При большом интересе к электромобилям появляется проблема зарядки автомобиля в электро-заправочных станциях в районах Крайнего Севера. Например, возьмем город Якутск. В городе отсутствуют электро-заправочные станции, но уже есть гибриды и в скором времени будут электромобили. Для решения данной проблемы в автодорожном факультете была построена электропарковка для зарядки электромобилей и электро-подогревающее оборудование для двигателя внутреннего сгорания.

Список литературы:

1. Антоненков В.О., Цыганков Д.В., Лукашков Н.И. Рост интереса к электромобилям в мире // Новая наука: стратегии и векторы развития / ООО "Агентство международных исследований". Уфа, 2015. - С. 119 – 121.
2. Свиридов С.А., Хатина И.В. Электромобили: достоинства и недостатки // Современные автомобильные материалы и технологии (Самит - 2015) Курск, 27 ноября 2015 г. / ЗАО «Университетская книга». Курск, 2015. – С. 212 – 215.
3. Родовид М.З. Как ведут себя электромобили Nissan Leaf зимой [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://rodovid.me/electrocar/nissan_leaf_zimoy.html
4. Нагрев электродвигателей, его причины и влияние на срок службы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cable.ru/articles/id-1077.php>

Определение тока короткого замыкания в цепи

***Жиндаева В.О., студентка,
Чукотский филиал Северо-Восточного федерального университета,
г. Анадырь,
E-mail: v.jindaewa@yandex.ru***

***Научный руководитель:
к.т.н., профессор Королук Ю.Ф.***

Предлагается программа расчета токов короткого замыкания в произвольной электрической сети, содержащей произвольное число генераторов, трансформаторов и линий электропередач. Программа составлена в системе MathCad и использует метод узловых напряжений.

$$I = Y \cdot U, \quad (1)$$

где I , U – столбцовые матрицы токов и напряжений соответственно;

Y – квадратная матрица проводимостей сети.

С этой целью для каждого вида элементов составлена процедура, позволяющая по паспортным данным вычислить элементы схемы замещения. Пассивных элементов, отличающихся друг от друга два, а значит и процедур тоже две. Учет n элементов сети в программе осуществляется обращением n раз к соответствующим процедурам.

Уравнение схемы замещения линии электропередачи:

$$\begin{aligned} I_m &= Y_{m,m} \cdot U_m - Y_{m,n} \cdot U_n \\ I_n &= -Y_{m,n} \cdot U_m + Y_{n,n} \cdot U_n \end{aligned}$$

Трансформатор замещается как каскадное соединение двух четырехполюсников: сопротивления, приведенного к одной из сторон и идеального коэффициента

трансформации.

Схема трансформатора приведена на рисунке 1, а уравнения четырехполюсника имеют вид:

$$U_1 = k_t \cdot U_2 + \frac{Z_t}{k_t} \cdot I_2$$

$$I_1 = \frac{1}{k_t} \cdot I_2$$

Перевод параметров четырехполюсника в форму Y осуществляется уравнением:

$$I_1 = \frac{1}{Z_t} \cdot U_1 - \frac{k_t}{Z_t} \cdot U_2$$

$$I_2 = -\frac{k_t}{Z_t} \cdot U_1 + \frac{k_t^2}{Z_t} \cdot U_2$$

Рис. 1. Схема трансформатора

Программа позволяет определить ток короткого замыкания в заданном узле в цепях, содержащих генераторы, трансформаторы и линии электропередач при известных номинальных напряжениях трансформаторов, их сопротивлений, сопротивлений линий электропередач (ЛЭП), а также включенных в цепь ЭДС, также имеющих свои сопротивления.

Рассмотрим цепь, указанную на рисунке 2.

В указанной схеме Z_{t1} , Z_{t2} , Z_{t3} – сопротивления трансформаторов с коэффициентами трансформации $k_1 = k_2 = k_3 = \frac{U_V}{U_n}$; Z_{g1} , Z_{g2} , Z_{g3} – сопротивления источников ЭДС; Z_1 , Z_2 – сопротивления участков линий. Также примем сопротивление узла 0 на землю равным нулю, соответственно проводимость узла 0 Y_{kz} будет приблизительно равна 10^5 Ом.

Опишем процедуру нахождения тока короткого замыкания в узле 0. Необходимо задать матрицу $Y_{k,k}$ где k – количество узлов (количество узлов выбирается произвольно в зависимости от схемы электрической цепи). Для этого используем следующие строки программы для трансформаторов (Рис. 3) и для сопротивлений линии (Рис. 4):

Рис. 2. Схема цепи для определения тока короткого замыкания в заданном узле

$$Yt(m, n, Un1, Uv, Zt) := \left| \begin{array}{l} Y' \leftarrow Y \\ k \leftarrow \frac{Uv}{Un1} \\ Y'_{m,m} \leftarrow \frac{1}{Zt} \\ Y'_{m,n} \leftarrow \frac{-k}{Zt} \\ Y'_{n,m} \leftarrow \frac{-k}{Zt} \\ Y'_{n,n} \leftarrow \frac{k^2}{Zt} \\ Y' \end{array} \right.$$

Рис. 3. Программа для трансформаторов

k – коэффициент трансформации; m, n – номера узлов; $\frac{1}{Zt}, \frac{-k}{Zt}, \frac{k^2}{Zt}$ – параметры уравнений Y -формы трансформатора.

$$Zr(m, n, Z) := \left| \begin{array}{l} Y' \leftarrow Y \\ Y'_{m,m} \leftarrow \frac{1}{Z} \\ Y'_{m,n} \leftarrow \frac{-1}{Z} \\ Y'_{n,m} \leftarrow \frac{-1}{Z} \\ Y'_{n,n} \leftarrow \frac{1}{Z} \\ Y' \end{array} \right.$$

Рис. 4. Программа для сопротивлений линии

m, n – номера узлов; $\frac{1}{Z}, \frac{-1}{Z}$ – проводимости сопротивлений линии.

Затем следует заполнить полученные процедуры для заданных узлов схемы, используя исходные данные. Для указанной схемы имеем:

$$Y := Yt(2, 1, Un1, Uv, Zt1) + Y$$

$$\underline{Y} := Yt(2, 3, Un1, Uv, Zt3) + Y$$

$$\underline{Y} := Yt(4, 5, Un1, Uv, Zt2) + Y$$

$$\underline{Y} := Zr(2, 0, Z1) + Y$$

$$\underline{Y} := Zr(0, 4, Z1) + Y$$

Также следует учесть сопротивления ЭДС, включив их в столбцовую матрицу Y путем прибавления проводимостей ЭДС к соответствующему узлу. Для указанной схемы имеем:

$$\underline{Y}_{1,1} := Y_{1,1} + \frac{1}{Zg1}$$

$$Y_{3,3} := Y_{3,3} + \frac{1}{Zg3}$$

$$Y_{5,5} := Y_{5,5} + \frac{1}{Zg2}$$

Для того чтобы определить напряжение короткого замыкания на узле 0, нам также необходимо составить столбцовую матрицу ЭДС I , которая для указанной схемы будет выглядеть следующим образом:

$$I := \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{Un1}{Zg1} \\ 0 \\ \frac{Un3}{Zg3} \\ 0 \\ \frac{Un1}{Zg2} \end{pmatrix}$$

Столбцовую матрицу напряжений U находим из формулы (1): $U = Y^{-1} \cdot I$

Используя заданное условие:

$$Y_{Uzel\_kz, Uzel\_kz} := Y_{Uzel\_kz, Uzel\_kz} + Ykz$$

и выбрав номер исследуемого узла (для указанной схемы узел 0): $Uzel\_kz := 0$

мы получаем значение напряжения короткого замыкания U_{Uzel_kz} из матрицы напряжений U .

Искомое значение тока короткого замыкания I_{kz} находим по формуле:

$$I_{kz} := \frac{U_{Uzel\_kz} \cdot Ykz}{\sqrt{3}}$$

Таким образом, предложенная программа позволяет рассчитать ток короткого замыкания в любом узле цепи с любым количеством узлов. Следует отметить, что указанные расчеты справедливы и для комплексных значений ЭДС и учета активных составляющих сопротивлений.