

Краткая характеристика режимов переключения.

При работе в контролирующем режиме при правильном ответе пользователь оповещается об этом, при неправильном ответе на экран выводится оповещение, что этот ответ неправильный и автоматически совершается правильное переключение. В конце выполнения на экран выводится сообщение с процентной характеристикой качества выполнения работы.

При работе в обучающем режиме с комментариями при правильном ответе пользователь оповещается об этом, при неправильном ответе на экран выводится оповещение, что этот ответ неправильный. Данное действие происходит до тех пор, пока пользователь не совершит правильное переключение.

Обучающий режим без комментариев аналогичен контролирующему режиму за исключением того, что в конце на экран не выводится рейтинг выполнения работы.

Краткая характеристика видов переключений.

При выборе пользователем самостоятельных переключений на экране вместе со схемой появляется два блока:

- разъединители;
- заземляющие ножи;
- выключатели.

Пользователь выбирает элемент, который желает переключить с помощью мышки, и нажатием левой клавиши изменяет его положение.

При выборе пользователем переключений на выбор на экране вместе со схемой появляются три варианта ответов. После выбора пользователем одного из них происходит переключение, затем появляются три новых варианта ответа и переключения происходят до тех пор, пока не выполнено задание.

В ходе работы над программой в ее структуру был добавлен новый режим переключений, а также усовершенствованы предыдущие режимы. Поскольку данная программа написана на Borland Delphi Builder 7, она адаптирована под Windows и отличается от предыдущей программы улучшенным интерфейсом, что в свою очередь облегчает пользователю работу с ней.

Литература

1. Охотин, В.В., Беляев, Г.Б. и др. Диалоговый тренажер систем подпитки и компенсации давления энергоблока ВВЭР-440 // Электрические станции. – 1991. – № 9.
2. Гейдич, О.И., Черкас, Е.В., Чернышев, А.В. Программа-тренажер по оперативным переключениям в главных электрических схемах ТЭС // Актуальные проблемы энергетики: тезисы докладов 61-й научн.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов / БНТУ. – Минск: БНТУ, 2005. – С. 38–39.

УДК 621.316.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ЭКРАНИРОВАННЫХ ТОКОПРОВОДОВ

Подмазова А.В., Усик В.С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент БУЛАТ В.А.

Протекание рабочих токов в несколько десятков килоампер по шинам комплектных экранированных токопроводов вызывает значительный нагрев как токоведущих, так и других элементов их конструкции. Нагрузочная способность токопроводов определяется их рабочими температурами. Снижают рабочие температуры токопроводов двумя путями: применением принудительного охлаждения (вентиляцией) или ограни-

чением величины токов в экранах путём включения в их цепь насыщающихся токоограничивающихся реакторов.

При обосновании применении системы охлаждения или выборе степени ограничения токов в экранах на стадии проектирования необходимо производить расчёт величины рабочих температур элементов токопровода.

Аналогичная задача возникает и при переводе действующих токопроводов с секционированными экранами в режим работы с электрически непрерывными.

Существующие методики расчёта теплового режима экранированных токопроводов приближённо учитывают величину потерь мощности в экранах, которая в значительной степени обуславливает температурный режим токопровода.

Это не позволяет использовать их для расчёта рабочих температур токопроводов с электрически непрерывными экранами, выполненных с различной степенью ограничения токов. Необходимо также отметить, что все существующие методы весьма трудоёмки. В связи с этим возникает необходимость разработки такого метода, который наиболее полно отвечал бы физическим процессам, происходящим при нагреве элементов конструкции комплектных токопроводов, и алгоритм которого легко можно было бы реализовать на ЭВМ.

В соответствии с «Руководящими указаниями по расчёту токов коротких замыканий, выбору и проверке аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания» шины больших сечений на термическую устойчивость не проверяются. Для комплектных генераторных токопроводов достаточным является проверка их теплового режима. При номинальном токе генератора. В соответствии с ГОСТ 19850-74 на токопроводы расчётные температуры для шин проводов и экранов не должны превышать максимально допустимых температур для шин 120 °С, для экранов 80 °С, при температуре окружающего воздуха 30 °С. Ниже приводится методика расчёта температур элементов конструкции комплексных токопроводов в стационарном режиме, основанная на численных методах исследования с использованием ЭВМ. Суть её состоит в том, что для комплектного токопровода определяются все основные электромагнитные параметры поля, по которым находятся потери мощности в экранах. На основании теории теплопередачи составляются уравнения теплового баланса, из решения которых находится температура конструктивных элементов токопровода. Предлагаемая методика пригодна для исследования теплового режима комплектных пофазно-экранированных токопроводов с различными схемами соединения экранов.

При протекании токов по шинам токопровода в элементах его конструкции выделяются потери энергии, переходящие в тепло.

Потери активной мощности в шинах определим на основании закона Джоуля-Ленца по формуле:

$$P_{ш} = I_{ш}^2 r_{ш} k_{п},$$

где $I_{ш}$ – действующее значение тока шинпровода;

$r_{ш}$ – сопротивление единицы длины шинпровода постоянному току;

$k_{п}$ – коэффициент поверхностного эффекта.

При определении потерь учтём зависимость сопротивления шины от её температуры по формуле:

$$r_{ш} = \frac{\rho_{ш}}{S_{ш}} (1 + \alpha_{ш} (t_{ш} - 20^\circ)),$$

где $\rho_{ш}$ – удельное сопротивление материала шины при 20 °С;

$S_{ш}$ – площадь сечения шины;

$\alpha_{ш}$ – коэффициент температурного изменения сопротивления материала шины;

$t_{ш}$ – установившаяся температура шины.

Количество тепла, выделяемое с единицы поверхности шины, будет определяться по формуле:

$$q_{ш} = \frac{P_{ш}}{2\pi R_{ш}},$$

где $R_{ш}$ – внешний радиус шины.

Потери мощности в экране, приходящиеся на единицу его длины, находим через поток вектора Пойнтинга, проникающего в экран с обеих поверхностей. Причём расчёт потерь производим с учётом зависимости электрической проводимости материала экрана от температуры

$$\chi_э = \frac{1}{\rho_э} (1 + \alpha_э (t_э - 20^\circ)),$$

где $\rho_э$ – удельное сопротивление материала экрана при 20 °С;

$\alpha_э$ – коэффициент температурного изменения проводимости материала экрана;

$t_э$ – установившаяся температура экрана.

Выделяемое тепло в экране на единицу поверхности рассчитываем по формуле:

$$q_{ш} = \frac{P_э}{2\pi R_э^H},$$

где $P_э$ – потери активной мощности в экране;

$R_э^H$ – наружный радиус экрана.

Поскольку значительные участки комплектных токопроводов находятся на открытом воздухе, то при расчёте температурного режима необходимо учитывать нагрев от теплового потока солнечной радиации, т. е. инсоляцию. Общее количество тепла получаемое за счёт инсоляции и поглощаемое поверхностью экрана единичной длины, определим по выражению:

$$Q = k_a FE,$$

где k_a – коэффициент абсорбции;

F – площадь проекции облучаемой поверхности на плоскость перпендикулярную падающим лучам, и равная внешнему диаметру экрана;

E – солнечная радиация (инсоляция).

Удельная максимальная мощность теплового потока солнечной энергии, поглощаемая экраном, может быть определена из выражения:

$$q_c = \frac{k_a}{\pi} E.$$

Суммарное тепло, выделявшееся в экране токопровода, будет равно:

$$q_{\Sigma} = q'_{ш} + q_э + q_c,$$

где $q'_{ш}$ – тепло, выделяемое шиной, приходящееся на единицу внутренней поверхности экрана,

$$q'_{ш} = \frac{P_э}{2\pi R_э^B},$$

где $R_э^B$ – внутренний радиус экрана.

Определяемое тепло в экране отдаётся в окружающую среду путём конвекции и лучеиспускания. Количество тепла, отдаваемое конвекцией, определим по формуле Ньютона

$$q_{\text{ЭК}} = \alpha_{\text{к}}(t_{\text{э}} - t_{\text{в}}),$$

где $\alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи;

$t_{\text{в}}$ – температура окружающего воздуха.

Процесс теплоотдачи является сложным процессом, а коэффициент теплоотдачи является сложной функцией различных величин, характеризующих этот процесс. В связи с этим коэффициент теплоотдачи для экранов токопроводов определим на основании теории подобия

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{N_{\text{н}} \lambda_{\text{в}}}{D_{\text{э}}},$$

где $N_{\text{н}}$ – критерий Нуссельта, характеризующий интенсивность теплообмена между экраном и воздухом;

$\lambda_{\text{в}}$ – коэффициент теплопроводности воздуха;

$D_{\text{э}}$ – наружный диаметр экрана.

Критерий Нуссельта для горизонтально расположенных экранов находят по выражению:

$$N_{\text{н}} = 0,135(G_r P_r)^{0,33},$$

где G_r – критерий Грасгофа, определяющий интенсивность свободного движения воздуха,

$$G_r = \frac{\beta q D_{\text{э}}^2}{\nu^2} (t_{\text{э}} - t_{\text{в}}),$$

где $\beta = \frac{1}{T}$ – коэффициент объёмного расширения воздуха;

T – абсолютная температура воздуха;

q – ускорение силы тяжести;

ν – кинематическая вязкость воздуха;

P_r – критерий Прандтля, определяющий физические свойства воздуха.

Величины $\lambda_{\text{в}}$, ν и P_r , входящие в формулы, являются функциями от температуры окружающего воздуха. При их определении за определяющую принимаем среднюю температуру, равную $t_{\text{э ср}} = 0,5(t_{\text{э}} + t_{\text{в}})$.

Приведенные выражения позволяют рассчитать количество тепла, отдаваемого конвекцией, для экранов всех трёх фаз. При отдаче тепла конвекцией экраном средней фазы, вследствие воздушной прослойки между экранами токопровода, влияние соседних фаз можно не учитывать.

Окончательное выражение для расчёта тепла, отдаваемого конвекцией с экрана

$$q_{\text{ЭК}} = N_1 (t_{\text{э}} - t_{\text{в}})^{1,33},$$

где

$$N_1 = 0,135 \lambda_{\text{в}} \left(\frac{1}{T} \frac{\rho_{\text{в}} q}{\nu^2} \right)^{0,33}.$$

Количество тепла, отдаваемое в окружающее пространство путём лучеиспускания, находится на основании закона Стефана-Больцмана

$$q_{\text{эл}} = C_0 \xi_{\text{э}} \left[\left(\frac{T_{\text{э}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] k_{\text{э}},$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно чёрного тела;

ξ_3 – степень черноты экрана;

T_3 – абсолютная температура экрана;

k_3 – коэффициент, учитывающий экранирующее влияние соседних экранов.

Величина коэффициента k_3 определяется по формулам

$$k_3 = 1 - \frac{2\chi}{\pi} \text{ – для средней фазы;}$$

$$k_3 = 1 - \frac{\chi}{\pi} \text{ – для крайних фаз,}$$

где

$$\chi = \arcsin \frac{D_3}{2D}.$$

Графическая интерпретация коэффициента показана на рисунке 1.

Окончательно получим уравнение теплового баланса для экрана.

$$q_{\Sigma} = N_1(t_3 - t_B)^{1,33} + C_0 \xi_3 \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] k_3.$$

Полученное уравнение теплового баланса для экрана является трансцендентным относительно искомой температуры экрана. Такое уравнение решаются численным методом путём итераций. Для его решения на ЭВМ оно приводится к виду:

$$t_3 = t_B + N_2 \left[q_{\Sigma} - N_3 (T_3^4 - T^4) \right],$$

где

$$N_2 = \frac{1}{N_1(t_3 - t_B)^{0,33}};$$

$$N_3 = C_0 \xi_3 k_3 10^{-8}.$$

УДК 621.316.925

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ПЕРЕРЫВА ПИТАНИЯ НА УСПЕШНОСТЬ САМОЗАПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 КВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Левкович Д.В., Никитюк А.В.

Научный руководитель – ГЛИНСКИЙ Е.В.

Основу всей нагрузки на электростанциях любого типа составляют электродвигатели 6 кВ собственных нужд.

Кратковременное снижение или полное исчезновение напряжения на шинах собственных нужд, вызванное коротким замыканием или переключением на резервное питание из-за автоматического или ошибочного ручного отключения рабочего питания, ведет к снижению частоты вращения двигателей вплоть до полной остановки части из них. Для сохранения в работе основных агрегатов электростанции двигатели ответственных механизмов при этом не отключаются от шин. После устранения причины кратковременного нарушения электроснабжения они восстанавливают нормальную частоту вращения без вмешательства персонала. Такой процесс называется самозапуском.