

УДК 621.3

УТОЧНЕННЫЙ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С УЧЕТОМ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Ахмедова О.О.

Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин, e-mail: Ahmedova-olga@mail.ru

Предложен подход по уточнению величины активного сопротивления воздушной линии электропередачи с учетом влияния температуры окружающей среды, величины силы ветра и протекающего тока по проводнику. Воздушная линия электропередачи характеризуются следующим параметрами: удельное активное сопротивление R , удельное реактивное сопротивление X , удельная активная проводимость G и удельная реактивная проводимость B , как правило, эти параметры относят к единице длины воздушной линии и в расчетах принимают погонные значения, соответственно R_0, X_0, G_0, B_0 . При анализе линий электропередачи используются табличные приближенные значения продольных и поперечных параметров в схемах замещения, хотя решения задач в упрощенном виде приводит к существенным уточнениям известных решений. Произведем анализ характеристик данных электрических величин.

Ключевые слова: повреждения, прогнозирование, релейная защита, параметры воздушных линий

THE SPECIFIED ALGORITHM OF CALCULATION OF ACTIVE RESISTANCE OF THE AIR-LINE OF THE ELECTRICITY TRANSMISSION TAKING INTO ACCOUNT WEATHER CONDITIONS

Akhmedova O.O.

Kamyshin institute of technology (branch) of the Volgograd state technical university, Kamyshin, e-mail: Ahmedova-olga@mail.ru

Approach on specification of size of active resistance of an air-line of an electricity transmission taking into account influence of ambient temperature, size of wind force and the proceeding current on the conductor is offered. An air-line of an electricity transmission are characterized by the following parameters: specific is more active R resistance, specific jet resistance of X , specific active conductivity of G and specific jet conductivity of B , as a rule, these parameters carry to unit of length of an air-line and in calculations accept running values, according to R_0, X_0, G_0, B_0 . In the analysis of power lines tabular approximate values of longitudinal and cross parameters in equivalent circuits are used though leads solutions of tasks in not simplified look to essential specifications of the famous decisions. We will make the analysis of characteristics of these electrical quantities.

Keywords: damages, forecasting, relay protection, parameters of air-lines

Современные задачи электроэнергетики предъявляют высокие требования, которые в первую очередь обосновываются появлением передовых алгоритмов релейной защиты и автоматики, базирующихся на явлении конечной скорости распространения высокочастотных волновых процессов в многопроводных линиях. Параметры воздушных линий электропередачи используются алгоритмами многих устройств релейной защиты и автоматики, следовательно, правильное их определение необходимо для обеспечения корректного функционирования систем релейной защиты и автоматики. Как правило, при определении продольных и поперечных параметров ВЛЭП используют усредненные данные, которые предполагаются неизменными, такие как проводимость грунта, физические свойства фазных проводников, атмосферные условия и геометрическое расположение фазных проводников относительно поверхности земли и друг друга. Следовательно, УРЗА могут

функционировать не корректно (сработать ложно или излишне, или не верно определить расстояние до места повреждения), если их уставки не отражают реального состояния контролируемой ВЛЭП. Погрешность в расчётах по упрощенным формулам для модулей взаимных сопротивлений около 20%.

Удельное активное сопротивление определяется сечением проводника и удельным сопротивлением материала. Данные приводящиеся в справочной литературе рассчитаны на температуру провода 20°C не учитывают сезонные изменение температуры окружающей среды, присущие практически для большей части РФ.

Зависимость активного сопротивления от температуры провода определяется:

$$R_{0t} = R_{020} \left(1 + \alpha (t_{np} - 20^{\circ}) \right) \quad (1)$$

где R_{020} – табличное значение удельного сопротивления при температуре провода

20°C; t_{np} – температура провода, °C; α – температурный коэффициент электрического сопротивления, Ом/град.

Температура проводов воздушной линии электропередачи зависит от условий охлаждения в окружающей среде (температуры воздуха) и протекающего по ним тока. При предельных по условиям нагрева токовых нагрузок температура провода может достигать +70°C, а при низкой температуре

$$\sigma_k = 3,5\theta\sqrt{\frac{v}{d}} \quad (4)$$

где v — скорость движения воздуха около провода, м/сек; d — диаметр провода, м; θ – коэффициент зависимости теплоотдачи при конвективном теплообмене от угла атаки ветра.

Коэффициент теплоотдачи может быть определен как [1]:

$$\sigma = \sigma_n + \sigma_k = 2,8\left(100 + 0,6(T_{np} - 273)\right) \cdot 10^{-2} + 8,95\sqrt{\frac{p \cdot v}{d}} \quad (5)$$

где p – давление воздуха, Па; T_{np} – температура провода, К.

окружающей среды и малых нагрузках до - 50°C, следовательно, удельное активное сопротивление может увеличиться на 20% и уменьшиться на 30%.

Из условия равновесия определяется установившаяся температура провода при любом режиме работы воздушной линии:

$$I^2 R_{020} (1 + \alpha(t_{np} - 20^\circ)) = \sigma F (t_{np} - t_{ок}) \quad (2)$$

где I – ток проходящий по проводу, А; σ – коэффициент теплоотдачи, равный количеству тепла, отводимого в 1 сек с 1 см² поверхности провода при разности температур провода и окружающей среды в 1°C, Вт/м² · град; F – поверхность охлаждения провода, см²; $t_{ок}$ – температура окружающей среды, °C. Коэффициент теплоотдачи, имеющий две составляющие, одна из которых определяется отдачей тепла лучеиспусканием (σ_n), вторая — конвекцией (σ_k).

Количество передаваемой теплоты при лучеиспускании пропорционально разности абсолютных температур в четвертой степени. Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием определяется по формуле Стефана-Больцмана:

$$\sigma_n = \frac{5,6\varepsilon}{t_{np} - t_{ок}} \left[\left(\frac{273 + t_{np}}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_{ок}}{100} \right)^4 \right] \quad (3)$$

где ε – постоянная лучеиспускания (степень черноты провода).

Постоянная лучеиспускания может изменяться в широком диапазоне, так как зависит от состояния поверхности проводника, так для чистого алюминия она составляет 0,11, а для загрязненного или окисленного до 0,8.

Коэффициент теплоотдачи посредством конвекции, можно определить, если рассматривать воздушную линию электропередачи как гладкий цилиндр, с учетом того, что при малых скоростях ветра витая структура не влияет на теплоотдачу:

Из выражений следует, что на температуру провода оказывают влияние только скорость ветра, величина тока, проходящая по линии и температура окружающей среды.

С учетом выражения (5) найдем из уравнения (2) температуру провода воздушной линии:

$$t_{np} = \frac{I^2 R_{020} + \sigma F t_{ок} - 20\sigma F}{\sigma F - I^2 R_{020} \alpha} + 20 \quad (6)$$

Построим на основании выражения (6) зависимость температуры провода А С -120 от температуры окружающего воздуха, скорости ветра и протекающего по нему тока (рис.1), учитывая атмосферное давление равное 1, температуру окружающей среды в диапазоне то +40°C до -40°C, скорость ветра от 0,6 м/сек, соответствующую перемещению воздушных масс только за счет нагрева до 6 м/сек. Так как $I_{доп}$ – это величина тока проходящая по воздушной линии при нормальной температуре (+25°C) и при отсутствии ветра, способная произвести нагрев провода до предельно допустимого значения (+70°C), то влияние токовой нагрузки оценивалось в диапазоне от 0 до $I_{доп}$.

Из рис.1 следует, что при малых и средних токах от допустимого, проходящих по воздушной линии и не больших ветровых значительные изменения температуры провода происходят в основном из-за колебания температуры окружающей среды. Если токовая нагрузка более 30% от допустимого тока линии и скорость ветра не велика, то уже ток, проходящий по проводнику оказывает заметное влияние на его нагрев [2]. При увеличении скорости ветра значительно улучшается отвод тепла даже при большем значении протекающего тока (рис.2).

Исходя из зависимостей, представленных на рис. 1 и 2 следует, что температура проводника не опускается ниже -40 °C и не поднимается выше 79 °C, даже при малой скорости ветра и токе проходящему по

линии равному току допустимому, следовательно, произведем анализ зависимости сопротивления провода воздушной линии электропередачи от температуры $R_{0t}=f(t)$ в указанном диапазоне (рис. 3).

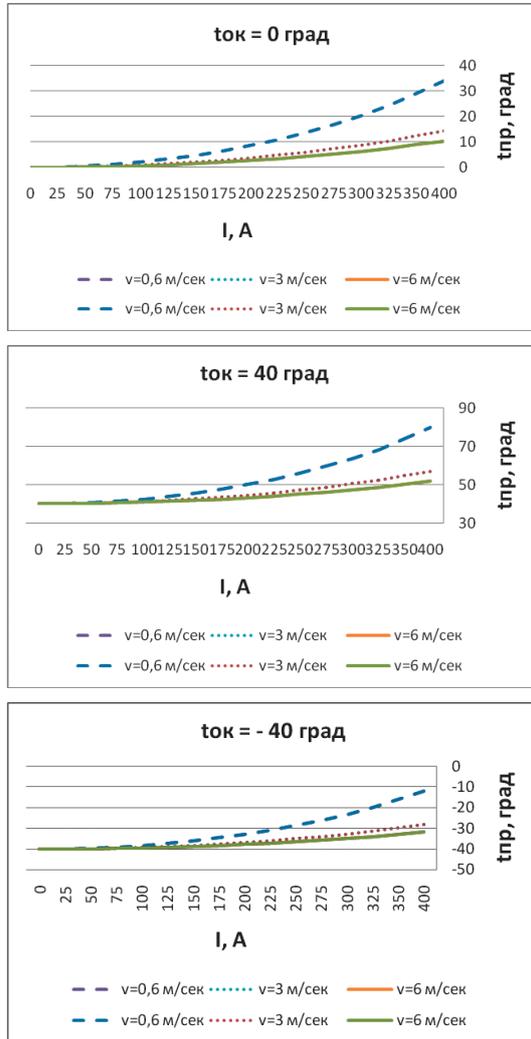


Рис. 1. Зависимости температуры провода марки АС-120 от протекающего тока, температуры окружающей среды, скорости ветра

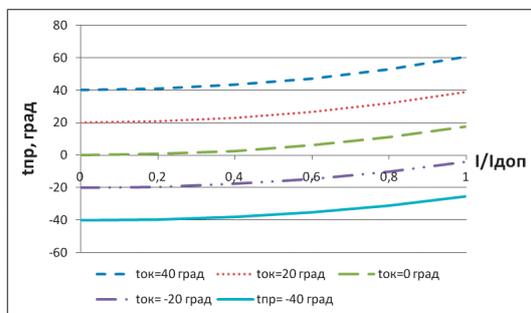


Рис. 2. Зависимости температуры провода воздушной линии электропередачи от температуры окружающей среды при средней скорости ветра ($v = 2$ м/сек)

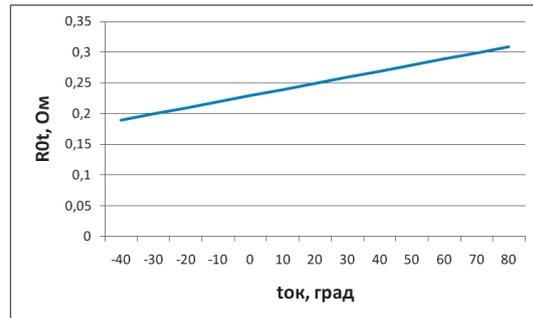


Рис. 3. График зависимости сопротивления провода марки АС-120 длиной 1 км от температуры окружающей среды

Из графика видно, что повышение температуры провода на 10°C приводит к увеличению сопротивления провода на 4%.

Анализ температурных условий работы проводов различных сечений, используемых на воздушных линиях напряжением 35 кВ и выше показал, что основные зависимости температуры провода от протекающего тока, температуры окружающей среды, скорости ветра аналогичны представленным на рис.1. Следовательно, и зависимость сопротивления провода воздушной линии электропередачи при изменяющейся температуре окружающей среды для различных марок проводников не будет отличаться от графика представленного на рис. 3.

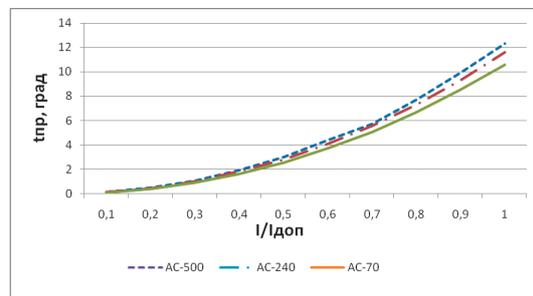


Рис. 4. Зависимость температуры проводов марок АС-500, АС-184, АС-70 от протекающего тока, температуры окружающей среды $t_{ок} = 0^{\circ}\text{C}$, скорости ветра 4 м/сек

Список литературы:

1. Беляков Ю.С. Распределённые параметры в расчётах режимов электрических систем. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2011. – 96 с.
2. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин – Ростов-н/Д.: Феникс, 2006. – 720 с.
3. Мирошник А.А. Уточненные алгоритмы расчёта потери электроэнергии в сетях 0,38 кВ в реальном времени// Problemele energeticii regionale. 2010.№2(13). с. 35-42
4. Поспелов Г.Е. Влияние температуры проводов на потери электроэнергии в активных сопротивлениях проводов воздушных линий электропередачи / Г.Е. Поспелов, В.В. Ершевич // Электричество. 1973.№10. с.81-83.