

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

**ДИНАМИКА
НЕЛИНЕЙНЫХ
ДИСКРЕТНЫХ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

**Материалы
XIV Всероссийской научно-технической
конференции**

ДНДС–2021

Чебоксары
2021

УДК 621.3:004(063)

ББК 381:321Я73

Д44

Редакционная коллегия:

ректор, канд. экон. наук, доцент *А.Ю. Александров*;

д-р техн. наук, профессор *Г.А. Белов*;

канд. техн. наук, доцент *А.В. Серебрянников*

Печатается по решению Ученого совета

Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова

Динамика нелинейных дискретных электротехнических
Д44 и электронных систем: материалы XIV Всерос. науч.-техн.
конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. 536 с.

ISBN 978-5-7677-3286-9

Рассматриваются вопросы математических основ и математического моделирования нелинейных дискретных систем, цифровой обработки сигналов, построения и анализа устройств и систем силовой электроники, систем электроэнергетики и электропривода.

Для научных работников, инженеров, менеджеров и студентов старших курсов.

УДК 621.3:004(063)

ББК 381:321Я73

© Издательство

Чувашского университета, 2021

ISBN 978-5-7677-3286-9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЭП ПРИ ДВУСТОРОННЕМ НАБЛЮДЕНИИ

Двустороннее наблюдение контролируемой линии электропередачи (ЛЭП) повышает точность определения места повреждения (ОМП), поскольку не требует задания параметров эквивалентных электрических систем. Если измерения синхронизированы, то это дополнительно позволяет упростить критерий определения места повреждения [1].

В настоящем докладе развиваются методы двустороннего расчета без использования модели повреждения, основанные на применении алгоритмических моделей контролируемой линии электропередачи [2–4]. Предлагаемый способ заключается в использовании синхронизированных измерений фазных напряжений и линейных токов с двух сторон контролируемой ЛЭП. Расстояние до места повреждения x отсчитывается с левой стороны, следовательно, измеренные значения слева будут обозначаться как $\underline{U}_{s,n}(0)$, $\underline{I}_{s,n}(0)$, а измеренные значения справа будут обозначаться как $\underline{U}_{r,n}(l)$, $\underline{I}_{r,n}(l)$ ($n = A, B, C$ – обозначение фазы ЛЭП).

Согласно принципу компенсации известные фазные напряжения с левой стороны контролируемой ЛЭП $\underline{U}_{s,n}(0)$ можно заменить соответствующими источниками ЭДС, а известные токи с правой стороны $\underline{I}_{r,n}(l)$ можно заменить соответствующими источниками тока. Тогда алгоритмическая модель сети будет иметь вид, представленный на рис. 1.

Сначала с помощью алгоритмической модели сети слева от предполагаемого места повреждения (рис. 2) определяются напряжения прямой $\underline{U}_{s,1}(x)$ и обратной $\underline{U}_{s,2}(x)$ последовательности в предполагаемом месте замыкания, а затем полученные напряжения подаются на вход алгоритмической модели сети справа от предполагаемого места повреждения (рис. 3) и определяются напряжения на выходе этой модели $\underline{U}_{s,1}(l)$ и $\underline{U}_{s,2}(l)$ соответственно. Полученные напряжения будут равны измерен-

ным напряжениям $\underline{U}_{r,1}(l)$ и $\underline{U}_{r,2}(l)$ только в том случае, когда предполагаемое место повреждения совпадет с истинным местом замыкания: $x = x_f$.

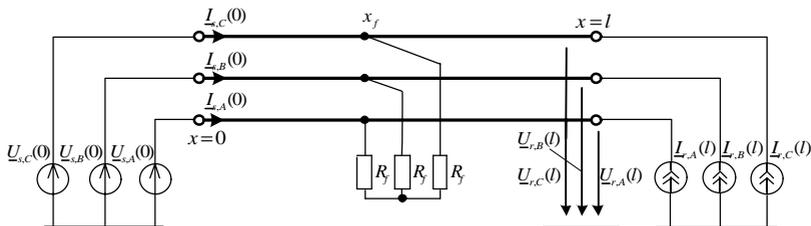


Рис. 1. Алгоритмическая модель контролируемой ЛЭП в аварийном режиме

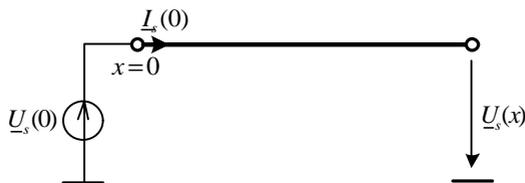


Рис. 2. Алгоритмическая модель сети слева от предполагаемого места повреждения

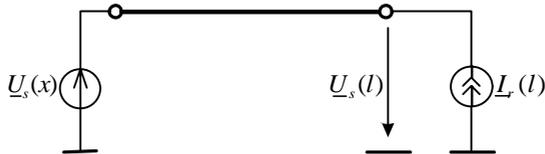


Рис. 3. Алгоритмическая модель сети справа от предполагаемого места повреждения

Точно так же, согласно принципу компенсации, в алгоритмической модели сети можно заменить измеренные фазные напряжения с правой стороны контролируемой ЛЭП $\underline{U}_{r,n}(0)$ соответствующими источниками ЭДС, а измеренные токи с левой стороны $\underline{I}_{s,n}(l)$ соответствующими источниками тока (рис. 4).

В данном случае, аналогично рассчитываются напряжения $\underline{U}_{r,1}(0)$ и $\underline{U}_{r,2}(0)$, которые также будут равны измеренным зна-

чениям $\underline{U}_{s,1}(0)$ и $\underline{U}_{s,2}(0)$ только в том случае, когда предполагаемое место повреждения совпадет с истинным местом замыкания: $x = x_f$. Следовательно, за место замыкания x_f принимается точка, в которой невязка

$$d = |\underline{U}_{s,1}(l) - \underline{U}_{r,1}(l)| + |\underline{U}_{s,2}(l) - \underline{U}_{r,2}(l)| + |\underline{U}_{r,1}(0) - \underline{U}_{s,1}(0)| + |\underline{U}_{r,2}(0) - \underline{U}_{s,2}(0)|$$
 будет минимальна.

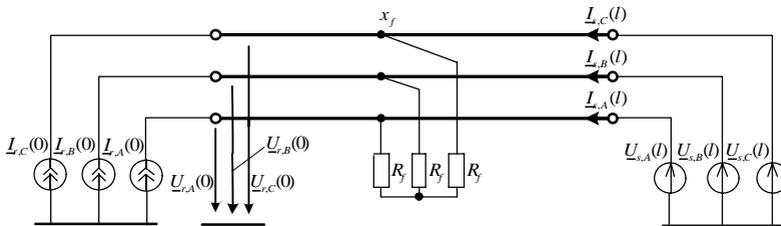


Рис. 4. Алгоритмическая модель контролируемой ЛЭП в аварийном режиме

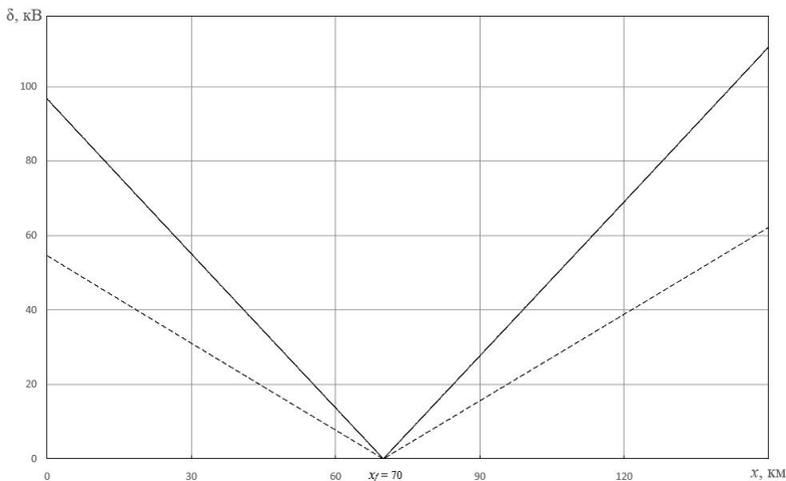


Рис. 5. Зависимость невязки от предполагаемого места повреждения при замыкании фазы A на землю на расстоянии 70 км: 1 – переходное сопротивление 0 Ом, 2 – переходное сопротивление 50 Ом

Рассмотрим предлагаемый способ на примере повреждения на линии электропередачи длиной $l = 150$ км с номинальным напряжением 110 кВ. Удельные параметры контролируемой

ЛЭП: $\underline{Z}_1^0 = 0.249 + j0.417$ Ом/км, $\underline{Z}_0^0 = 0.468 + j1.364$ Ом/км,
 $\underline{Y}_1^0 = 2.654$ мкСм/км, $\underline{Y}_0^0 = 1.722$ мкСм/км. Параметры энергосис-
тем: $\underline{Z}_{s,1} = j20$ Ом, $\underline{Z}_{s,0} = j20$ Ом, $\underline{Z}_{r,1} = j30$ Ом, $\underline{Z}_{r,0} = j30$ Ом,
угол передачи 30° . На рис. 5 представлены графики зависимо-
сти невязки d от предполагаемого места повреждения при за-
мыкании фазы A на землю на расстоянии 70 км через переход-
ные сопротивления 0 и 50 Ом.

Таким образом, предлагаемый способ двустороннего опре-
деления места повреждения, основанный на поиске минимума
ошибки оценки напряжений, не использует резистивную модель
повреждения, инвариантен к виду замыкания и не зависит от
предшествующего режима.

Литература

1. Диагностика линий электропередачи / Ю. Я. Лямец [и др.] // Электротехнические микропроцессорные устройства и системы: межвуз. сб. науч. трудов. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1992. С. 9–32.

2. Пат. 2542337 Рос. Федерация: МПК G01R31/08, H02H3/28. Способ определения места замыкания линии электропередачи при двухстороннем наблюдении / Ю. Я. Лямец, П. И. Воронов; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Исследовательский центр «Бреслер». №2013142150/07; заявл. 13.09.13; опубл. 20.02.15, Бюл. № 5. 12 с.

3. Пат. 2542331 Рос. Федерация: МПК G01R31/08, H02H3/28. Способ определения места замыкания линии электропередачи при двухстороннем наблюдении / Ю. Я. Лямец, П. И. Воронов, А. А. Белянин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Исследовательский центр «Бреслер». №2013144358/07; заявл. 02.10.13; опубл. 20.02.15, Бюл. № 5. 14 с.

4. Воронов П. И. Алгоритм определения места повреждения линии электропередачи при двухстороннем наблюдении без использования модели повреждения // Электроэнергетика глазами молодежи 2016: материалы VII Междунар. молодёж. науч.-техн. конф. 2016. С. 307–308.