

УДК 621.311.1

О.В.Фунтова (6 курс, каф. ЭСиС), И.М.Зуев (инж. АО НИИПТ),
А.С.Герасимов (асп. АО НИИПТ)

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ СЛОЖНЫХ ЭЭС

При исследовании переходных и установившихся режимов энергосистем с использованием ЭВМ определенные трудности вызывает определение параметров схем замещения неполнофазных режимов в виде собственных и взаимных проводимостей. Даже в промышленных программах «Мустанг», «Дакар» и «Эра» шунты короткого замыкания определяются путем подбора, что приводит к значительной погрешности расчетов.

По определению, взаимная проводимость Y_{ij} представляет собой коэффициент пропорциональности между током одной и ЭДС другой ветви схемы при равенстве нулю всех остальных ЭДС. Коэффициент пропорциональности между током и ЭДС этой же ветви при тех же условиях является собственной проводимостью Y_{ii} . В соответствии с этими определениями разработан алгоритм и программа вычисления собственных и взаимных проводимостей ветвей. Алгоритм позволяет по найденным значениям токов I_i , I_j и действующей ЭДС E_i вычислить искомые параметры: $Y_{ii}=I_i/E_i$, $Y_{ij}=I_j/E_i$. Методически удобнее принять ЭДС одной из генераторных станций равной единице, а ЭДС остальных станций равными нулю. После определения токов во всех генераторных ветвях их собственные и взаимные проводимости вычисляются по приведенным формулам. Для составления полной матрицы проводимостей проводят серию расчетов режимов системы для каждой из генераторных станций.

Выполнение расчета режима системы с заданной единичной ЭДС будем проводить на основе решения узлового уравнения: $U_y = -Y_y^{-1} \cdot J_y$, где U_y – вектор узловых напряжений; J_y – вектор задающих токов. Матрица узловых проводимостей схемы определяется по формуле $Y_y = N \cdot Y_B \cdot N^T$, в которой N – матрица узловых соединений схемы, а Y_B – матрица проводимостей ветвей схемы. Задающие токи в узлах определяются следующим образом:

$$J_y = N \cdot J_B,$$

где $J_B = Y_B \cdot E$ – столбец задающих токов; где E – вектор ЭДС ветвей схемы, в котором одна ЭДС единичная, а остальные нулевые. Далее по найденным узловым напряжениям определяем параметры режима: напряжения и токи в ветвях схемы: $U_B = N^T \cdot U_y$, $I_B = Y_B \cdot U_B + J_B$. Зная значения токов ветвей и действующую ЭДС, находим собственную проводимость ветви той станции, ЭДС которой принималась равной единице, а также взаимные проводимости между ветвью станции и ветвями остальных генераторов в схеме.

Поскольку расчёты ведутся только с приведёнными параметрами схемы, то все элементы матрицы Y_B приводятся к базисному напряжению. Приведённые проводимости ветвей эквивалентных шунтов в узлах рассчитываются как $Y_{Bk} = (B_i \cdot U_i^2) / U_{БАЗ}^2$, где k – номер ветви эквивалентного шунта в узле i ; $U_{БАЗ}$ – базисное напряжение; U_i – напряжение узла i , к кото-

рому приведена эквивалентная проводимость B_i . Это может быть либо номинальное напряжение, либо напряжение, которое поддерживает генераторная станция в этом узле, если она присоединена. В программе расчёта матрицы СВП в качестве U_i для вычисления приведённой проводимости шунта в узле берётся генераторное напряжение, если в этом узле есть генерация, в противном случае — номинальное.

В расчетах несимметричного режима или процесса вычисляются результирующие сопротивления схем отдельных последовательностей относительно точки, где возникла несимметрия. При этом учитываются особенности преобразований схем при поперечной и продольной несимметриях. Результирующие сопротивления отдельных последовательностей вычисляем без эквивалентных преобразований схем, воспользовавшись методом единичных ЭДС.

Программа расчёта матрицы СВП и определения параметров схем замещения несимметричных аварийных режимов написана для работы под управлением Windows[®] на языке C++ и имеет удобный графический интерфейс. Ввод данных и вывод результатов осуществляется с помощью файла данных формата ЦДУ, что даёт возможность обмена данными с другими программами.

Для проверки провели сопоставление результатов вычислений собственных и взаимных проводимостей для небольшой энергосистемы (6 узлов, 9 ветвей и 4 генератора) по разработанной программе и методом преобразования схемы. Наибольшие расхождения, полученные при определении взаимных сопротивлений генераторных узлов схемы, приведенных к 220 кВ, составили 0,0009%.

Выводы. Разработана программа расчета матрицы собственных и взаимных проводимостей генераторных узлов энергосистем, реализующая метод единичных ЭДС. Выполнена оценка погрешностей, и показана возможность использования параметров матрицы СВП для решения электроэнергетических задач.