



Москва, 29 сентября - 1 октября



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ 2021

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В БАЗИСЕ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ НАБЛЮДАЕМЫХ ВЕЛИЧИН

Кочетов И.Д., Лямец Ю.Я., Макашкин Ф.А.

ООО «Релематика»

Россия, г. Чебоксары

Докладчик: Кочетов Иван Дмитриевич



ВВЕДЕНИЕ

Существует два основных метода определения места повреждения (ОМП) воздушных линий электропередач:

- **Импедансный**
- **Волновой**

Импедансный метод в своей работе полагается на действующие значения токов и напряжений, т.е. работает в базисе комплексных величин основной гармоники.

Волновой же метод измеряет время прохождения электромагнитной волны и работает в более общем мгновенном базисе наблюдаемых величин.

Предлагаемый метод ОМП линии электропередачи также функционирует в базисе мгновенных величин, оперируя так называемыми **локальными составляющими** наблюдаемых величин.



МЕТОД ЛОКАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

Локальный режим создаётся в модели линии, в которой места наблюдения s и r **зашунтированы**, источником тока или ЭДС (рис. 1). Протекающие в шунтах токи локального режима

и $i_{r_лк}(t_r)$ являются составляющими наблюдаемых токов.

Синхронно наблюдаемый установившийся локальный режим, активируемый источником тока (рис. 1а) или ЭДС (рис. 1б) комплексной частоты, обнаруживает существенную закономерность: соотношение комплексов локальных токов на любой комплексной частоте $\underline{p} = -\delta + j\omega$ **инвариантно** относительно источников и **определяется исключительно координатой места КЗ** x_f

$$\underline{K}(x_f) = \frac{\underline{I}_{ms_лк}(x_f) - \underline{I}_{mr_лк}(x_f)}{\underline{I}_{ms_лк}(x_f) + \underline{I}_{mr_лк}(x_f)},$$

которая в простейшем случае сводится к канонической линейной функции (рис. 1в)

$$\underline{K}(x_f) = K(x_f) = 1 - 2(x_f/l).$$

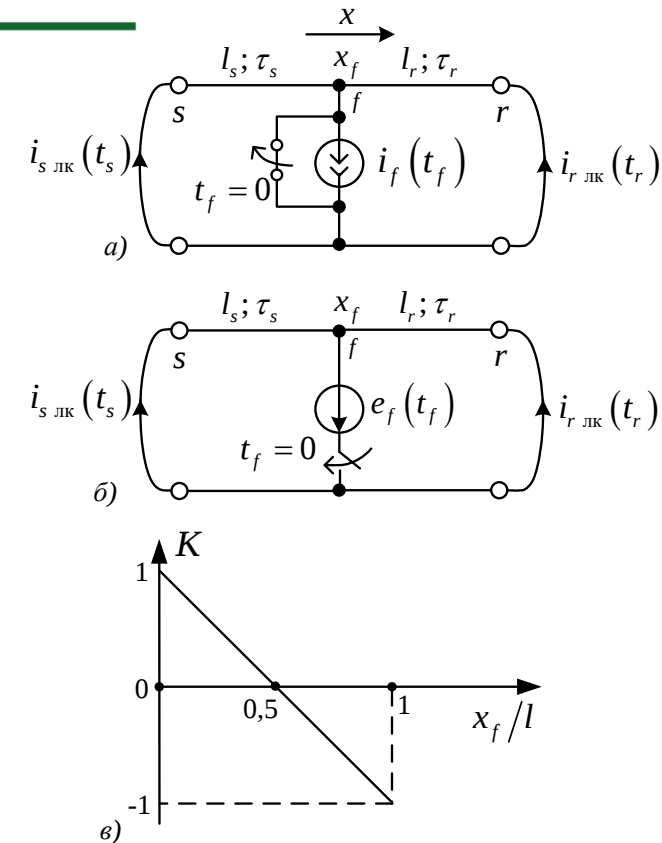


Рис. 1. Локальный режим двухпроводного канала линии электропередачи, активируемого из места КЗ: **а** – источником тока, **б** – ЭДС, **в** – каноническая функция места КЗ



МЕТОД ЛОКАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В МГНОВЕННОМ БАЗИСЕ

Существует проблема поиска функции координаты места КЗ в базисе мгновенных значений наблюдаемых величин. Интересные свойства обнаруживает функция двух переменных – координаты x_f и времени t

$$K(x_f, t) = \frac{i_{s_лк}(x_f, t) - i_{r_лк}(x_f, t)}{i_{s_лк}(x_f, t) + i_{r_лк}(x_f, t)},$$

и функции места КЗ, построенные на базисе текущих интегральных токов

$$K(x_f, t) = \frac{I_{s_лк}(x_f, t) - I_{r_лк}(x_f, t)}{I_{s_лк}(x_f, t) + I_{r_лк}(x_f, t)}.$$

Одним из возможных вариантов определения данных токов могут служить как интегрирование абсолютных значений локального тока

$$I_{p_лк}(x_f, t) = \int_0^t |i_{p_лк}(x_f, \xi)| d\xi,$$

так и определение его текущей спектральной плотности

$$I_{p_лк}(x_f, j\omega, t) = \int_0^t i_{p_лк}(x_f, \xi) e^{-j\omega\xi} d\xi.$$



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПО НАБЛЮДАЕМЫМ ВЕЛИЧИНАМ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ

В реальных условиях на линии электропередачи наблюдаются токи и напряжения текущего режима КЗ. Существуют два варианта решения задачи выделения локальных компонентов из текущих токов в соответствии с двумя возможными моделями локального режима. Модели различаются тем, каким из двух возможных типов источников имитируется повреждение. Модели же **нормального** (рис. 2) и **экстремального** режимов (рис. 3) необходимы для выделения локальных составляющих из текущих наблюдаемых величин.

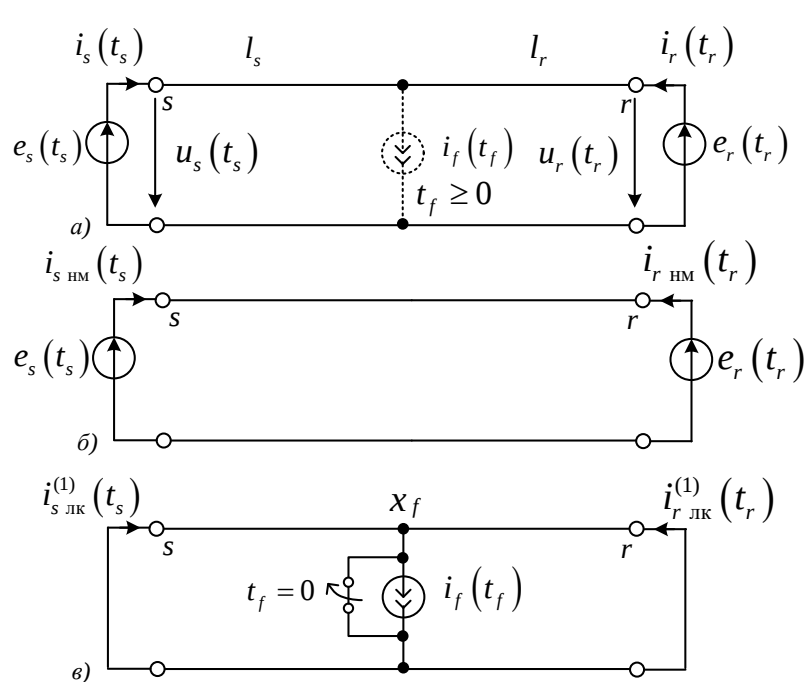


Рис. 2. Модели в первой модификации алгоритма ОМП: **а** – текущего режима; **б** – нормального режима; **в** – локального режима первого типа

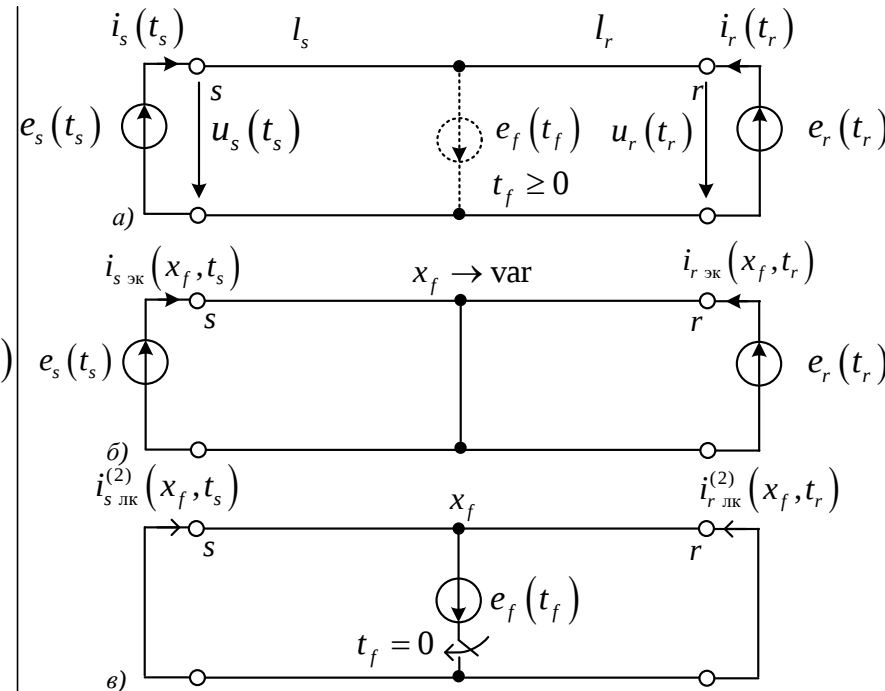


Рис. 3. Модели во второй модификации алгоритма ОМП: **а** – текущего режима, **б** – экстремального режима, **в** – локального режима второго типа



ОМП ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 110 кВ

Рассматривается однофазное короткое замыкание в линии 110 кВ с первичными параметрами

$R_1^0 = 0,210 \text{ Ом/км}$, $X_{L1}^0 = 0,401 \text{ Ом/км}$, $B_{C1}^0 = 2,750 \text{ мкСм/км}$,
 $R_0^0 = 0,569 \text{ Ом/км}$, $X_{L0}^0 = 1,681 \text{ Ом/км}$, $B_{C0}^0 = 1,560 \text{ мкСм/км}$ и длиной 100 км.

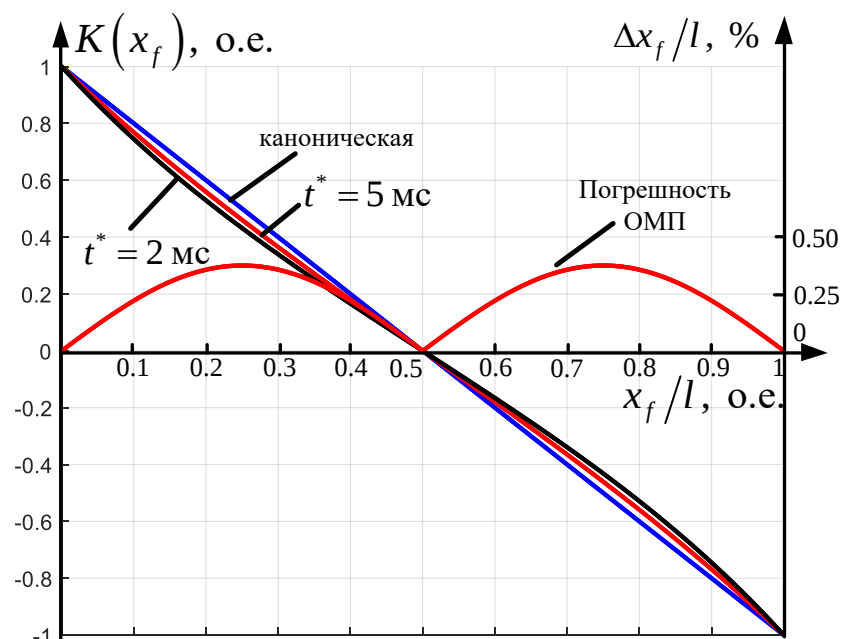


Рис. 4. Функция координаты места КЗ

Функция отношения безнулевых локальных токов $I'_{s \text{ лк}}(x_f, t)$ и $I'_{r \text{ лк}}(x_f, t)$ во многом повторяет аналогичную каноническую линейную функцию места КЗ (рис. 4). **Погрешность** метода ОМП на основе локальных составляющих наблюдаемого процесса в базисе мгновенных величин не превышает 150-300 м после 2-5 мс после начала КЗ. Если оценка координаты места КЗ получена по первому варианту определения локальных токов, то желательно воспользоваться вторым вариантом для подтверждения полученного результата.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Локальные составляющие токов, наблюдаемых на разных сторонах линии электропередачи, несут **информацию о месте КЗ** будучи представлены не только в базисе комплексных величин, но и **в базисе мгновенных значений**.
- Универсальный характер локальных токов объясняется тем, что они протекают в модели линии с **зашунтированными входами** и активируются источником, действующим из неизвестного места КЗ.
- Базис мгновенных значений **избавляет от необходимости фильтровать** локальные токи с целью **выделения компонента основной частоты**.
- **Функциональная связь** между соотношением локальных токов и **координатой места КЗ существует** на произвольной комплексной частоте. Локальному режиму с ограниченным спектром частот отвечает линейная каноническая функция места КЗ.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Контакты:

Кочетов И.Д. – kochetov_id@relematika.ru

Макашкин Ф.А. – makashkin_fa@relematika.ru