

УДК 621.313.8

Разработка алгоритма и программы выбора токоограничивающих реакторов ТЭЦ

Рачковский Ю.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент БУЛАТ В.А.

Широкое распространение вычислительных машин, резко возросшая скорость операций, увеличение объёма памяти сделали актуальной проблему автоматизации проектирования электроэнергетических объектов. На базе разработки локальных программ появляется перспектива создания комплексной программы, включающей ряд взаимно связанных электрических расчётов и в частности разработка САПР электрической части электрических станций и подстанций.

Разработанная программа позволяет производить выбор токоограничивающих реакторов(линейных и секционных) ТЭС. Программа может быть использована в учебном процессе при проектировании электрической части теплоэлектроцентралей.

Реакторы служат для ограничения токов КЗ в мощных электроустановках, что позволяет применять более легкие и дешёвые выключатели и уменьшать площадь сечений кабелей, а следовательно, удешевлять РУ и распределительные сети.

Для ограничения тока КЗ в РУ 6–10 кВ ТЭЦ применяют секционные и линейные реакторы. В нормальном режиме работы станции через секционные реакторы проходят небольшие токи и потери напряжения в них малы. При нарушении нормального режима, например при отключении генератора и трансформатора, через реакторы проходят значительные токи и потери напряжения достигают в них (4–6) % от $U_{ном}$. Секционные реакторы ограничивают ток КЗ в зоне сборных шин, присоединений генераторов, трансформаторов, и сопротивление реакторов должно быть достаточным для того, чтобы ограничивать ток КЗ до значений, соответствующих параметрам намечаемых к установке выключателей. Номинальный ток секционного реактора должен соответствовать мощности, передаваемой от секции к секции при нарушении нормального режима.

Обычно принимают $I_{р.ном} \geq 0,6 \cdot I_{ген.ном}$; $X_p \approx 0,35 \text{ Ом}$.

Линейные реакторы включаются последовательно в цепь отходящей линии, они ограничивают ток КЗ в распределительной сети и поддерживают остаточное напряжение $U_{ост}$ на шинах установки при КЗ на одной из линий.

Для ограничения тока КЗ целесообразно иметь возможно большее индуктивное сопротивление реактора. Однако значение X_p должно быть ограничено допустимым значением потери напряжения в реакторе при нормальном режиме работы установки (1,5–2 % от номинального).

Основные параметры реакторов следующие: номинальное напряжение, номинальный ток, индуктивное сопротивление, а также ток динамической стойкости $I_{мдин}$ (амплитудное значение), ток термической стойкости I_t и допустимое время действия тока термической стойкости t_t .

При большом числе линий применяют групповые реакторы, т. е. один реактор на несколько линий. Затраты, связанные с установкой реактора, в этом случае уменьшаются, однако уменьшается и токоограничивающее действие реактора с большим номинальным током при заданном значении потери напряжения.

Сдвоенные реакторы лишены недостатков групповых реакторов. К среднему выводу подсоединены источники питания, а потребители подключаются к крайним выводам. Сдвоенные реакторы характеризуются номинальным напряжением,

номинальным током ветви и сопротивлением одной ветви $X_p = X_v = \omega L$ при отсутствии тока в другой.

Реакторы выбирают по номинальному напряжению, току и индуктивному сопротивлению.

Номинальное напряжение выбирают в соответствии с номинальным напряжением установки. При этом предполагается, что реакторы должны длительно выдерживать максимальные рабочие напряжения, которые могут иметь место в процессе эксплуатации. Допускается использование реакторов в электроустановках с номинальным напряжением, меньшим номинального напряжения реакторов.

Номинальный ток реактора(ветви сдвоенного реактора) не должен быть меньше максимального длительного тока нагрузки цепи, в которую он включен: $I_{ном} \geq I_{max}$.

Индуктивное сопротивление реактора определяют, исходя из условий ограничения тока КЗ до заданного уровня. В большинстве случаев уровень ограничения тока КЗ определяется по коммутационной способности выключателей, намечаемых к установке в данной точке сети.

Как правило, первоначально известно начальное значение периодического тока КЗ $I_{п,0}$, которое с помощью реактора необходимо уменьшить до требуемого уровня.

Порядок определения сопротивления индивидуального реактора: требуется ограничить ток КЗ I_{max} , чтобы можно было в данной цепи установить выключатель с номинальным током отключения $I_{ном.отк}$ (действующее значение периодической составляющей тока отключения).

По значению $I_{ном.отк}$ определяется начальное значение периодической составляющей тока КЗ, при котором обеспечивается коммутационная способность выключателя. Для упрощения обычно принимают:

$$I_{п,0,троб} = I_{ном.отк}$$

Результирующее сопротивление, Ом, цепи КЗ до установки реактора:

$$X_{рез} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot I_{п,0}}$$

Требуемое сопротивление цепи КЗ для обеспечения $I_{п,0,троб}$:

$$X_{рез}^{троб} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot I_{п,0,троб}}$$

Разность полученных значений сопротивлений даст требуемое сопротивление реактора:

$$X_p^{троб} = X_{рез}^{троб} - X_{рез}$$

Далее по каталожным и справочным материалам выбирают тип реактора с ближайшим большим индуктивным сопротивлением.

Выбранный реактор следует проверить на электродинамическую и термическую стойкость при протекании через него тока КЗ.

Электродинамическая стойкость реактора гарантируется при соблюдении следующего условия:

$$i_{дин} \geq i_y^{(3)};$$

где $i_y^{(3)}$ - ударный ток при трёхфазном КЗ за реактором;

$i_{дин}$ - ток электродинамической стойкости реактора, т. е. максимальный ток(амплитудное значение), при котором не наблюдается остаточной деформации обмоток(в каталогах - i_{max}).

Термическая стойкость реактора характеризуется заводом-изготовителем величиной $t_{тер}$ - временем термической стойкости и среднеквадратичным током термической стойкости.

$$I_{тер} = i_{дин} / 2.54;$$

Поэтому условие термической стойкости реактора имеет вид:

$$B_k^p = I_{мер}^2 \cdot t_{мер} \geq B_k;$$

где B_k – расчетный импульс квадратичного тока при КЗ за реактором.

$$B_k = I_{n.0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a);$$

При соблюдении указанного условия нагрев обмотки реактора при КЗ не будет превышать значения.

Далее необходимо определить потерю напряжения в реакторе и уровень остаточного напряжения на шинах при КЗ непосредственно за реактором. Для этой цели пользуются выражениями

$$U_{ост\%} = X_p \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_{n.0}}{U_{ном}} \cdot 100\%;$$

В соответствии с существующей методикой выбора токоограничивающих реакторов разработан алгоритм и программа на языке ФОРТРАН.

Исходной информацией для выбора токоограничивающих реакторов является напряжение установки, максимальный ток утяжелённого режима, начальное значение периодической составляющей тока КЗ. Требуется также задать род установки реактора (внутренний, внешний) и тип реактора (одинарный, сдвоенный). Кроме этого имеется банк каталожных данных токоограничивающих реакторов помещённый в отдельный файл.

При работе программы выбора определяется блок параметров реакторов в банке данных, затем производится его выбор. После выбора реактора выводятся на печать его тип и соответствующие ему параметры.

Литература

1. Гук Ю.Б. и др. Проектирование электрической части станций и подстанций: Учеб пособие для вузов / Ю.Б. Гук, В.В. Кантан, С.С. Петрович – Л.: Энергоатомиздат. ЛО, 1985. – 312 с.
2. Крючков И.П., Кувшанский Н.Н., Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учебное пособие. – 3-е издание. – М.: Энергия, 1978. – 456 с.
3. Пикон Браво Паулино Хавьер. Автоматизация проектирования электрической части станций. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Л, 1988. – 206 с.