

2. Повышенные перегревы ТН могут быть обусловлены следующими причинами:
  - дополнительными потерями в стали магнитопровода ТН;
  - увлажнением и загрязнением масла ТН;
  - конструктивными или технологическими факторами;
  - витковыми замыканиями в обмотках.

3. На вводах силовых автотрансформаторов тепловизионный контроль является вспомогательным и позволяет выявить только грубые дефекты, например, образование короткозамкнутых контуров в расширителе ввода или наличие дефектных контактных соединений. Выявляется также снижение уровня масла во вводе или, например, наличие препятствий для нормальной конвекции масла между изоляционным остовом ввода и его фарфоровой крышкой [4].

4. В целом при проведении ИК-контроля выше описанного высоковольтного оборудования выявлена основная причина повышенного нагрева – переходные сопротивления в зонах контактов. Учитывая, что в период измерения величины нагрузок по линиям 110–330 кВ были в пределах от 10 до 25 % от номинальных и квадратичная зависимость степени нагрева от токов нагрузки с ее ростом интенсивность нагрева сильно возрастет, поэтому повторное обследование нужно провести при нагрузке, близкой к номинальной. Поэтому, с учетом загрузки оборудования, сроком эксплуатации этого оборудования (более 20 лет), трудностями при проведении ИК-контроля на практике (различные побочные явления, то есть окружающая среда и атмосфера, неравномерное распределение загрязнения фарфора, разный цвет фарфоровых рубашек, погодные условия и др.) возможно следует пересмотреть существующие нормы испытаний и методику проведения ИК-диагностики – более упростить и повысить критерии браковки применительно к условиям Республики Беларусь.

### Литература

1. Сборник материалов семинара "Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования". Выпуск 17: "Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования, зданий и сооружений на основе приема излучений в инфракрасном спектре" / Поляков В.С., Белоусов Ю.И., Осотов В.Н., Таджибаев А.И., Гасс А.А. / Издание Петербургского энергетического института повышения квалификации руководящих работников и специалистов. Минэнерго РФ. – СПб., 2002. – 127 с.
2. Нормы и объем испытаний электрооборудования Белорусской энергосистемы / Под общей редакцией комиссии: Кордуба В.Г., Сивца Л.М., Бабочкина В.Т. и др. / Концерн "БЕЛЭНЕРГО", НИГПИ "БелТЭИ". – Мн., 1999. – 242 с.
3. Бажанов С.А. Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств. – М.: НТФ "Энергопрогресс", "Энергетик", 2000. – 76 с.
4. Поляков В.С. Технологии тепловизионной диагностики электрооборудования и опыт их использования (Сборник материалов семинара "Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования". Выпуск 13: "Современные проблемы инфракрасной термографии"). – СПб.: Петербургский энергетический институт повышения квалификации, 2001.

УДК 621.315

## ПРОВЕРКА СХЛЕСТЫВАНИЯ ГИБКОЙ ОШИНОВКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПО ДОПУСТИМОМУ ИМПУЛЬСУ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ

*Царюк А.С., Яхновец Я.А.*

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СЕРГЕЙ И.И.

Межгосударственный стандарт СНГ на методы расчета электродинамического действия токов короткого замыкания (КЗ) на гибкие шины распределительных уст-

роЙств (РУ) регламентирует два условия. Первое основано на сравнении расчетных максимальных и допустимых отклонений, второе – расчетных максимальных и допустимых тяжений. В докладе обосновано дополнительное условие проверки на схлестывание гибких шин РУ по импульсу электродинамических условий (ЭДУ)

$$S_{\max} \leq S_{\text{доп}}$$

где  $S_{\max}$  – расчетный максимальный импульс двухфазного КЗ, Н·с;

$S_{\text{доп}}$  – допустимый импульс ЭДУ, Н·с.

Величина  $S_{\max}$  для заданного пролета гибких шин и характеристик КЗ определяется по следующему выражению

$$S_{\max} = 0,2 \frac{l}{a} K_l [I_{\text{но}}^{(2)}]^2 (t_k - T_a \cdot K_a),$$

где  $t_k$  – продолжительность КЗ, с;

$T_a$  – постоянная времени цепи КЗ, с;

$l$  – длина пролета, м;

$a$  – расстояние между фазами, м;

$I_{\text{но}}^{(2)}$  – начальный периодический ток двухфазного КЗ, кА.

Поправочные коэффициенты  $K_l$  и  $K_a$  определяются по следующим выражениям

$$K_l = \sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l};$$

$$K_a = 1 - e^{-\frac{2t_k}{T_a}}.$$

Основное условие проверки схлестывания гибких шин РУ имеет следующий вид

$$A_{\phi-\phi} - 2(Y_{\max} + r_p) \geq A_{\phi-\phi \text{ min доп}}, \quad (1)$$

где  $A_{\phi-\phi}$ ,  $A_{\phi-\phi \text{ min доп}}$  – соответственно установленные нормами расстояния между фазами, а также их минимальные допустимые значения при сближении проводов по рабочему напряжению.

Из (1) получим выражение для допустимых горизонтальных отклонений проводов

$$Y_{\text{доп}} = 0,5(A_{\phi-\phi} - A_{\phi-\phi \text{ min доп}}) - r_p.$$

Уравнение энергетического баланса провода связывает допустимый импульс ЭДУ и допустимый угол его отклонения  $\alpha_{\text{доп}}$  от первоначального положения. В свою очередь угол  $\alpha_{\text{доп}}$  связан с  $Y_{\text{доп}}$  следующим соотношением

$$\cos \alpha_{\text{доп}} = \frac{\sqrt{f_0^2 - Y_{\text{доп}}^2}}{f_0},$$

где  $f_0$  – стрела провеса провода.

В результате получим формулу для определения допустимого импульса ЭДУ

$$S_{\text{доп}} = 3,3 \cdot M \cdot \sqrt{f_0 - \sqrt{f_0^2 - Y_{\text{доп}}^2}}, \quad (2)$$

где  $M$  – общая масса токоведущих конструкций с гибкими проводами, кг.

Простая структура формулы (2) позволяет выполнить расчет  $S_{\text{доп}}$  для типовых пролетов ОРУ 110–330 кВ. Например, для пролета ОРУ 110 кВ длиной 27,5 м  $S_{\text{доп}} = 116,7$  Н·с. Ему соответствует  $I_{\text{доп}} = 17,1$  кА. Компьютерный расчет при указанном токе дает  $Y_{\text{доп}} = 1,05$  м. При  $Y_{\text{доп}} = 1,012$  м погрешность  $\Delta Y = 3,8$  %.

Таким образом, получено дополнительное условие проверки недопустимых отклонений и сближений гибкой ошиновки РУ, достоверность которого подтверждена компьютерными расчетами.

УДК 620.9

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Дерюгина Е.А., Лось Ю.Н.*

**Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.**

Солнечная радиация – это неисчерпаемый возобновляемый источник экологически чистой энергии. На Землю попадает незначительная доля излучаемой Солнцем энергии. Верхней границы атмосферы Земли за год достигает поток солнечной энергии в количестве  $5,6 \cdot 10^{24}$  Дж. Атмосфера Земли отражает 35 % энергии обратно в космос, а остальная энергия расходуется на нагрев земной поверхности, испарительно-осадочный цикл и образование волн в морях и океанах, воздушных и океанских течений и ветра. Годовое количество поступающей на Землю солнечной энергии составляет  $1,05 \cdot 10^{18}$  кВт·ч, причем на поверхность суши приходится 1/5 часть этой энергии. К этому добавляются энергия ветра и другие косвенные виды солнечной энергии.

В области энергетических ресурсов и производства энергии существует угроза истощения запасов топлива, что заставляет заблаговременно изыскивать новые, достаточно мощные источники энергии. Кроме того, весьма остро стоит вопрос о защите окружающей среды, поскольку развитие промышленности ведет к необратимым нарушениям существующего в природе равновесия. Новый энергоисточник, призванный заменить ископаемое топливо и обеспечить энергетические потребности будущего, должен быть не только достаточно мощным, но и достаточно "чистым". На современном уровне развития науки и техники весьма перспективными представляются два энергоисточника: управляемый термоядерный синтез и солнечная энергия.

Проблема использования солнечной энергии сегодня привлекает к себе пристальное внимание мировой общественности. Исследования в области использования солнечной энергии упоминаются в межгосударственных и многосторонних соглашениях по научно-техническому сотрудничеству. Солнечное излучение по своим энергетическим ресурсам вполне способно удовлетворить энергетические потребности будущего. Солнечная энергия является исключительно "чистым" видом энергии. Солнечную энергию можно использовать либо непосредственно для обогрева домов, либо косвенно – для генерирования электричества.

Использование солнечной энергии для получения тепла – один из самых простых и привлекательных способов ее применения. Однако ее большая рассеянность и нестабильное поступление требует создания практически во всех установках, использующих солнечное излучение, специальных концентраторов энергии и аккумулирующих устройств. Улавливание и преобразование солнечной энергии в теплоту осуществляется с помощью оптической системы отражателей и приемника сконцентрированной солнечной энергии, используемой для получения водяного пара или нагрева теплоносителя.

Основным конструктивным элементом солнечной установки является коллектор, в котором происходит улавливание солнечной энергии, ее преобразование в теплоту и нагрев теплоносителя. Различают два типа коллекторов: плоские и фокусирующие.

Работа плоского коллектора солнечной энергии (КСЭ) основана на принципе "горячего ящика". Для его изготовления необходима лучепоглощающая поверхность, имеющая надежный контакт с рядом труб или каналов для движения нагреваемого теплоносителя. Совокупность плоской лучепоглощающей поверхности и труб для тепло-