

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПО ОДНОРОДНОМУ УЧАСТКУ ДВУХЦЕПНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

На территории Российской Федерации для передачи электрической энергии потребителям нередко используются двухцепные линии электропередачи (ЛЭП) большой протяженности. Результат передачи электрической энергии по таким ЛЭП в инженерной практике традиционно рассчитывается так: рассчитывается результат передачи энергии по однопроводной однофазной ЛЭП, а затем полученный таким образом результат расчета распространяется на все фазы двухцепной ЛЭП. Это справедливо лишь при условии хорошего качества электрической энергии, удовлетворяющей требованиям ГОСТ Р 54149 — 2010 [1]. Однако, когда требования ГОСТ нарушаются, и электрическая энергия характеризуется повышенной долей несимметрии, несинусоидальности, отклонениями и колебаниями частоты, то речь должна идти об энергии пониженного качества.

Целью данной работы является построение математической модели однородного участка двухцепной ЛЭП в условиях пониженного качества электрической энергии. Для расчета распределения тока и напряжения по двухцепной ЛЭП в условиях пониженного качества электроэнергии составляется расчетная схема замещения, при составлении которой необходимо учитывать ряд особенностей [3]:

1. ЛЭП необходимо представлять в виде схемы с распределенными параметрами;
2. Схема замещения ЛЭП должна быть полнофазной;
3. В составе продольных параметров необходимо учитывать взаимную индуктивность между проводами.

С учетом выше сказанных особенностей на рис. 1 представлена расчетная электрическая схема замещения элементарного участка однородной трехфазной шестипроводной ЛЭП на частоте  $n$ -ой гармонической составляющей.

На основании этой схемы замещения можно построить математическую модель распределения напряжений и токов вдоль анализируемого участка ЛЭП. Поскольку напряжение и ток являются функциями времени и длины ЛЭП, то в модели необходимо использовать частные производные.

В схеме будут присутствовать шесть фазных токов, шесть фазных напряжений и пятнадцать линейных напряжений. Тогда рабочая математическая модель однородного элементарного участка двухцепной трехфазной ЛЭП будет состоять из двадцати семи уравнений.

Математическая модель строится на основании законов Кирхгофа. Для фазы  $A'$  законы изменения напряжения и тока вдоль однородного участка шестипроводной

ЛЭП выглядят следующим образом:

$$\dot{U}_{A'n} = \frac{1}{6} \cdot \left( \sum_{l=1}^6 \left( \dot{U}_{1A'n} \cdot ch\gamma_{ln} l - \dot{I}_{1A'n} \cdot Z_{cA'in} \cdot sh\gamma_{ln} l \right) \right) ; \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{A'n} = & \frac{1}{6} \cdot \left( \sum_{l=1}^6 \left( \dot{I}_{1A'n} \cdot ch\gamma_{ln} l + \frac{\dot{U}_{1A'n}}{Z_{cA'in}} \cdot sh\gamma_{ln} l \right) + \sum_{l=1}^6 \left( \frac{\dot{I}_{1B'n} \cdot Z_{cB'in}}{Z_{cA'B'in}} \cdot ch\gamma_{ln} l + \frac{\dot{U}_{1B'n}}{Z_{cA'B'in}} \cdot sh\gamma_{ln} l \right) + \right. \\ & + \sum_{l=1}^6 \left( \frac{\dot{I}_{1C'n} \cdot Z_{cC'in}}{Z_{cC'A'in}} \cdot ch\gamma_{ln} l + \frac{\dot{U}_{1C'n}}{Z_{cC'A'in}} \cdot sh\gamma_{ln} l \right) + \sum_{l=1}^6 \left( \frac{\dot{I}_{1A'n} \cdot Z_{cA'in}}{Z_{cA'A'in}} \cdot ch\gamma_{ln} l + \frac{\dot{U}_{1A'n}}{Z_{cA'A'in}} \cdot sh\gamma_{ln} l \right) + \\ & \left. + \sum_{l=1}^6 \left( \frac{\dot{I}_{1B'n} \cdot Z_{cB'in}}{Z_{cA'B'in}} \cdot ch\gamma_{ln} l + \frac{\dot{U}_{1B'n}}{Z_{cA'B'in}} \cdot sh\gamma_{ln} l \right) + \sum_{l=1}^6 \left( \frac{\dot{I}_{1C'n} \cdot Z_{cC'in}}{Z_{cC'A'in}} \cdot ch\gamma_{ln} l + \frac{\dot{U}_{1C'n}}{Z_{cC'A'in}} \cdot sh\gamma_{ln} l \right) \right) \end{aligned}$$

; (2)

где  $\dot{U}_{1n}$  и  $\dot{I}_{1n}$  - комплексные значения действующих величин напряжения и тока в начале рассматриваемого участка ЛЭП на частоте n-ой гармонической составляющей.

Полученные таким образом законы распределения тока и напряжения могут быть использованы в инженерных расчетах.

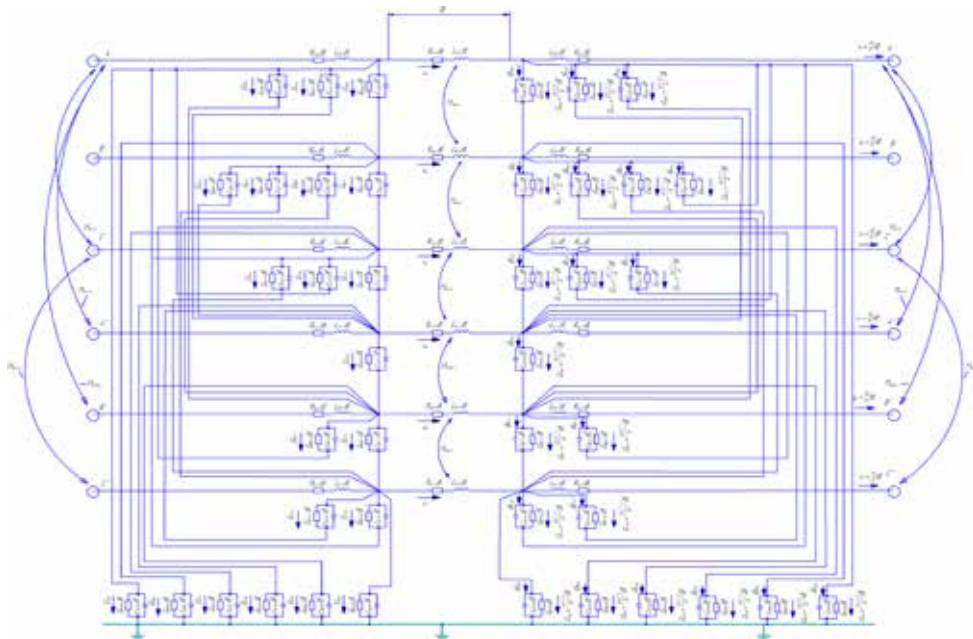


Рис 1. Расчетная электрическая схема замещения элементарного участка однородной трехфазной двухцепной ЛЭП на частоте  $n$ -ой гармонической составляющей.

Выводы:

1. Построена полнофазная схема замещения для однородного участка двухцепной ЛЭП в условиях пониженного качества электроэнергии;
2. Оптимизация математической модели позволила получить законы распределения напряжения и тока вдоль однородного участка шестипроводной ЛЭП на частоте  $n$ -ой гармонической составляющей.
3. При наличии спектрального состава токов и напряжений в начале участка появляется возможность расчета основных характеристик электрического режима в любой точке однородного участка трехфазной двухцепной ЛЭП.

#### Список литературы:

1. ГОСТ Р 5419-2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. [Текст]. - М.: Стандартинформ, 2010 – 20с.
2. Большанин, Г.А., Использование теории многополюсников в системе «MATLAB» при расчете результатов транспортировки электрической энергии. / Л.Ю. Большанина, Е.Г. Марьясова. // Системы. Методы. Технологии. – 2011. - № 4. – с

76-83.

3. Плотников, М.П., Особенности схемы замещения трехфазной двухцепной ЛЭП пониженного качества электрической энергии. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: материалы XI (XXXIII) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2012. – с. 97-98.
4. Плотников, М.П., Несинусоидальность напряжения как один из факторов ухудшения качества электрической энергии. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании `2011». – Выпуск 4. Том 9. – Одесса: Черноморье, 2011. – с 5-9.