



Москва, 29 сентября - 1 октября



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ 2021

Локальные составляющие в задаче быстродействующего автоматического ввода резерва

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

ООО «Релематика»

Россия

Макашкин Федор Анатольевич



Последствия нарушения электроснабжения

Последствия длительного нарушения электроснабжения :

- экономический ущерб;
- нарушение непрерывности технологических процессов;
- возникновение гидравлических ударов;
- повреждения оборудования насосных станций и трубопроводов;
- возникновение пожаров.



Рис. 1. Следствие гидроудара в нефтепроводе



Распознавание КЗ в сети при наблюдении её нагрузок

Наблюдаемые величины:

-в предшествующем $\underline{I}_{1\text{пд}}, \underline{U}_{1\text{пд}}; \underline{I}_{2\text{пд}}, \underline{U}_{2\text{пд}}$

-в текущем режиме $\underline{I}_{1\text{тк}}, \underline{U}_{1\text{тк}}; \underline{I}_{2\text{тк}}, \underline{U}_{2\text{тк}}$

Выделение составляющих
чисто аварийного режима,
осуществляется по формуле

$$\underline{I}_{\text{ав}} = \underline{I}_{\text{тк}} - \hat{\underline{I}}_{\text{пд}}, \quad \underline{U}_{\text{ав}} = \underline{U}_{\text{тк}} - \hat{\underline{U}}_{\text{пд}}. \quad (1)$$

В свою очередь аварийные
составляющие подразделяются на два
компонента — нормальный и
локальный

$$\underline{I}_{\text{ав}} = \underline{I}_{\text{лк}} + \underline{I}_{\text{нм}}, \quad \underline{U}_{\text{ав}} = \underline{U}_{\text{лк}} + \underline{U}_{\text{нм}}. \quad (2)$$

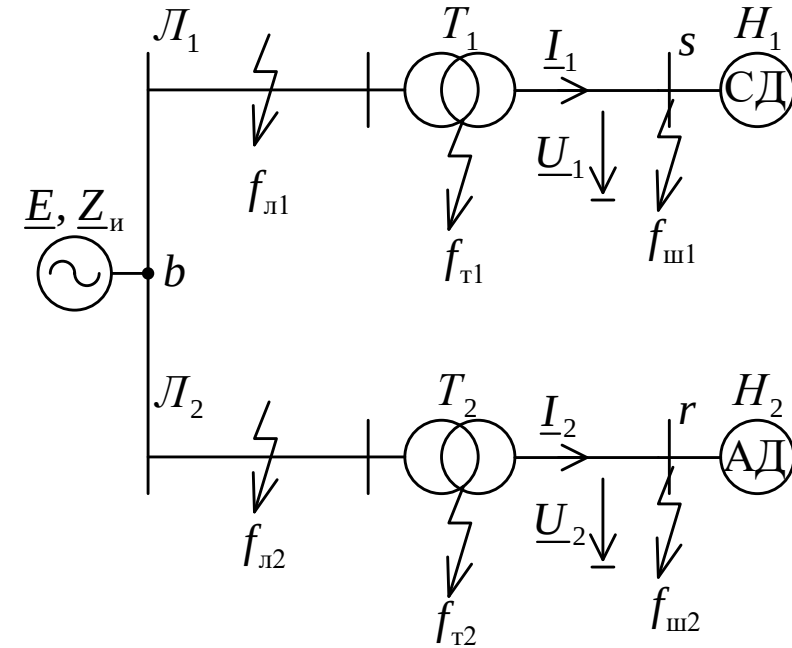


Рис. 2. Имитационная модель сети с двумя резервируемыми нагрузками



Распознавание КЗ в сети при наблюдении ее нагрузок

Информация о повреждении объекта заключена в замере (3) сформированном из локальных токов и

$$\underline{K} = \frac{\underline{I}_{1\text{ЛК}} - \underline{I}_{2\text{ЛК}}}{\underline{I}_{1\text{ЛК}} + \underline{I}_{2\text{ЛК}}}. \quad (3)$$

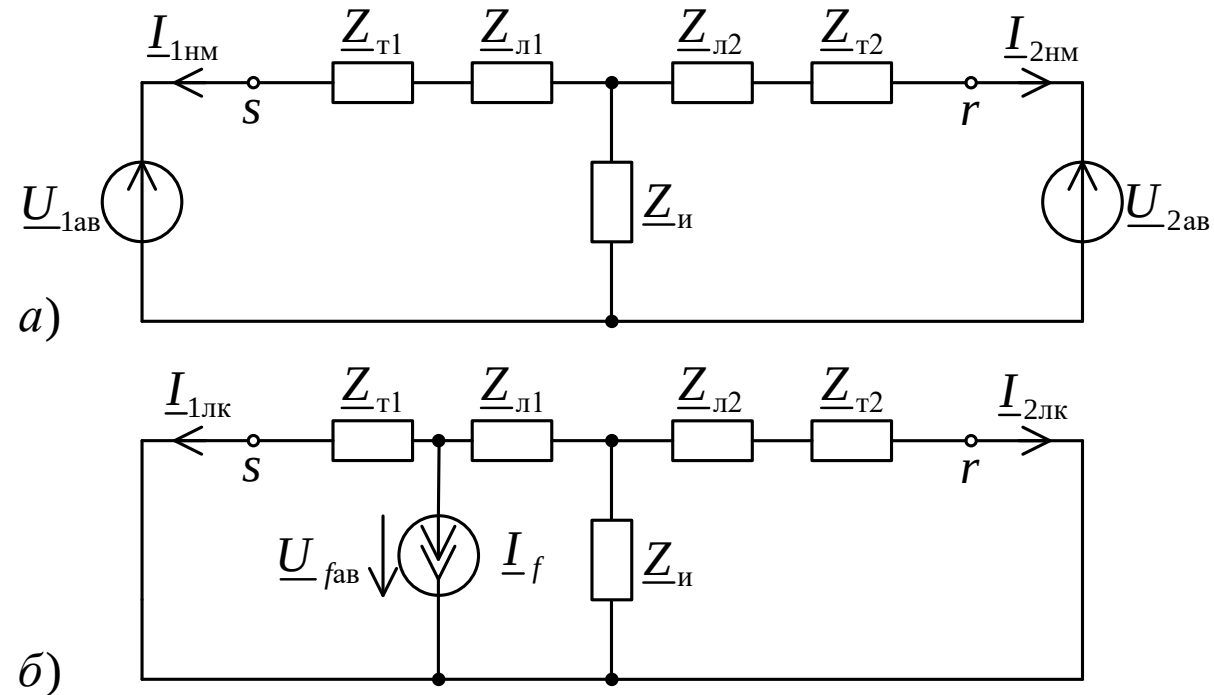


Рис. 3. Модель сети с двумя резервируемыми нагрузками
а – модель нормального режима; б – модель локального режима



Априорная координатная функция замера

Априорная координатная функция замера представляет собой зависимость замера (3) от координаты места КЗ X_f^*

$$X_f^* = \frac{X_f}{X_{T1} + X_{Л1} + X_{Л2} + X_{T2}},$$

где X_f – значение индуктивного сопротивления элементов цепи от точки s до произвольного места предполагаемого КЗ, X_T – индуктивное сопротивление трансформаторов, а $X_{Л}$ – линий.

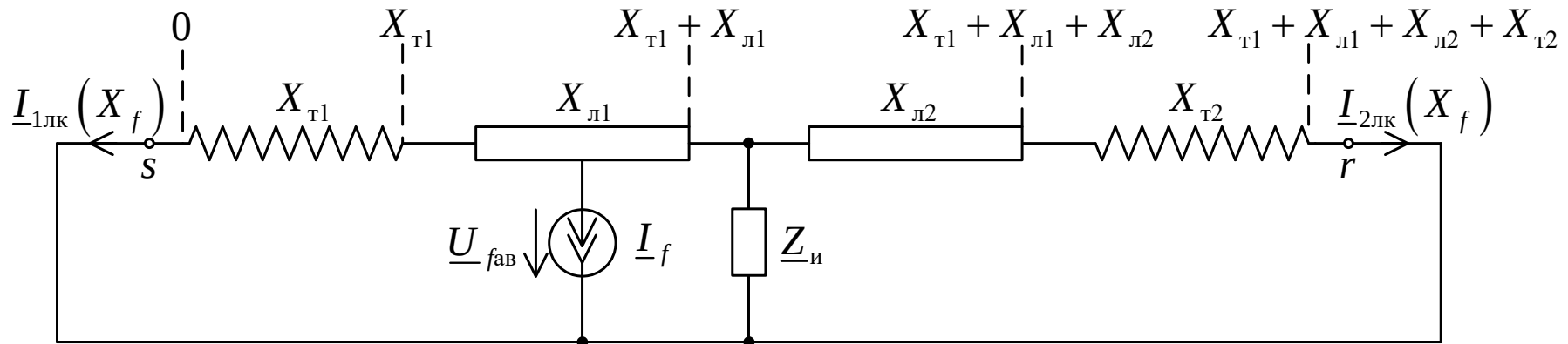


Рис. 4. Развернутая модель локального режима



Пример расчета априорной координатной функции замера

При КЗ в первой линии в месте x_{f1} , возникают локальные токи

$$\underline{I}_{1\text{ЛК}}(X_f) \quad \underline{I}_{2\text{ЛК}}(X_f)$$

$$\underline{I}_{1\text{ЛК}}(x_{f1}) = \frac{\underline{U}_{\text{фав}}}{\underline{Z}_{\text{т1}} + \underline{Z}_1^0 x_{f1}},$$

$$\underline{I}_{2\text{ЛК}}(x_{f1}) = \frac{\underline{Z}_{\text{и}}}{\underline{Z}^2(x_{f1})} \underline{U}_{\text{фав}},$$

$$\underline{Z}^2(x_{f1}) = \underline{Z}_{\text{и}} \left(\underline{Z}_1^0 (l_1 - x_{f1}) + \underline{Z}_{\text{л2}} + \underline{Z}_{\text{т2}} \right) + \underline{Z}_1^0 (l_1 - x_{f1}) (\underline{Z}_{\text{л2}} + \underline{Z}_{\text{т2}}).$$

Тогда искомая функция замера примет вид

$$\underline{K}(x_{f1}) = \frac{\underline{Z}^2(x_{f1}) - \underline{Z}_{\text{и}} (\underline{Z}_{\text{т1}} + \underline{Z}_1^0 x_{f1})}{\underline{Z}^2(x_{f1}) + \underline{Z}_{\text{и}} (\underline{Z}_{\text{т1}} + \underline{Z}_1^0 x_{f1})},$$

где $x_{f1} \in (0, X_{\text{л1}})$.



Тестирование алгоритма на примере реальной сети

Рассматривалась реальная сеть 110 кВ с идентичными линиями Л1 и Л2 и с идентичными трансформаторами Т1 и Т2. Линии двухцепные протяженностью 41.635 км, провода АС-120/19. Трансформаторы мощностью 10 МВА, 110/10 кВ. Нагрузка сети – электродвигатели: Н1 – синхронные, Н2 – асинхронные, по два электродвигателя мощностью 2.3 МВА на каждой системе шин нагрузки.

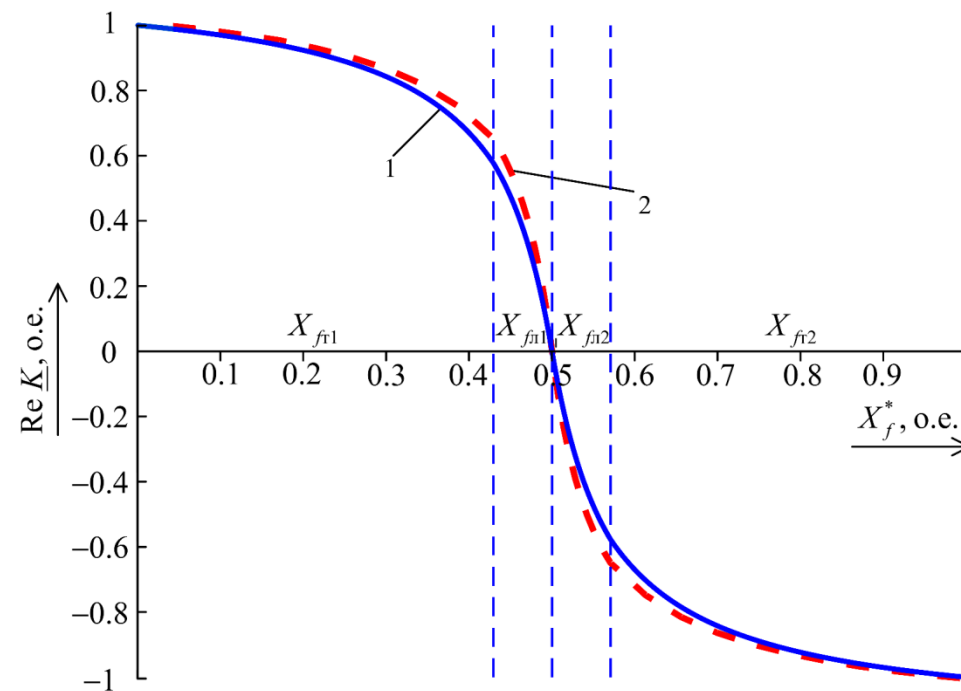


Рис. 5. Зависимость замера от координаты предполагаемого места КЗ
1 – априорная, 2 – имитационная



Тестирование алгоритма на примере реальной сети

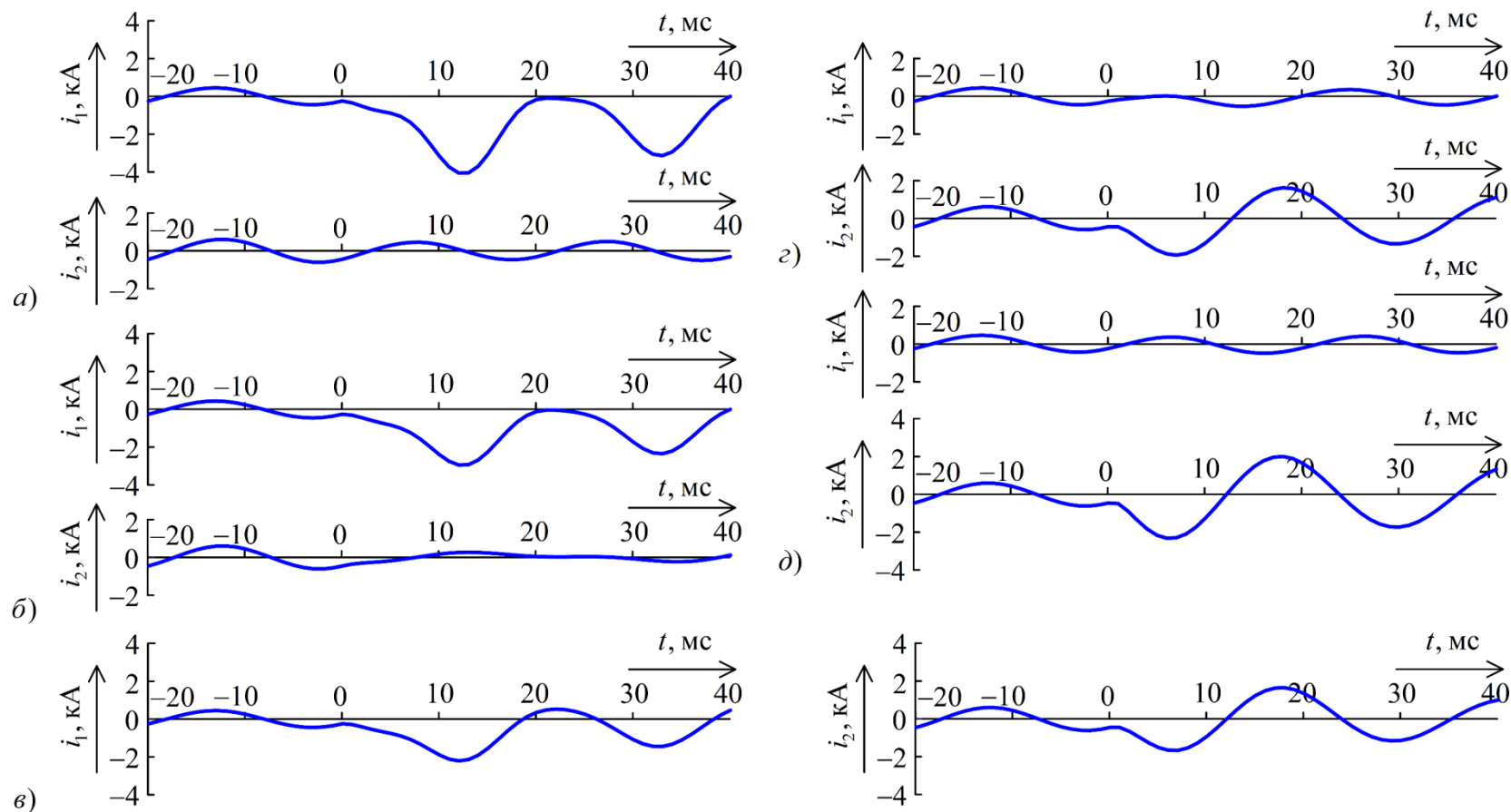


Рис. 6. Осциллограммы наблюдаемых токов металлических трехфазных КЗ в пяти местах имитационной модели: а – на выводах обмотки низшего напряжения Т1, б – в месте подключения Т1 к Л1, в – на шинах “b”, г – в месте подключения Т2 к Л2, д – на выводах обмотки низшего напряжения Т2



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1) Замер инвариантен по отношению к таким изменяющимся параметрам сети, контроль которых невозможен или сопряжен с трудностями. Это переходное сопротивление КЗ; двигательная нагрузка, переходящая при КЗ в генераторный режим.
- 2) Априорная характеристика замера разделяется на три участка. Верхний и нижний соответствуют повреждению первой и второй подводящих цепей, а центральный – КЗ в общей части сети. В случае КЗ на шинах нагрузки индикатором режима служит отсутствие локальных токов при заметных аварийных составляющих токов и напряжений
- 3) Обнаруженная зависимость соотношения локальных токов решает задачу распознавания повреждений в разных частях сети, питающей нагрузки и позволяет БАВР распознать, в какой из подводящих цепей произошло КЗ, и выполнить блокировку при КЗ в общей части сети, а также на шинах нагрузок.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Контакты:

Макашкин Ф.А., ООО «Релематика»

makashkin_fa@relematika.ru