

УДК 621.315.1

DOI: 10.30987/conferencearticle_61c997f02afeb6.50235475

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПАКЕТА МАТЛАБ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРОВОВЫХ РАЗРЯДОВ В ЛЭП

Артём Юрьевич Киселев, магистрант, rs_art@mail.ru

Павел Сергеевич Пинчуков, директор Электроэнергетического института, доцент кафедры «Системы электроснабжения», к.т.н., dee@festu.khv.ru

Дальневосточный государственный университет путей сообщения
Российская Федерация, Хабаровск

Аннотация. Описаны возможности созданной в пакете Matlab имитационной модели участка ЛЭП номинальным напряжением 220 кВ при воздействии грозových разрядов.

Ключевые слова: грозовые разряды, линии электропередачи, имитационная модель, Matlab.

THE PROSPECTS OF USING THE MATLAB PACKAGE FOR MODELING LIGHTNING DISCHARGES IN POWER TRANSMITTING LINES

A.Y. Kiselev, Master's degree student, rs_art@mail.ru

P.S. Pinchukov, Director of the Electric Power Institute, Associate Professor of the Department of "Power Supply Systems", Candidate of Technical Sciences, dee@festu.khv.ru
Far Eastern State University of Railway Transport,
Russian Federation, Khabarovsk

Abstract. The possibilities of a simulation model of a power line section with a rated voltage of 220 kV created in the Matlab package under the influence of lightning discharges are described.

Keywords: lightning discharges, power lines, computer model, Matlab.

Грозовые перенапряжения на воздушных линиях электропередачи (ЛЭП) возникают как при непосредственном поражении линии грозowymi разрядами (перенапряжения прямого удара молнии), так и при разрядах молнии в землю в окрестности линии (индуцированные перенапряжения). Перенапряжения прямого удара молнии представляют наибольшую опасность, и грозозащита линий должна ориентироваться именно на этот вид перенапряжений.

Для исследования грозových перенапряжений выбран фрагмент ЛЭП номинальным напряжением 220 кВ протяженностью 1 км, содержащий шесть опор. Каждый из данных фрагментов, в свою очередь, состоит из двух элементарных участков линии (трех фазных проводов и одного грозозащитного троса) длиной 100 м, созданием которых представляется возможность моделировать разряд молнии в середину фазного провода и грозозащитного троса.

Имитационная модель участка ЛЭП, выполненная программными средствами Matlab/Simulink/SimPowerSystems, показана на рис. 1.

Основными элементами модели являются:

© Киселев А.Ю., Пинчуков П.С., 2021

САПР и моделирование в современной электронике. С. 243 – 246.

1. Элементарный участок линии длиной 1 км, схема замещения которого представляет эквивалентную модель, состоящую из трех фазных проводов и одного грозозащитного троса (при необходимости имеется возможность введения в схему второго грозотроса подключением концевых клемм к свободным входам шестиполусников, являющихся эквивалентом схемы замещения опор ЛЭП). Между всеми пятью проводниками этого участка линии, а также землей существуют взаимные индуктивные и емкостные связи, для определения значений которых в работе использовалась специализированная программа, входящая в состав пакета Matlab – Powergui Compute RLC Line Parameters.

2. Эквивалентная схема замещения опоры ЛЭП согласно [1] содержит набор индуктивностей, вычисленных для каждого участка опоры по значению погонной индуктивности. Модель опоры включает также гирлянду изоляторов, представленную в виде эквивалентной емкости, значение которой определялось по [2].

3. Заземление опоры моделируется в виде активного сопротивления, значение которого может варьироваться в широких пределах. При необходимости в схему замещения сложного заземляющего устройства можно ввести присущую ему индуктивность, а в грунтах с высоким удельным сопротивлением и емкость [3].

4. Импульсный генератор тока, моделирующий разряд молнии амплитудой 100 кА, представленный в виде управляемого источника тока. При этом форма тока задана биэкспоненциальной функцией Брюса-Голда, которая с учетом рассчитанных декрементов в Simulink имеет вид:

$$100000/e^{-0,017 \cdot u} \cdot (e^{(-14300 \cdot u)} - e^{(-6 \cdot u)}).$$

5. Сопротивление нагрузки, подключенное на конце участка линии.

6. Виртуальные осциллографы как средство отображения кривых напряжений и токов в элементах линии, киловольтметры и килоамперметры.

Уникальность данной модели обусловлена следующим: во-первых, модель является оптимальной (не перегружена большим количеством опор ЛЭП, которое в практике для одной ЛЭП класса напряжения 220 кВ может составлять 500-600 опор), при этом позволяет моделировать разряды молний и получать данные переходных процессов в любом элементе ЛЭП с минимальным временем компьютерных итераций.

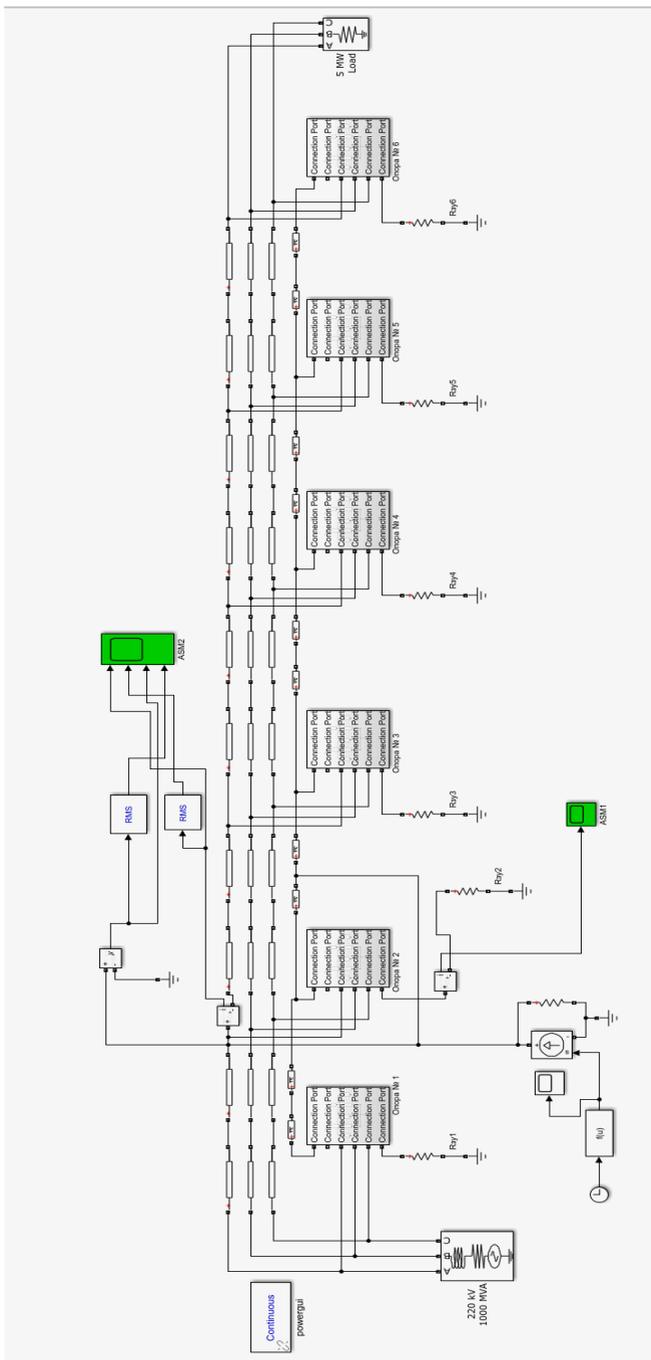


Рисунок 1 – Имитационная модель участка ЛЭП номинальным напряжением 220 кВ

Во-вторых, позволяет моделировать прямые удары молний со стандартной амплитудой тока 100 кА (или произвольно заданной) в фазные провода и грозозащитный трос в середине пролета опор ЛЭП, а также в опору ЛЭП. Генератор тока имитирует разряд молнии отрицательной полярности, что реализуется на практике в большинстве случаев, при этом имеется возможность внести изменения в расчетную зависимость кривой тока молнии, чтобы получить грозовой импульс положительной полярности (при необходимости) или другой формы.

В-третьих, в модели имеется возможность изменения параметров ЛЭП, таких как: сопротивление заземляющего устройства опор, сопротивление и емкость проводов и грозозащитных тросов (число тросов – до двух), емкость гирлянды изоляторов, взаимная индуктивность проводов и грозотросов, длина пролетов ЛЭП.

Разработанная модель может быть полезна для анализа переходных процессов при разрядах в разные элементы ЛЭП, например, позволяет установить зависимость скорости снижения тока молнии и величины падения напряжения на опоре ЛЭП от индуктивного сопротивления опоры и эквивалентного сопротивления заземляющего устройства.

Список литературы

1. *Подольцев А.Д.* Компьютерное моделирование грозовых перенапряжений в высоковольтной воздушной линии электропередачи // труды Института электродинамики НАН Украины. – 2017. С.94-106. – вып.16. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29077287> (дата обращения – 17.03.2021).

2. *Разевиг Д.В.* Техника высоких напряжений / Под редакцией Д.В. Разевига. М. – Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 472 с.

3. *РД 153-34.3-35.125-99.* Руководство по защите электрических сетей 6 – 1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений [Электронный ресурс]. – URL: https://www.elec.ru/viewer?url=/library/direction/rd_153-34_3-35_125-99.pdf (дата обращения: 09.03.2021).

Материал принят к публикации 05.10.21.