

РАСЧЕТ НА ЭЦВМ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В ЛОВОВОЙ ЧАСТИ ОБМОТКИ СТАТОРА ГЕНЕРАТОРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

В работе рассматривается расчет э.д.у. в лобовой части генератора ТВВ-320-2 при возникновении трехфазного короткого замыкания (к.з.) на выводах генератора, работавшего с номинальной нагрузкой.

В основу расчета положен метод [1], позволяющий по координатам концов произвольно расположенных в пространстве прямолинейных отрезков \overline{AN} и \overline{CD} с токами i_1 и i_2 получить выражения для составляющих индукции, усилий и моментов в декартовой системе координат.

Индукция от проводника \overline{AN} в точке с радиус-вектором \overline{R}_2 определяется по выражению

$$B_j = \frac{\mu_0 i_1}{4\pi} \Delta_{bj} P, \quad j=x, y, z, \quad (1)$$

где Δ_{bj} — алгебраическое дополнение определителя Δ_1 для соответствующей координаты

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} x & y & z \\ R_{2x} - A_x & R_{2y} - A_y & R_{2z} - A_z \\ A_x - N_x & A_y - N_y & A_z - N_z \end{vmatrix}$$

$$P = \frac{2}{4 |\overline{AR}_2|^2 L_1^2 - 4(\overline{NA} \cdot \overline{AR}_2)^2} \times$$

$$\times \left(\frac{2L_1^2 + 2(\overline{NA} \cdot \overline{AR}_2)^2}{\sqrt{|\overline{AR}_2|^2 + 2(\overline{NA} \cdot \overline{AR}_2) + L_1^2}} - \frac{2(\overline{NA} \cdot \overline{AR}_2)}{|\overline{AR}_2|} \right),$$

где L_1 — длина проводника \overline{AN} .

Выражение для составляющих усилий, действующих на проводник CD имеет следующий вид [1]:

$$F_{2j} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{4\pi} \int_0^1 \Delta_{fj} d\lambda, \quad j=x, y, z, \quad (2)$$

где Δ_{fj} -- алгебраическое дополнение определителя Δ_2 для соответствующей координаты

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} x & y & z \\ D_x - C_x & D_y - C_y & D_z - C_z \\ \Phi_x(\lambda) & \Phi_y(\lambda) & \Phi_z(\lambda) \end{vmatrix}$$

Здесь λ -- текущий параметр в векторно-параметрическом уравнении проводника; $\Phi_j(\lambda)$ -- функция, в которую входят координаты концов и начал проводников и скалярные произведения соответствующих векторов.

При расчетах на механическую прочность необходимо, кроме сил, знать изгибающий момент относительно точки приведения. Зная э.д.у. и радиус-вектор \bar{R}_3 проведенный из точки приведения в точку приложения усилия, можно получить выражение для расчета момента:

$$\bar{M}_2 = \int_0^1 \bar{R}_3 \times d\bar{F}_2, \quad (3)$$

где $d\bar{F}_2$ -- э.д.у., определяемое подынтегральным выражением формулы (2).

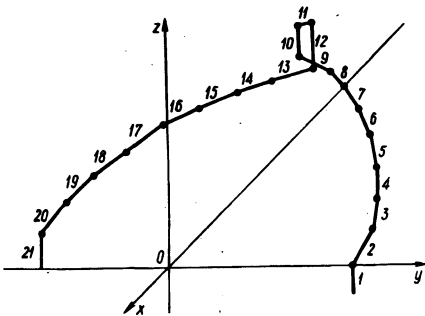


Рис. 1. Пространственное положение в выбранной системе координат, рассчитанного аналитически, первого витка фазы А статорной обмотки генератора ТВВ-320-2.

Таким образом, для расчета э.д.у. и моментов в лобовой части по данному методу необходимо знать координаты концов отрезков. В соответствии с этим для эвольвентной обмот-

ки статора использовалось аналитическое описание геометрии ее лобовой части [2]. Лобовая дуга заменялась вписанной в нее пространственной ломаной линией. На рис. 1 приведена лобовая дуга обмотки генератора, пространственное положение которой рассчитано аналитически.

Усилие, действующее на какой-либо участок лобовой дуги, определяется по выражению

$$f_j = \frac{\mu_0}{4\pi} (k_{1j} i_1^2 + k_{2j} i_1 i_2 + k_{3j} i_1 i_3), j=x, y, z, \quad (4)$$

где i_1, i_2, i_3 — токи фаз; k_1, k_2, k_3 — коэффициенты контура, зависящие от геометрических характеристик лобовой части.

Расчет усилий и моментов производится в два этапа. На первом этапе по программе, составленной на алгоритмическом языке "ФОРТРАН", на ЭЦВМ "Минск-32" рассчитываются коэффициенты контура для выбранной дуги. При расчете коэффициентов контура не учитывалось влияние ферромагнитных границ, размеров поперечного сечения проводников и роторных токов. При числе участков лобовой дуги 21 и шаге интегрирования 0,25 полный расчет коэффициентов контура составляет 33 мин.

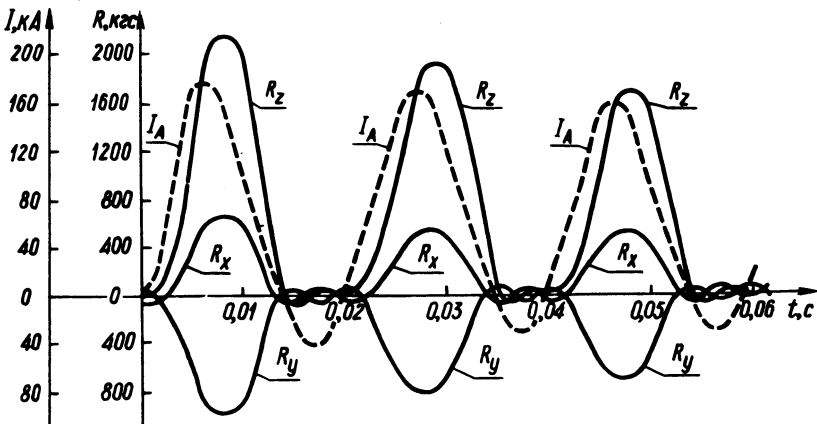


Рис. 2. Ток фазы А и проекции усилий R_x, R_y, R_z , действующих на 17-ый участок лобовой дуги при трехфазном коротком замыкании.

На втором этапе производится расчет усилий и моментов при трехфазном к.з. на выводах генератора. Для расчета переходных процессов использована математическая модель ге-

нератора, работающего параллельно с системой через блочный трансформатор [3]. Генератор в данной модели описан полными уравнениями в осях α и β , жестко связанных со статором. В качестве метода исследования переходных режимов принято численное решение уравнений, связывающих между собой мгновенные значения электрических и магнитных параметров режима и конструктивные параметры элементов блока и внешней системы. Эта модель позволяет исследовать все виды повреждений на стороне высшего и низшего напряжений, а также асинхронный ход и режим самосинхронизации.

Полученные на первом этапе расчета коэффициенты контура вводились в программу расчета переходного режима. Рассматривался один период нормального режима и три периода трехфазного к.з. При шаге интегрирования 0,0002 с время расчета усилий и моментов на ЭЦВМ "Минск-32" составило 30 мин. На рис. 2 приведены ток фазы А и усилия, действующие на 17-й участок лобовой дуги первого витка фазы А генератора ТВВ-320-2 при трехфазном к.з. на его выводах.

Л и т е р а т у р а

1. Стрелюк М.И., Зарецкий Е.Ф. Расчет электродинамических усилий в системе произвольно расположенных прямолинейных проводников. — "Электричество", 1976, № 5. 2. Ручкий А.И., Стрелюк М.И., Губанович А.Г. Расчет электродинамических усилий в лобовых частях генераторов. — "Изв. ВУЗов СССР. Энергетика", 1976, № 6. 3. Новаш В.И., Абраменко В.М. Методика исследования с помощью ЦВМ электромагнитных переходных процессов в блоке "явнополюсный генератор с самовозбуждением — трансформатор" по полным уравнениям с учетом насыщения элементов блока. — Краткие тез. докл. к Всесоюз. научн.-техн. совещанию "Проблемы развития тяжелого электромашиностроения для энергетики". Л., 1975.

М.И. Стрелюк, Э.А. Скварко

КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМЫ ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ШИН

В электромеханических расчетах пакетных токопроводов взаимное влияние проводников, входящих в пакет, учитывается коэффициентом формы (K_{ϕ}), который ввиду громоздкости ана-