

УДК 621.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СРЕДЕ SIMULINK MATLAB

Баранов В.Б.

Научный руководитель – АРТЕМЕНКО К.И.

Коммутационные перенапряжения формируются в результате резкого изменения режима работы электросети, связанными с изменениями включениями/отключениями мощных приемников, с емкостным или индуктивным характером нагрузки. Исследования коммутационных перенапряжений реализуются методами математического моделирования. Одной из программ является MatLab со своим приложением Simulink. Simulink выполняет симуляции работы моделируемых систем и устройств.

Целью работы является изучение возникновения коммутационных перенапряжений, их видов, особенностей и способов ограничения.

Задача исследования – определение уровней перенапряжений в момент коммутации.

Классификация коммутационных перенапряжений:

- перенапряжения при включении линий;
- перенапряжения при отключении линий;
- перенапряжения при включении индуктивных элементов;
- перенапряжения при отключении индуктивных элементов;
- перенапряжения при дуговых замыканиях на землю;
- перенапряжения при отключении конденсаторных батарей.

Главной причиной перенапряжений при включении линий является перезаряд в колебательном режиме емкости C_3 , линии через индуктивность L_3 от начального значения напряжения $U_{c0} = \text{const}$ до устанавливающегося напряжения, зависящего от мгновенного напряжения источника электродвижущей силы (ЭДС) e_3 в момент включения. Наиболее высокие напряжения возникают, если от предшествующего режима работы на линии осталось напряжение противоположной полярности $U_{c0} = -U_m$, а включение происходит в момент положительного максимума ЭДС $U_{уст} = -U_m$ величина перенапряжения в этом случае составит:

$$U_{\max} = E_m + (E_m + E_m) \cdot 2 = 3 E_m$$

где E_m – амплитуда ЭДС источника питания.

Кратность перенапряжений на емкости линии представляется в виде произведения двух сомножителей:

$$k_n = \chi \cdot V, \quad (2)$$

где V – кратность квазистационарной составляющей перенапряжения на холостой линии, равная отношению амплитуды напряжения установившегося режима $U_{уст}$ к амплитуде ЭДС источника питания E_m ;

χ – коэффициент коммутационных перенапряжений, равный отношению амплитуды перенапряжения U_{\max} к амплитуде напряжения установившейся составляющей $U_{уст}$.

Максимальное значение напряжения на линии:

$$U_{1\max} = U_{\text{нач}} + (U_{\text{уст}} - U_{\text{нач}}) \cdot K_{\text{уд}} = E_m + (-E_m - E_m) \cdot 1,8 = -2,6 E_m, \quad (3)$$

где $K_{\text{уд}} \approx 1,8$ – ориентировочное значение ударного коэффициента в эквивалентном контуре с учетом потерь в сопротивлении R_1 .

Перенапряжения при коммутации ненагруженных линий электропередачи связаны с включениями или отключениями выключателями емкостных токов. Отключения ненагруженной линии малообъемным масляным выключателем усугубляется тем, что перекрытие ее изоляции может повлечь разрушение выключателя. Радикальной мерой борьбы с этим видом коммутационных перенапряжений является применение выключателей без опасных повторных зажиганий дуги при отключении линии. Эффективным оказывается

подключение к линии шунтирующего реактора, также ограничение перенапряжений при отключении линий может осуществляться с помощью вентильных разрядников или нелинейных ограничителей перенапряжений.

При проведении исследования простейшей электрической схемы, модель которой представлена на рисунке 1, уровни перенапряжений в момент коммутации превысили номинальное напряжение и составили:

- для фазы А – 1200 В;
- для фазы В – 600 В;
- для фазы С – 1100 В.

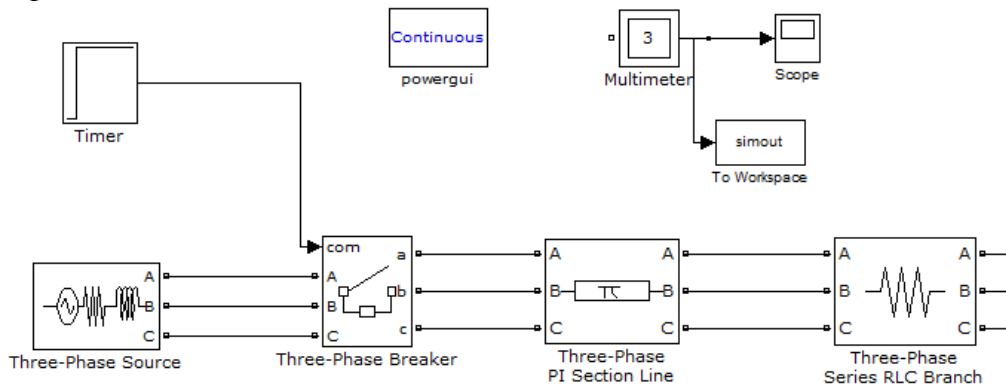


Рисунок 1 – Модель электрической цепи

Литература

- 1 Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPower-Systems и Simulink / И.В. Черных. – М. : ДМК Пресс; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.
- 2 Халилов, Ф.Х. Классификация перенапряжений. Внутренние перенапряжения / Ф. Х. Халилов. – СПб. : НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2013. – 80 с.
- 3 Стариков, С.В. Исследование в оболочке MatLab коммутационных перенапряжений на кабельном присоединении трансформатора с элементами защиты в виде ОПН и RC-цепочки / С.В. Стариков, В.А. Чевычелов, В.И. Гуль // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. 4, Энергетика. Электроэнергетика. – 2009. – № 11. – С. 47–50.