

УДК 621.3

Практические методы расчёта переходных процессов

Кудёлка В. В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент СИЛЮК С. М.

Переходные процессы – процессы, возникающие в электрических цепях при различных воздействиях, приводящих их из стационарного состояния в новое стационарное состояние, то есть, – при действии различного рода коммутационной аппаратуры, например, ключей, переключателей для включения или отключения источника, или приёмника энергии, при обрывах в цепи, при коротких замыканиях отдельных участков цепи и т. д.

Физическая причина возникновения переходных процессов в цепях – наличие в них катушек индуктивности и конденсаторов, то есть индуктивных и ёмкостных элементов в соответствующих схемах замещения. Объясняется это тем, что энергия магнитного и электрического полей этих элементов не может изменяться скачком при коммутации (процесс замыкания или размыкания выключателей) в цепи. Иными словами, конденсатор не может запастись энергией мгновенно, а если бы мог – для этого потребовался источник энергии бесконечной мощности.

Расчет электромагнитного переходного процесса в современной электрической системе с учетом всех имеющих место условий и факторов чрезвычайно сложен и практически не выполним, поэтому, чтобы упростить задачу и сделать ее решение практически возможным, вводят ряд допущений. Последние зависят прежде всего от характера и постановки самой задачи. Те допущения, которые вполне пригодны при решении одной задачи, могут быть совершенно неприемлемыми при решении другой.

В соответствии с целевым назначением проводимого на практике расчета электромагнитного переходного процесса устанавливают исходные расчетные условия. Они весьма разнообразны и при решении разных задач могут быть даже противоположными. Так, например, для выбора выключателя по условиям его работы при коротком замыкании должны быть определены соответствующие возможные наибольшие величины тока короткого замыкания. С этой целью исходят из предположения, что короткое замыкание происходит в то время, когда включено наибольшее число генераторов, что вид короткого замыкания такой, при котором ток достигает наибольшей величины, что короткое металлическое и что оно произошло непосредственно у выводов самого выключателя. Помимо того, здесь устанавливают расчетное время размыкания контактов выключателя и цикл производимых им операций (включение и отключение).

Для составления эквивалентной схемы замещения в относительных единицах нужно прежде всего на одной из ступеней напряжения заданной схемы выбрать базисные единицы и затем определить базисные единицы для каждой другой ступени напряжения. После этого следует подсчитать все величины в относительных единицах при базисных условиях, имея в виду, что под базисным напряжением, током и сопротивлением всегда надо понимать базисные напряжение, ток и сопротивление той ступени трансформации, на которой находятся подлежащие приведению величины. При такой последовательности приведения магнитосвязанной схемы коэффициенты трансформации промежуточных трансформаторов учтены в базисных единицах каждой ступени напряжения заданной схемы.

Представление любых физических величин не в обычных для них соответствующих именованных единицах, а в относительных, безразмерных единицах позволяет существенно упростить некоторые теоретические выкладки и придать им более общий характер. Равным образом и в практических расчетах такое представление величин придает результатам большую наглядность и позволяет быстрее ориентироваться в порядке определяемых значений. Благодаря этому система относительных единиц широко используется. Под относительным значением какой-либо величины следует понимать ее отношение к другой одноименной величине, выбранной за единицу измерения. Следовательно, чтобы выразить,

отдельные величины в относительных единицах, нужно прежде всего выбрать те величины, которые должны служить соответственными единицами измерения (или установить базисные условия).

Исследования и расчеты при несимметричных КЗ проводят с помощью метода симметричных составляющих. Расчет состоит в том, что заданный несимметричный режим работы системы представлен как результат наложения трех симметричных режимов, один из которых содержит только составляющие прямой последовательности (ЭДС, токи, сопротивления), другой – только составляющие обратной последовательности и третий – только составляющие нулевой последовательности.

При расчетах токов несимметричных КЗ. применяют правило эквивалентности прямой последовательности, согласно которому ток прямой последовательности любого несимметричного КЗ может быть определен как ток при трехфазном КЗ в точке, удаленной от действительной точки КЗ, на дополнительное сопротивление, величина которого в зависимости от вида КЗ определяется результирующими сопротивлениями схем обратной и нулевой последовательности. Установлено, что симметричные составляющие токов и напряжений в месте КЗ, а также полные токи и напряжения в здоровых и поврежденных фазах для любого момента времени пропорциональны току прямой последовательности.

В ряде случаев, например, когда расчет токов КЗ ведется с целью выбора или проверки аппаратов и проводников по условиям КЗ, очень большой точности определения токов КЗ не требуется, поэтому желательно использование простых практических методов. Одним из таких методов, который учитывает параметры современных синхронных машин и реальные условия их работы, является метод типовых кривых.

Типовыми кривыми называют графические зависимости, отражающие при заданной удаленности точки КЗ, изменение во времени относительного значения периодической составляющей тока КЗ источника.

При приближенных расчетах токов КЗ для определения действующего значения периодической составляющей тока КЗ от синхронных генераторов в произвольный момент времени при радиальной расчетной схеме следует применять метод типовых кривых. Он основан на использовании кривых изменения во времени отношения действующих значений периодической составляющей тока КЗ от генератора в произвольный и начальный моменты времени, т. е. построенных для разных удаленностей точки КЗ.

Типовые кривые учитывают изменение действующего значения периодической составляющей тока КЗ, если отношение действующего значения периодической составляющей тока генератора в начальный момент КЗ к его номинальному току равно или больше двух. При меньших значениях этого отношения следует считать, что действующее значение периодической составляющей тока КЗ не изменяется во времени.

Расчет тока КЗ по его общему или индивидуальному изменению применяется, если в расчетной схеме ЭЭС точка КЗ питается от нескольких источников, то следует оценить возможность уменьшения их количества, располагая сведениями об их типе, мощности и электрической удаленности относительно точки КЗ. Различают расчет периодической составляющей тока КЗ по его общему изменению, если количество источников удастся сократить, и индивидуальному изменению, если необходимо вычислять составляющие тока КЗ от каждого или эквивалентных (объединенных однотипных) генераторов.

Расчет тока КЗ по его общему изменению заключается в замене однотипных и одинаково электрически удаленных генераторов эквивалентными с последующим определением периодической составляющей тока КЗ для каждого из этих эквивалентных генераторов.

Расчет тока КЗ по его индивидуальному изменению состоит в определении токов КЗ, создаваемых разнотипными генераторами или электростанциями с разной удаленностью их от точки КЗ. Периодические составляющие токов КЗ отдельных генераторов изменяются во времени неодинаково. Если вычислять токи КЗ, создаваемые разнотипными генераторами с

разной удалённостью от точки КЗ, через общее результирующее сопротивление, то расчёт может иметь большую погрешность. Предельное отклонение результатов расчёта по общему изменению периодической составляющей тока КЗ характеризуется отношением начального сверхпереходного тока к периодической составляющей тока источника в момент времени t при КЗ на зажимах генератора. Для турбогенераторов даже при малых промежутках времени расчет приводит к существенным погрешностям (отношение достигает трех). Для гидрогенераторов предельные ошибки такого расчёта гораздо меньше. При отсутствии АРВ погрешность расчёта возрастает. Если характеристики источников позволяют использовать для расчёта тока КЗ типовые кривые, то в случае независимых генерирующих ветвей можно воспользоваться также рекомендациями последовательности расчёта по общему изменению тока КЗ. Преобразование схемы выполняют с использованием коэффициентов распределения тока. Источники, непосредственно связанные с точкой КЗ, а также источники бесконечной мощности следует рассматривать отдельно от остальных источников питания. Токи, создаваемые источниками, находят отдельно для каждой ветви. В случае независимых генерирующих ветвей связи с точкой КЗ составляющие тока КЗ рассчитывают аналогично расчёту по общему изменению тока КЗ.