

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

М. А. АВАКЯН

О ЕДИНСТВЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕЖИМА
 ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ
 ЭНЕРГОСИСТЕМ

В настоящее время во всех энергосистемах большое внимание уделяется задаче выбора режима заземления нейтралей трансформаторов (РЗНТ) в сетях 110—220 кВ с использованием ЦВМ.

Особое место выбора РЗНТ в общем комплексе режимных расчетов определяется тем обстоятельством, что он имеет не только самостоятельное значение при определении мощности трансформаторов, нейтраль которых заземляется наглухо или через дополнительное сопротивление, но также является исходным при определении токов короткого замыкания, при расчетах электромагнитных переходных процессов и т.д.

Опыт эксплуатации разработанной на кафедре ЭССС Ереванского политехнического института программы выбора РЗНТ показал, что принятый метод итерации по Ньютону, описанный в [1], обеспечивает быструю сходимость вычислительного процесса задачи выбора РЗНТ в электрических системах и в случаях слабых связей между узлами.

Для получения практической рекомендации по применению принятой методики необходимо исследование таких важных свойств, как существование и единственность решения задачи выбора РЗНТ.

Задача выбора РЗНТ сводится к определению таких значений поправок к диагональным элементам матрицы узловых проводимостей схемы замещения нулевой последовательности (рис.) исходного РЗНТ энергосистем, при которых обеспечиваются заданные значения диагональных элементов обратной матрицы $[Y]^{-1}$ [2]:

$$[Z_{ij} \delta_{ij}] = [Z_{ii(0)}]. \quad (1)$$

Здесь δ_{ij} — символ Кронекера, $\delta_{ij} = 0$ при $i \neq j$, $\delta_{ii} = 1$.

Значения элементов диагональной матрицы узловых сопротивлений $[Z_{ii(0)}]$ определяются из условий эффективного заземления нейтралей трансформаторов в сетях 110—22 кВ [2, 3].

Состояние схемы замещения электрических сетей (рис.), в частности, схемы замещения нулевой последовательности, может быть запи-

гано в виде системы линейных алгебраических уравнений узловых напряжений:

$$[Y] \cdot [U] = [I], \quad (2)$$

где $[Y]$ — матрица узловых проводимостей порядка n ; $[U]$, $[I]$ — столбчатые матрицы напряжений узлов и токов в узлах.

Существование решения систем линейных уравнений (2) следует из невырожденности матрицы узловых проводимостей, т. к. нейтраль в сетях 110 кВ и выше глухо заземлена, т. е. имеется хотя один поперечный элемент (проводимость на землю).

Так как задача выбора РЗНТ сводится к отысканию матрицы узловых сопротивлений с заранее известными диагональными элементами, то из единственности решения задачи следует, что существует только одна матрица поправок $[dY_{ij} \delta_{ij}]$ к диагональным элементам матрицы узловых проводимостей $[Y^{(0)}]$ схемы замещения нулевой последовательности исходного РЗНТ такая, что параметры матрицы узловых сопротивлений $[Z]$, обратной матрице

$$[Y] = [Y^{(0)}] + [dY_{ij} \delta_{ij}], \quad (3)$$

удовлетворяют условию (1).

Частное приращение диагональных элементов матрицы узловых сопротивлений, вызванных изменением диагональных элементов матрицы узловых проводимостей, записывается по матричному уравнению [1]:

$$[dZ_{ij} \delta_{ij}] = -[Z_{ij}^2] \cdot [dY_{ij} \delta_{ij}]. \quad (4)$$

Докажем единственность решения задачи РЗНТ.

Предположим, что матрица узловых проводимостей $[Y^{(0)}]$ получила приращение $[dY_{ij}^{(1)} \delta_{ij}]$, обеспечивающее решение задачи РЗНТ, т. е. в результате обращения матрицы

$$[Y^{(1)}] = [Y^{(0)}] + [dY_{ij}^{(1)} \delta_{ij}]$$

выполняется условие (1).

Тогда, в силу (2), приращения диагональных элементов матрицы узловых сопротивлений определяются выражением:

$$[dZ_{ij}^{(1)} \delta_{ij}] = -[(Z_{ij}^{(0)})^2] \cdot [dY_{ij}^{(1)} \delta_{ij}], \quad (5)$$

где $[Z^{(0)}]$ — матрица, обратная $[Y^{(0)}]$.

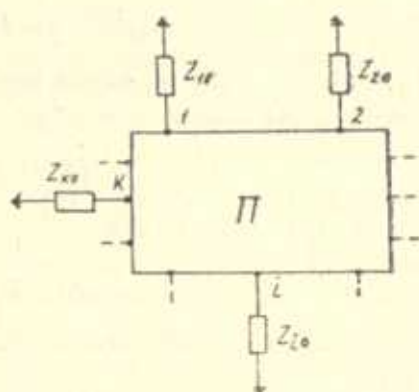


Рис. Схема замещения нулевой последовательности.

Выходные сопротивления узлов, отвечающие решению задачи РЗНТ определяются уравнением:

$$[Z_{ij}^{(1)} \delta_{ij}] = [Z_{ij}^{(0)} \delta_{ij}] + [dZ_{ij}^{(1)} \delta_{ij}]. \quad (6)$$

Положим, что существует другое приращение матрицы узловых проводимостей $[dY_{ij}^{(2)} \delta_{ij}]$, обеспечивающее решение задачи РЗНТ. Тогда, аналогично (5) и (6) можно определить приращение диагональных элементов матрицы узловых сопротивлений нового решения

$$[dZ_{ij}^{(2)} \delta_{ij}] = -[(Z_{ij}^{(0)})^2] \cdot [dY_{ij}^{(2)} \delta_{ij}] \quad (7)$$

и входные сопротивления узлов

$$[Z_{ij}^{(2)} \delta_{ij}] = [Z_{ij}^{(0)}] + [dZ_{ij}^{(2)} \delta_{ij}]. \quad (8)$$

Так как (6) и (8) являются решениями задачи РЗНТ, то в силу условия (1) справедливо тождество

$$[Z_{ij}^{(1)} \delta_{ij}] \equiv [Z_{ij}^{(2)} \delta_{ij}]. \quad (9)$$

Из (9) следует также

$$[dY_{ij}^{(1)} \delta_{ij}] \equiv [dY_{ij}^{(2)} \delta_{ij}], \quad (10)$$

т. е. существует единственное решение задачи РЗНТ, что следовало доказать.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авакян М. А. Применение метода Ньютона для расчета режима заземления нейтралей трансформаторов энергосистем.— Изв. вузов. Энергетика, 1982, № 4, с. 17—21.
2. Айрапетян Г. А., Авакян М. А. Методика выбора режима заземления нейтралей трансформаторов высоковольтных сетей энергосистем.— Электрические станции, 1972, № 4, с. 64—67.
3. Айрапетян Г. А., Авакян М. А. Выбор режима заземления нейтралей трансформаторов в сетях 110 кВ и более высоких напряжений.— В сб.: Режимы нейтрала в электрических системах. Киев: Наукова думка, 1974, с. 24—32.