

Определение места повреждения в линии электропередачи постоянного тока

Иванова Е.А., м.н.с., ОАО «НИИПТ»

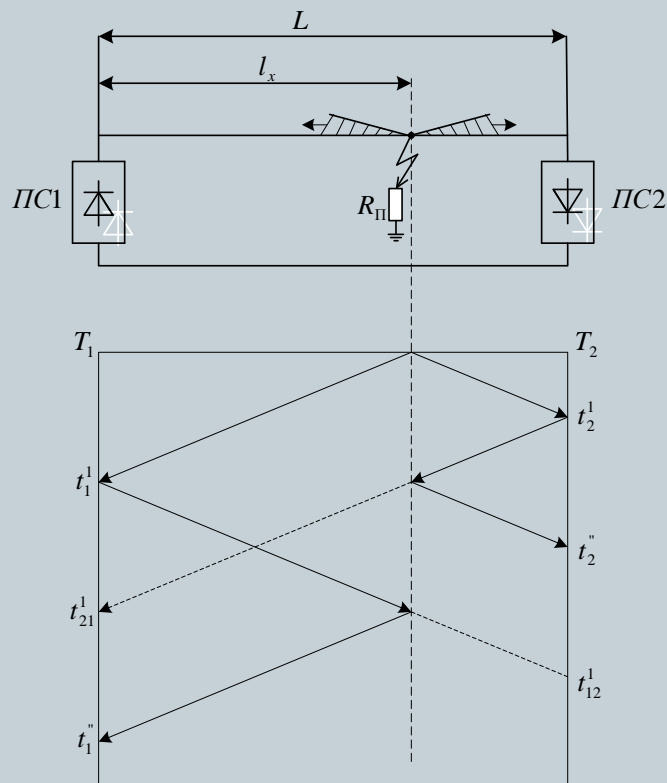


Постановка задачи



- ❖ Эксплуатация линий электропередачи постоянного тока (ПТ) требует применения средств определения места повреждения (ОМП).
- ❖ Устройства ОМП играют особенно важную роль в сокращении суммарного времени отыскания и устранения повреждений в линиях электропередачи (ЛЭП) ПТ.
- ❖ Кабельно-воздушная линия ПТ обладает неоднородностью и несимметрией погонных параметров
- ❖ Предлагаемый способ ОМП предполагает использование информации об аварийных составляющих процесса, полученных с установленных по концам линии ПТ измерительных трансформаторов, и не требует применения дополнительного оборудования.

Волновой метод ОМП для однородной ВЛ ПТ



При достаточно чёткой фиксации фронтов волн на подстанциях ПС1 и ПС2 искомое расстояние до места к.з.

определяется из:

$$l_x = \frac{(l_{\text{Л}} - (t_2^1 - t_1^1) \cdot V)}{2}$$

где $l_{\text{Л}}$ – полная длина ВЛ ППТ.

Рис. 1. Временная диаграмма волновых процессов в линии ППТ

Волновой метод ОМП для неоднородной ВЛ ПТ

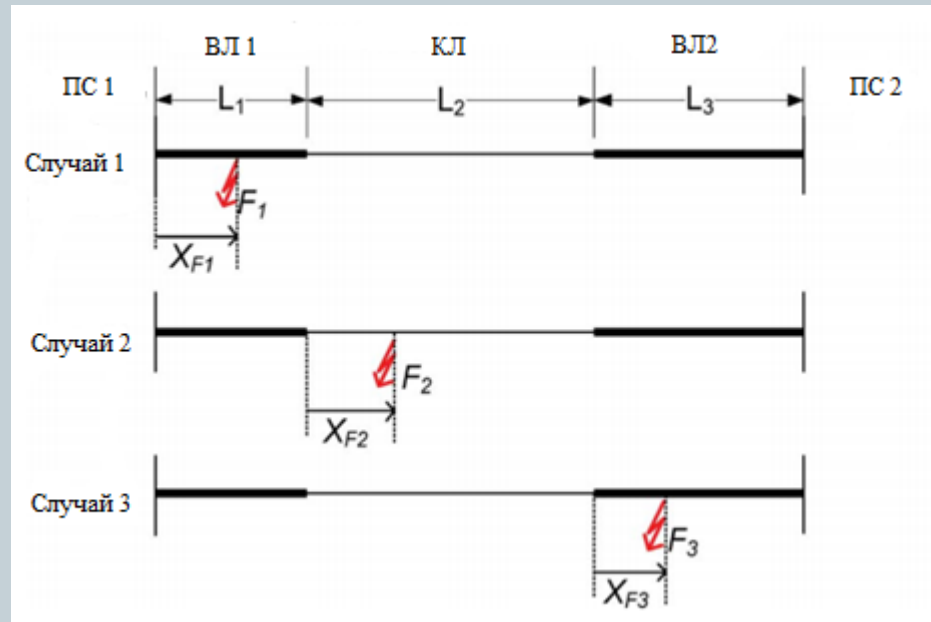


Рис.2 Возможные варианты к.з. в линии постоянного тока в схеме ППТ, состоящей из двух воздушных участков и одного кабельного

Алгоритм ОМП для ВЛ ППТ на базе спектрального метода (1)



При отключении линии в ней возникают затухающие колебания в контуре, образованном распределенной емкостью и распределенной индуктивностью.

Частота колебаний зависит от длины контура, т.е. от расстояния до места КЗ. Спектральный анализ позволяет определить расстояние до места повреждения.

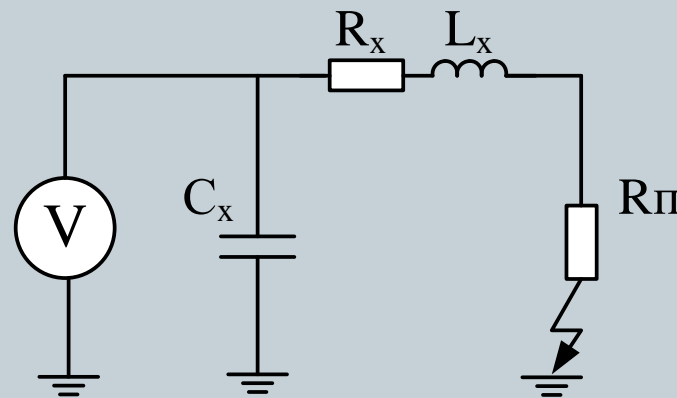


Рис.3 Схема моделирования однородного короткозамкнутого участка линии ПТ

Алгоритм ОМП для ВЛ ППТ на базе спектрального метода (2)



Для определения расстояния до места повреждения в неоднородной кабельно-воздушной линии постоянного тока необходимо учитывать неповрежденный однородный участок линии, являющийся промежуточным между подстанцией и участком линии с другими погонными параметрами, на котором произошло к.з.

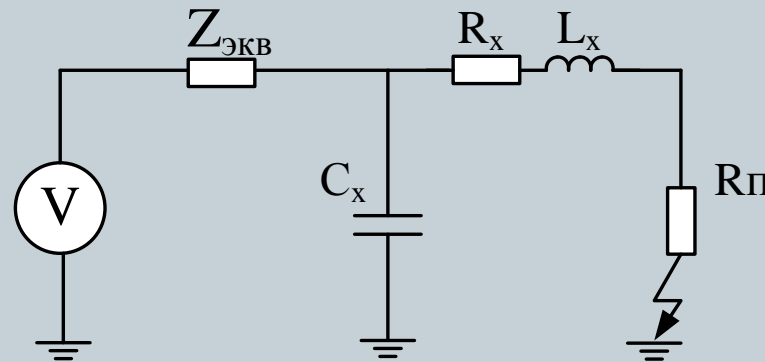
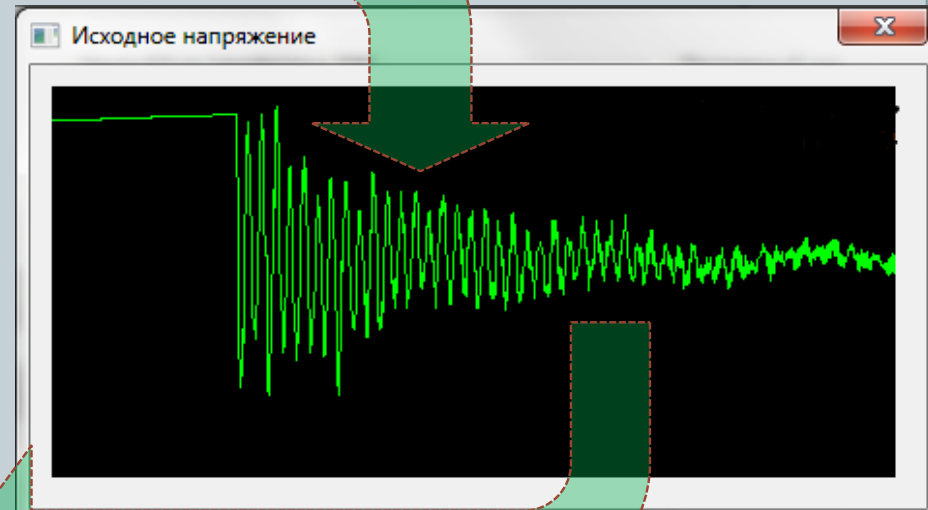
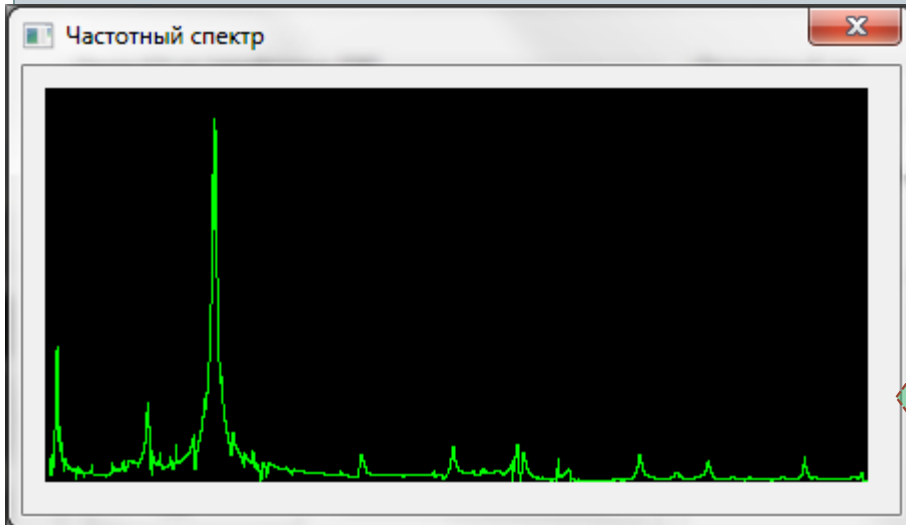
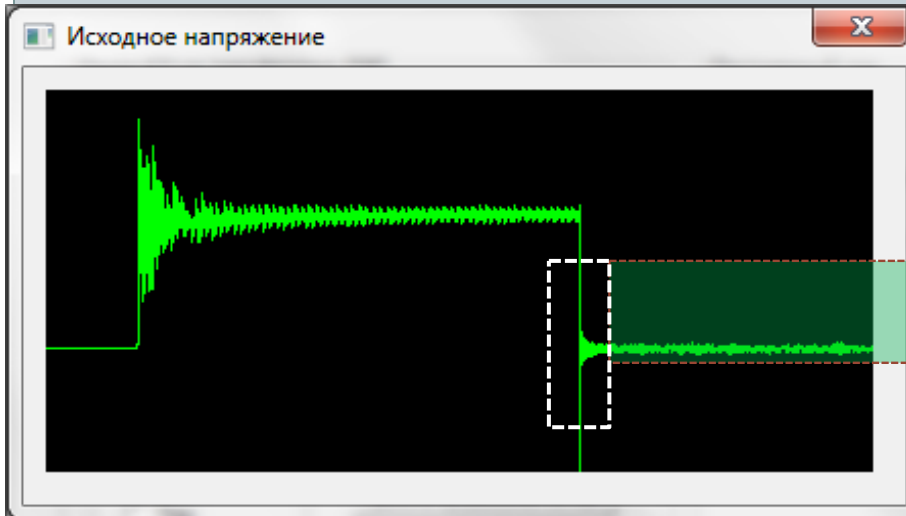


Рис.4 Схема моделирования линии ПТ, состоящей из однородного неповрежденного и однородного короткозамкнутого участков.

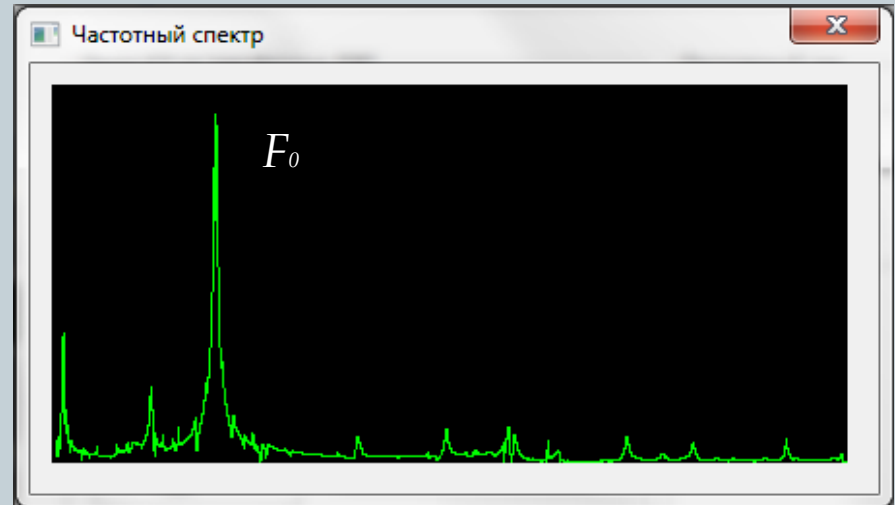
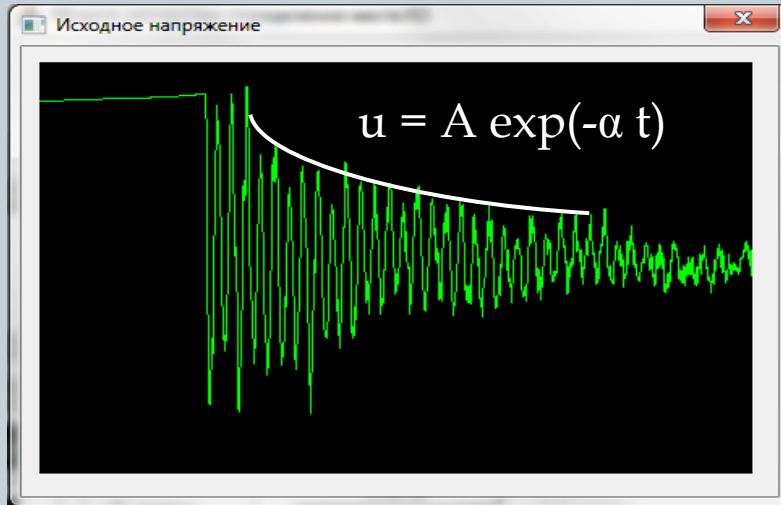
$$Z_{ЭКВ}(P) = Z_c(P) \cdot \operatorname{cth}(\gamma \cdot l)$$

Переходный процесс в короткозамкнутой линии ПТ



Преобразование Фурье

Спектральная характеристика кривой напряжения на поврежденном полюсе линии



$$l_x = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

где

α – коэффициент затухания

F_0 – основная частота

переходного процесса

$$A = \frac{2}{\pi} \cdot C_0 \cdot P \cdot \left(R_0 + \frac{2}{\pi} \cdot L_0 \cdot P \right) \cdot Y''(P)$$

$$B = \frac{2}{\pi} \cdot \left(Y'(P) \cdot \left[R_0 + P \cdot L_0 + R_{II} \cdot \frac{\pi}{2} \right] + Y''(P) \cdot R_{II} \cdot P \cdot C_0 \right)$$

$$C = Y''(P) + Y'(P) \cdot (Z_{ЭКВ} + R_{II})$$

$$p = -\alpha + 2\pi i F_0$$

Подключение устройства ОМП в схему ПС постоянного тока

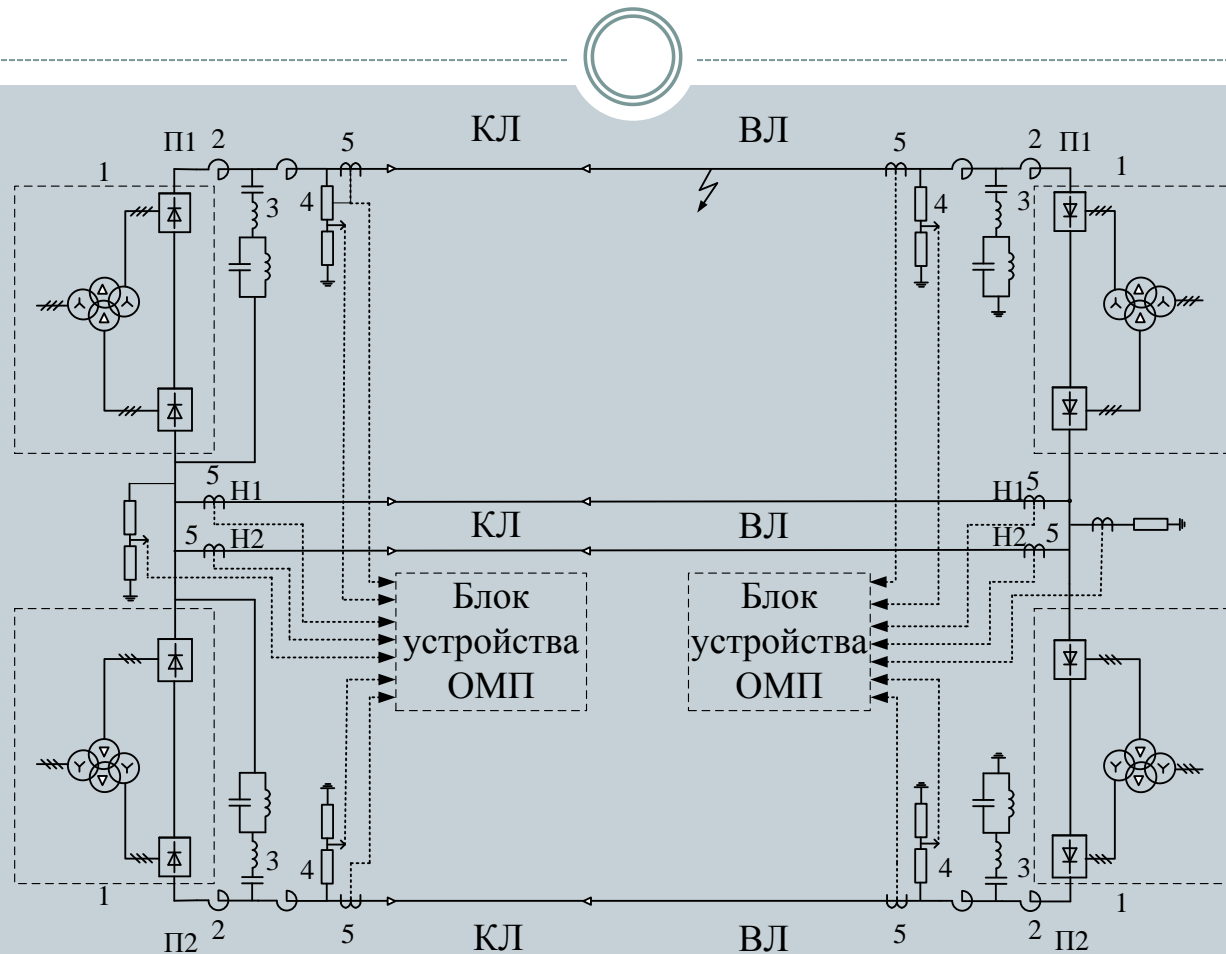


Схема подключения устройства ОМП к измерительным устройствам электропередачи постоянного тока, где 1 - преобразователь с трансформаторами, 2 –разделенный на две части линейный реактор, 3 - фильтр высших гармоник, 4 - датчик напряжения, 5 – датчики тока, КЛ, ВЛ – соответственно кабельный и воздушный участки линии постоянного тока

Результаты применения спектрального метода в модели ВЛ постоянного тока $U=\pm 300$ кВ, $l_{\text{возд.уч.}}=67$ км, $l_{\text{каб.уч.}}=41$ км



Поврежденный участок линии	Результат ОМП для однородной линии			Результат ОМП для неоднородной линии		
	Реальное расстояние до места повреждения, км	Найденное расстояние до места повреждения, км	δ , %	Реальное расстояние до места повреждения, км	Найденное расстояние до места повреждения, км	δ , %
ВЛ	24.4	24.21	0.28	42.6	42.1	0.75
ВЛ	9.1	8.85	0.37	57.9	58.2	0.45
КЛ	5.8	5.93	0.32	35.3	35.7	0.98
КЛ	17.57	17.41	0.39	23.43	23.191	0.58

Выводы



- Наиболее точными среди методов ОМП в линии ПТ являются волновые методы ОМП, обеспечивающие погрешность на уровне 0.2%-0.6% от длины линии. Однако волновые методы требуют установки дополнительного сложного в исполнении оборудования, обеспечивающего выявление моментов прихода волн на подстанцию после аварии на линии с точностью до сотни наносекунд, а также весьма быстродействующих АЦП с дискретностью менее 1 мкс.
- Предложенный алгоритм ОМП на неоднородных линиях ПТ на базе спектрального способа рекомендуется применять для определения расстояния до места к.з. в линиях, состоящих из трех и более неоднородных участков. Точность такого метода составляет до 0.9% от длины однородного короткозамкнутого участка линии с учетом реальных погрешностей измерительных систем.
- В линиях ПТ, состоящих из двух неоднородных участков, рекомендуется применять алгоритм ОМП на однородных линиях ПТ на базе спектрального способа. При этом в данном алгоритме используется информация, полученная с устройства ОМП, расположенного на конце поврежденного однородного участка линии ПТ. Точность такого алгоритма составляет до 0.4% - 0.5% от длины однородного короткозамкнутого участка линии с учетом реальных погрешностей измерительных систем.



Спасибо за внимание