

Валеева Г.Р.

студент

Казанский государственный энергетический университет

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОВОД ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Аннотация: в статье рассмотрены причины повреждаемости воздушных линий. Приведены формулы для оценки влияния ветровых и ледовых нагрузок на провод линии. Реализован пример влияния климатических нагрузок в пакете Matlab/Simulink.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, климатические воздействия, цепная линия, моделирование.

Valeeva G. R.

student

Kazan State Power Engineering University

INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE OVERHEAD POWER LINE WIRE

Abstract: the article discusses the causes of damage to overhead lines. Formulas for estimating the effect of wind and ice loads on the line wire are given. An example of the influence of climatic loads in the Matlab/Simulink is implemented.

Keywords: overhead power transmission line, climate impacts, catenary, modeling.

Воздушной линией электропередачи (ЛЭП) называется устройство для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным к опорным конструкциям с помощью изоляторов и арматуры. [1]

ЛЭП подвержены влиянию большого количества внешних воздействий из-за своей протяженности. Причинами повреждаемости воздушных линий электропередачи в основном являются следующие факторы:

- старение оборудования (изменение свойств материалов);
- недостатки проектирования;
- дефекты конструкции и изготовления;
- дефекты монтажа;
- недостатки эксплуатации;
- посторонние воздействия;
- климатические воздействия (атмосферные перенапряжения, изменения температуры окружающей среды, действие ветра, гололедные образования на проводах, вибрации и «пляска» проводов, загрязнение воздуха, влияние геомагнитных бурь). [2]

Отказы, вызванные влиянием климатических воздействий, составляют порядка 40 %. Самыми тяжелыми являются гололедно-ветровые воздействия [3]. Из основных элементов ЛЭП провода стоят на первом месте по количеству причин отказов воздушных линий [2].

Для математического описания кривой провисания провода воздушной линии в пролете используется уравнение цепной линии. В [4] цепной линией называется линия равновесия абсолютно гибкой и нерастяжимой однородной нити, находящейся в поле силы тяжести.

Уравнение цепной линии имеет следующий вид:

$$y = a \left(ch \frac{x}{a} - 1 \right), \quad (1)$$

где a – параметр, зависящий от физических данных подвешенного провода.

Параметр a отвечает за форму цепной линии (рис. 5) и определяется как

$$a = \frac{H}{w}, \quad (2)$$

где H – это горизонтальная составляющая натяжения провода, H ; w – вес единицы длины нити.

Длина цепной линии (м) определяется по следующей формуле:

$$L = a \left(sh \frac{x_a}{a} + sh \frac{S-x_a}{a} \right). \quad (3)$$

Соотношение между ветровой нагрузкой (Па) на провода ЛЭП и скоростью ветра ($\frac{м}{с^2}$) определяется следующим уравнением:

$$P_W = 0,1197 \cdot V_W^2 \quad (4)$$

Для вычисления нагрузки ветра на единицу длины провода ($\frac{Н}{м}$) используется следующее выражение:

$$W_W = P_W \cdot \frac{(D_c + 2t)}{4,7244}, \quad (5)$$

где D_c – это диаметр провода, м;

t – толщина льда, если он имеется, м.

Формула для вычисления нагрузки льда на единицу длины провода ($\frac{Н}{м}$) выглядит следующим образом:

$$W_i = 3,15976 \cdot t \cdot (D_c + t). \quad (6)$$

Результирующая нагрузка ветра и льда на единицу длины провода ($\frac{Н}{м}$) вычисляется по следующей формуле:

$$W_{w+i} = \sqrt{(9,806652 \cdot \gamma + w_i)^2 + (W_w)^2}, \quad (7)$$

где γ – удельный вес провода, ($\frac{кг}{м}$).

Пример: дан провод АС-95, длина пролета (S) 100 м, стрела провеса провода (D) 15 м, точки подвеса на одном уровне. Время года – зима, толщина льда на проводе 0,5 см. Скорость ветра 2,5 м/с, параметр a равен 86,21. Найти длину провода в пролете (L) и результирующую нагрузку ветра и льда на единицу длины провода (W_{w+i}).

Решение.

По формуле (3) вычисляется значение длины провода в пролете:

$$L = 86,21 \left(sh \frac{50}{86,21} + sh \frac{100 - 50}{86,21} \right) = 105,7 \text{ (м)}$$

По формулам (4) и (5) определяется значение нагрузки ветра на единицу длины провода:

$$P_W = 0,1197 \cdot 2,5^2 = 0,7481 \text{ (Па)}$$

$$W_W = 0,7481 \cdot \frac{(0,0135 + 2 \cdot 0,005)}{12} = 0,001465 \left(\frac{\text{Н}}{\text{М}}\right)$$

По формулам (6) и (7) определяется значение нагрузки льда и результирующая нагрузка на единицу длины провода:

$$W_i = 3,15976 \cdot 0,005 \cdot (0,0135 + 0,005) = 0,000292 \left(\frac{\text{Н}}{\text{М}}\right)$$

$$W_{W+i} = \sqrt{(9,806652 * 0,385 + 0,000292)^2 + (0,001465)^2} = 3,77585 \left(\frac{\text{Н}}{\text{М}}\right)$$

Выше приведенный пример далее реализован в программе Matlab/Simulink (рис. 1). В процессе моделирования были использованы блоки из библиотек Commonly Used Blocks (Constant), Math Operations (Product, Divide, Add, Trigonometric Function), Sinks (Display).

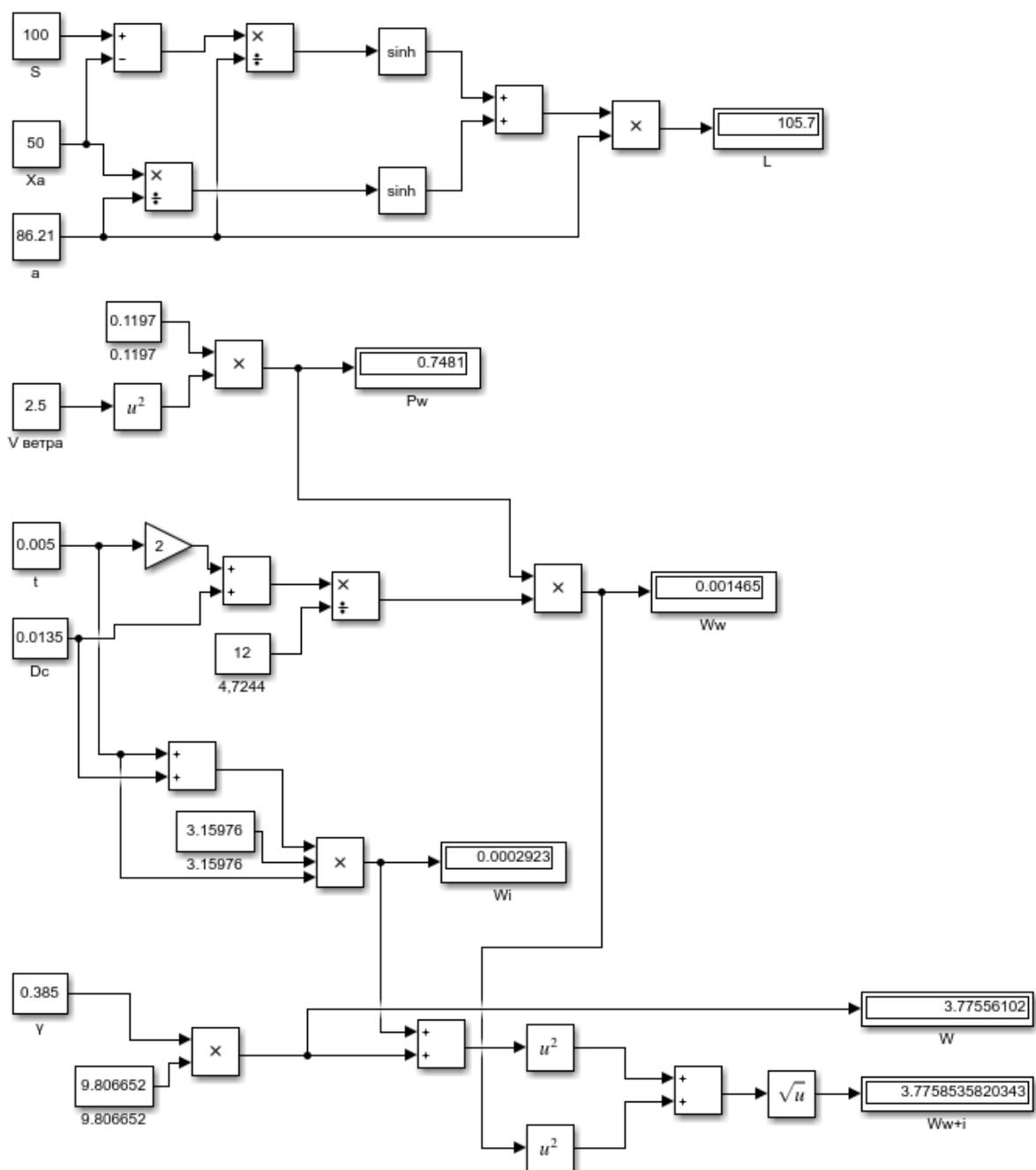


Рисунок 1 – Модель примера в пакете Matlab/Simulink

Воздушные линии электропередачи – это основное оборудование для передачи электроэнергии до потребителя. От их технического состояния зависит надежность и качество энергоснабжения. Факторы, влияющие на состояние проводов, многочисленны и невозможно все из них предотвратить или предугадать, чтобы принять какие-то меры, поэтому необходим постоянный мониторинг за состоянием проводов.

Для анализа полученных данных от мониторинга и упрощения вычислений могут быть использованы математические модели, созданные в пакете Matlab/Simulink.

Использованные источники:

1. Монтаж и эксплуатация воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс] // URL: <https://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=content> (дата обращения: 14.06.2021)
2. Доронина О.И., Шевченко Н.Ю., Бахтиаров К.Н. Оценка надежности воздушных линий электропередачи с учетом климатических факторов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9 (часть 2) – С. 226-230
3. Угаров Г.Г., Шевченко Н.Ю., Лебедева Ю.В., Сошинов А.Г. Повышение эффективности воздушных линий электропередачи напряжением 110–220 кВ в гололедных районах. Монография. М.: Перо – 2013. – 187 с.
4. Меркин Д. Р. Введение в механику гибкой нити.— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980.— 240 с.