:

- перегрев болтовых и нажимных контактов токоведущих шин;
- трещины опорнодержавных изоляторов.

Применение тепловизоров для контроля состояния контактных соединений аппаратных зажимов, токосъемных устройств, соединений модулей, контактов дугогасительных камер выключателей позволяет выявлять местоположение дефекта и оценивать степень его развития.

Тепловизионный контроль состояния стали статора генератора помогает находить зоны повреждения в стали, распределение и значение температуры в зоне дефекта и глубину его залегания. Статор турбо- и гидрогенераторов собран из листов электротехнической стали изолируемых между собой лаковой пленкой. Разрушение этой пленки ведет к возникновению очагов высоких температур, определяемых с помощью тепловизоров.

В настоящее время тепловизионная техника достаточно широко используется для диагностики различных объектов энергетики. При этом отечественные потребители этой техники существенное внимание уделяют не только метрологическим характеристикам тепловизоров, но и качеству программного обеспечения (ПО) для обработки получаемых термоизображений объектов.

Обработка полученных результатов является не менее важным моментом при выполнении тепловизионных обследований, чем сам процесс съемки и получения термограмм. На сегодняшний день наиболее совершенным ПО для данной задачи является полностью русифицированная программа ThermoCAM Reporter 7.0 Professional компании FLIR Systems, которая может быть поставлена с тепловизорами компании FLIR Systems. Она позволяет значительно упростить и ускорить процесс создания отчетов. Программа встраивается в текстовый редактор MS Word, хорошо знакомый каждому пользователю персонального компьютера, и далее обработка термограмм проходит в наиболее привычной среде. Пользователь в процессе анализа термограмм может добавить дополнительные точки, области, разности температур и т. д.

УДК 621.3

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СЕТЕЙ 6–10 КВ

Петкевич С.Л., Кривошеин А.И.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент СИЛЮК С.М.

Традиционно наиболее слабым звеном в системе электроснабжения являются воздушные распределительные сети 6–10 кВ – последний этап на пути электрической энергии к потребителю. Протяженность воздушных линий 6–10 кВ в Беларуси составляет более 180,6 тыс. км. Около 70 % всех нарушений электроснабжения происходит именно в сетях данного класса напряжения.

Системы заземления нейтралей, сетей средних классов напряжения (6–10 кВ). Режим изолированной нейтрали имеет одно неоспоримое преимущество – малый ток однофазных замыканий на землю (ОЗЗ), что позволяет:

- увеличить ресурс выключателей (поскольку однофазные замыкания достигают 90 % от общего числа замыканий);
- снизить требования к заземляющим устройствам, определяемые условиями электробезопасности при однофазных замыканиях на землю.

Однако этот режим обладает и целым букетом недостатков (по сравнению с режимом эффективно заземленной нейтрали), к которым следует отнести:

- феррорезонансные явления, вызываемые кратковременными ОЗЗ;
- дуговые перенапряжения, связанные с появлением перемежающейся дуги при ОЗЗ и приводящие к переходу однофазного замыкания в двух- и трехфазное;
- сложность построения селективных защит от ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью и их недостаточную работоспособность в сетях с различными режимами и конфигурацией.

Заземление через дугогасящий реактор позволяет в определенных случаях снизить ток замыкания на землю до его погасания, то есть ликвидировать дуговые перенапряжения. Это в свою очередь уменьшает число переходов ОЗЗ в двух- и трехфазные короткие замыкания. Снижение тока ОЗЗ улучшает условия электробезопасности в месте замыкания, хотя полностью не устраняет возможность электропоражения в сетях с воздушными линиями.

Недостатки заземления через дугогасящий реактор (ДГР):

- необходимость симметрирования сети до степени 0,75 % фазного напряжения (в сетях с воздушными линиями степень несимметрии всегда не ниже 1–2 %, а при двухцепных ВЛ нормально может достигать 5–7 %; Правилами технической эксплуатации в некоторых случаях допускается напряжение смещения нейтрали до 30 % от фазного);