

## ГЕОМЕТРИЯ ЛОВОЙ ДУГИ ОБМОТКИ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА С УЧЕТОМ РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ СТЕРЖНЯ ОБМОТКИ

Проводники в лобовой части обмотки статора турбогенератора имеют поперечные размеры, соизмеримые с расстояниями между ними. Поэтому расчет на ЭЦВМ электродинамических усилий (э.д.у.) в лобовой части обмотки без учета размеров поперечного сечения проводников может привести к значительным погрешностям. Обычно вычисление э.д.у. производится по методу участков, при котором каждая дуга заменяется конечным числом прямолинейных ниточных проводников [1]. Для учета размеров поперечного сечения стержня, представляющего собой прямоугольник, отрезки лобовой дуги между точками разбиения заменяются брусками. В связи с этим необходимо знать координаты граничных точек каждого бруска.

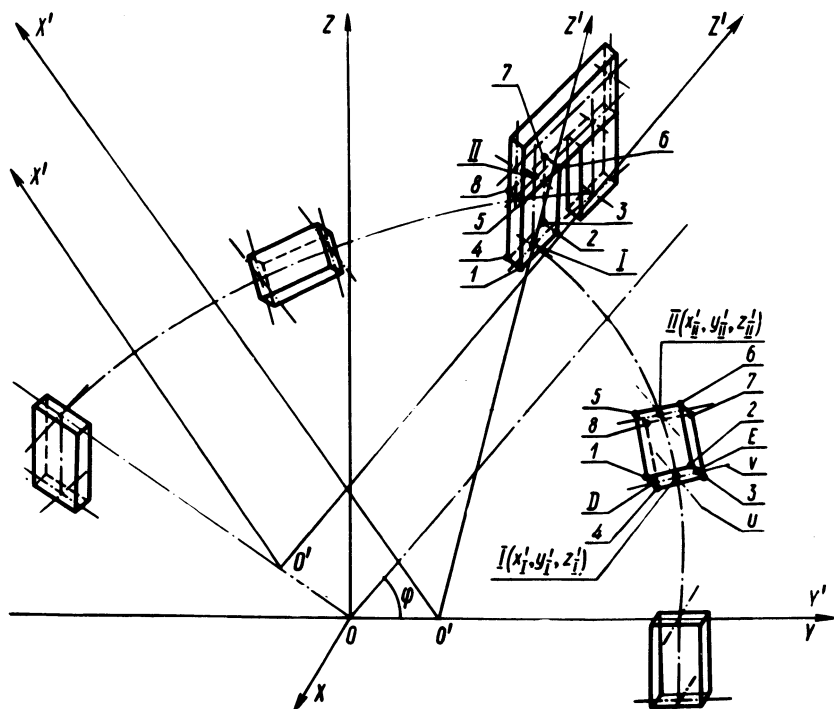


Рис. 1. Пространственное положение в выбранных системах координат участков лобовой дуги.

При аналитическом описании геометрии дуги с учетом поперечных размеров принято следующее допущение. Считаем, что сечение бруска лежит своей большей осью в плоскости  $Y' O' Z'$  (рис. 1). Такое допущение не учитывает поворота криволинейной части стержня вокруг своей оси.

Будем рассматривать криволинейную часть дуги для верхнего и нижнего слоя в системе координат  $X' Y' Z'$ , а прямолинейные участки на выходе стержней из паза, головки стержней и их соединение - в системе  $X Y Z$ .

Пусть I, II точки в системе координат  $X' Y' Z'$  определяют отрезок, лежащий на оси бруска, а  $x'_I, y'_I, z'_I, x'_II, y'_II, z'_II$  - координаты этих точек.

Координаты точек D и E, лежащих на оси  $v$  сечения и отстоящих от точки I на расстояние, равное половине высоты  $h$  сечения стержня, определяются из выражений (1) и (2), полученных на основании уравнений прямой, проходящей через точки I - II и прямой, проходящей через точку I перпендикулярно первой

$$\left. \begin{aligned} (y'_I - y'_D)^2 + (z'_I - z'_D)^2 &= \frac{h^2}{4} ; \\ z'_D &= -\frac{y'_II - y'_I}{z'_II - z'_I} y'_D + \frac{y'_II - y'_I}{z'_II - z'_I} y'_I + z'_I ; \end{aligned} \right\} (1)$$

$$y'_D = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} ;$$

$$y'_E = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} ;$$

$$\left. \begin{aligned} z'_D &= -\frac{y'_II - y'_I}{z'_II - z'_I} (y'_D - y'_I) + z'_I ; \\ z'_E &= -\frac{y'_II - y'_I}{z'_II - z'_I} (y'_E - y'_I) + z'_I , \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\text{где } A = 1 + \left( \frac{y'_II - y'_I}{z'_II - z'_I} \right)^2 ;$$

$$B = -2y_I'^2 - 2 \left( \frac{y_{II}' - y_I'}{z_{II}' - z_I'} \right)^2 y_I' ;$$

$$C = y_I'^2 \left[ 1 + \left( \frac{y_{II}' - y_I'}{z_{II}' - z_I'} \right)^2 \right] - \frac{h^2}{4} .$$

Эти точки являются проекциями на плоскость  $Z' O' y'$  точек 1, 4 и 2, 3 сечения стержня. Для того чтобы получить координаты этих точек в системе  $X' y' Z'$ , необходимо задать для них координату  $x'$ , для точек 1 и 2 -  $\frac{s}{2}$ , для 3, 4 -  $\frac{-s}{2}$  ( $s$  - ширина сечения стержня).

Аналогично рассуждая, можно получить координаты точек 5, 6, 7, 8 второго сечения бруска. Также можно определить координаты точек участка криволинейной части дуги нижнего слоя.

Чтобы перейти к основной системе координат  $X Y Z$ , необходимо произвести преобразование координат по известным выражениям.

Прямые участки лобовой дуги рассматривались в системе координат  $X Y Z$ . Координаты точки 1 первого сечения головки стержня верхнего слоя определяются по выражением (3).

$$x_1 = x_1 + \frac{h}{2} \sin \varphi + \frac{s}{2} \cos \varphi ; y_1 = y_1 - \frac{h}{2} \cos \varphi + \frac{s}{2} \sin \varphi ; z_1 = z_1 , \quad (3)$$

где  $\varphi = \frac{\pi b}{a}$ ;  $b$  - шаг обмотки по пазам;  $a$  - число пазов статора; точка 1 - первая точка отрезка I - II оси бруска головки стержня верхнего слоя. Подобным образом определяются координаты точек 2, 3, 4 сечения.

Несложно получить координаты точек второго сечения бруска, подставляя координаты точки II отрезка I - II. Аналогично определяются граничные точки брусков остальных прямолинейных участков дуги.

Для того чтобы получить координаты сечения любого другого стержня лобовой части, необходимо осуществить поворот системы координат  $X Y Z$  относительно оси  $Z$  на соответствующий угол.

Резюме. Приведенный аналитический способ описания геометрии лобовой дуги дает возможность производить расчеты э.д.у. в лобовой части турбогенераторов с учетом поперечных размеров сечения стержней обмотки на ЭЦВМ.

### Л и т е р а т у р а

1. Рудкий А.И., Стрелюк М.И., Губанович А.Г. Расчет электродинамических усилий в лобовых частях генераторов. - "Изв. вузов СССР. Энергетика", 1976, № 6.

УДК 621.316.925

Е.В. Глинский, А.А. Тишечкин, канд. техн. наук  
МЕТОДИКА ВЫБОРА УСТАВОК ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ  
ЗАЩИТ ПОНИЖАЮЩИХ ДВУХОБМОТОЧНЫХ  
ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ЦВМ

Расчеты дифзащит производятся в основном с применением простейших расчетных устройств [1] и требуют больших затрат времени и квалифицированного труда. Существующие машинные программы расчета [2] имеют ограниченные возможности и составлены применительно к ЦВМ второго поколения, которые сейчас заменяются машинами третьего поколения.

С ростом мощностей энергосистем существенно увеличивается не только объем вычислительных работ по расчету токов короткого замыкания и уставок релейных защит, но и возрастают требования к качеству проводимых расчетов, срокам их выполнения. Существенное сокращение затрат времени и квалифицированного труда, а также повышение качества расчетов может быть достигнуто путем разработки и внедрения программ, обеспечивающих автоматизацию расчетов релейных защит с помощью ЭЦВМ вычислительных центров энергосистем.

В работе рассматривается алгоритм и его программная реализация применительно к использованию в комплексной программе эксплуатационных расчетов дифзащит понижающих трансформаторов с помощью ЦВМ серии "ЕС".

В программе производится расчет токов короткого замыкания и выбор уставок дифзащит с реле РНТ-565, РНТ-566/2, РНТ-566, ДЗТ-11, ДЗТ-11/3.

В качестве исходной информации для расчетов служат: данные о питающих системах; межсистемных связях и синхронных компенсаторах; количество трансформаторов на подстанции и