

АНИМАЦИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ПРОСТЕЙШЕЙ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ ПРИ ВНЕЗАПНОМ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

Спитальников В. М.

*Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого*

Научный руководитель: к. т. н. **Токочаков В. И.**

Целью исследования является изучение переходного процесса (величины тока и его изменения во времени) при коротком замыкании в простейшей трехфазной цепи в зависимости от параметров этой цепи.

Простейшей трехфазной цепью обычно называют симметричную трехфазную цепь с сосредоточенными параметрами (R-активным и L-индуктивным сопротивлениями), питающуюся от источника синусоидального напряжения с неизменной амплитудой и внутренним сопротивлением, равным нулю.

Внезапное короткое замыкание в простейшей цепи произойдет при включении короткого замыкания. После точки короткого замыкания, цепь распадется на два независимых друг от друга участка (1 и 2 участки). Участок 1 с параметрами R_n и L_n оказывается зашунтированным коротким замыканием и ток в нем будет поддерживаться лишь до тех пор, пока электромагнитная энергия, запасенная в индуктивности L_n , не перейдет в тепловую, поглощаемую сопротивлением R_n , т.е. ток предыдущего режима затухает по экспоненциальному закону с некоторой постоянной времени участка 1. Участок 2 после короткого замыкания остается присоединенным к источнику. При этом сопротивление цепи после короткого замыкания значительно уменьшилось, что вызывает увеличение тока установившегося режима в этом участке цепи по сравнению с током предыдущего режима (тока нагрузки – i_n).

Путем сложных математических расчетов и преобразований получаем дифференциальное уравнение равновесия напряжений для любой из трех фаз:

$$I_A \cdot R_n + L_k \cdot (di_A/dt) = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha).$$

В общем случае аналитическое решение рассматриваемого дифференциального линейного уравнения с правой частью относительно тока имеет вид:

$$i = i_n + i_{св},$$

где $L_k = L - M$ – результирующая индуктивность фазы (M – величина взаимной индуктивности между фазами); $i_n = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha + \varphi_k)$ – периодическая составляющая тока вынужденного режима; α – угол включения; $I_m = U_m / Z_k$ – амплитуда этого тока; $Z_k = (R_k^2 + (\omega \cdot L_k)^2)^{0,5}$ – полное сопротивление участка 2; $\varphi_k = \arctg(\omega \cdot L_k / R_k)$ – угол сдвига тока вынужденного режима в этой цепи; $i_{св} = i_0 \cdot e^{-t/Ta}$ – свободная составляющая тока; $i_0 = i_{св}(0)$ – начальное значение свободной составляющей тока; $Ta = L_k / R_k$ – постоянная времени участка 2.

В ходе дальнейших математических преобразований получим выражение для полного тока короткого замыкания и его свободной составляющей:

$$I = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha - \varphi_k) + [I_m \cdot \sin(\alpha - \varphi_n) - I_m \cdot \sin(\alpha - \varphi_k)] \cdot e^{-t/Ta}$$

$$i_{св} = [I_m \cdot \sin(\alpha - \varphi_n) - I_m \cdot \sin(\alpha - \varphi_k)] \cdot e^{-t/Ta}$$

Данное выражение мы и будем в дальнейшем использовать для анализа зависимости тока короткого замыкания от параметров цепи: от сопротивлений R_k и L_k и угла сдвига фаз φ_n .

Для анимационного моделирования в Mathcad 6.0 Plus указываем все исходные данные (амплитуду напряжения U_m , угол α , сопротивления R_k , L_k и Z_n , угол φ_n) и присваиваем им численные значения. Задаем интервал времени t и записываем формулы для определения T_n , ω , φ_k , I_m . Далее записываем формулы для полного тока короткого замыкания и его свободной составляющей. Теперь нам необходимо получить график $i(t)$ изменения переходного тока во времени.

Промоделируем поведение зависимости $i(t)$ от изменения угла φ_n .

Пусть по условию $\varphi_n=0$. Присваиваем φ_n в области блока с исходными данными новое значение следующим образом: $\varphi_n = \varphi_n + \text{FRAME}$, т.е. $\varphi_n = 0 + \text{FRAME}$. Далее в меню Windows вызываем из подменю Animate опцию Create и указываем границы изменения φ_n и скорость движения анимации, отмечаем область заранее построенного графика $i(t)$ и $i_{св}(t)$ и запускаем опцию на выполнение. После того как опция закончит свою работу появится отдельное окно с графиками $i(t)$ и $i_{св}(t)$ и линейкой прокрутки. На этой линейке следует нажать клавишу "пуск" и наблюдать анимацию.

После анализа результатов данного исследования можно сказать, что при изменении значения φ_n аperiodическая составляющая тока короткого замыкания меняет лишь свою амплитуду, также можно определить значение φ_n (при неизменных остальных параметрах схемы) при котором аperiodическая составляющая равна нулю, т.е. ударный ток представляет собой неизменную синусоиду.

Таким же образом производится исследование зависимости $i(t)$ от параметров R_k , L_k , α .

В заключение можно сказать, что данное исследование может найти применение в качестве лабораторной работы по курсу "Электромагнитные переходные процессы" для изучения студентами изменения тока короткого замыкания во времени (на примере простейшей электрической цепи) в зависимости от изменения параметров цепи.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНОГО САЙТА НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА THINKQUEST

Никитин Д. А., Суслов А. А.

Гродненский государственный университет

Научный руководитель: к.т.н. Никитин А. В.

Авторы анализируют двухлетний опыт функционирования сайта «Другая земля», созданного в рамках проекта ThinkQuest. Авторы предлагают разработанную технологию и интерфейс для организации дистанционного обучения.

Реализации дистанционного обучения при современной коммуникационной инфраструктуре очень многообразны. В качестве программной модели тестирующего компонента дистанционного обучения можно рассмотреть проект "Другая Земля". Проект разработан студентами Гродненского государственного университета в рамках конкурса ThinkQuest. Информацию об этом конкурсе можно найти на сервере www.gsn.org. Интерес может представлять программная реализация этого проекта. Уже около двух лет узел успешно работает на сервере