РАЗДЕЛ IV. ЭНЕРГЕТИКА

Солдатов В.А., Захаров В.С.

Влияние параметров сети на определение места повреждения при двухстороннем замере в фидере 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором

ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА»
(Россия, Кострома)

doi: 10.18411/lj-09-2020-22

idsp: ljjournal-09-2020-22

Аннотация

Данная статья посвящена исследованию влияния различных параметров фидера 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором на погрешность определения места повреждения по эмпирическим критериям при двухстороннем замере напряжений и токов. Показано, что изменение всех параметров фидера 35 кВ не оказывает существенного влияния на эффективность определения места повреждения и рассмотренный метод эффективен при любых параметрах.

Ключевые слова: определение места повреждения, эмпирические критерии, фидер 35 кВ, трехобмоточный питающий трансформатор, параметры фидера

Abstract

This article is devoted to the influence of the parameters of a 35 kV feeder with a three-winding supply transformer on the error in determining the fault location according to empirical criteria for two-sided voltage and current measurement. It is shown that a change in all parameters of a 35 kV feeder does not affect the efficiency of determining the location of damage and the considered method is effective for any parameters.

Keywords: location of damage, empirical criteria, 35 kV feeder, three-winding supply transformer, feeder parameters

В настоящее время наиболее протяженными являются электрические сети напряжением 6-10-35 кВ. В этих сетях остро стоит задача определения места повреждения (ОМП) [1-3]. Данные электрические сети работают с изолированной нейтралью, и это накладывает определенные трудности на поиск места повреждения. Для сетей 110 кВ и выше разработаны методы и приборы определения места повреждения, но они малоэффективны для сетей 6-10-35 кВ, так как имеют большую стоимость и определяют лишь междуфазные короткие замыкания [4]. Аварийные режимы (АР) с однофазными замыканиями на землю и обрывами они не определяют. В [5-7] описаны возможные подходы к ОМП.

В работах [8-9] описана методика и эффективность ОМП при использовании токов и напряжений в начале линии («по началу») и в конце («по концу») линии. Исследование влияния изменения параметров фидера 35 кВ при измерении напряжений и токов в начале линии описаны в [10-11]. В данной работе рассмотрен метод определения места повреждения по эмпирическим критериям для фидера 35 кВ, питающегося от трехобмоточного трансформатора. Использовались напряжения и токи в начале и в конце линии («по началу и концу»), то есть при двухстороннем замере. Критерии индивидуальны для каждого вида повреждения. Исследовано влияние изменения различных параметров сети 35 кВ на погрешность ОМП.

Расчетные данные критериев были получены для пяти точек вдоль длины линии 35 кВ. Напряжения и токи рассчитывались методом фазных координат [12-15]. Место повреждения определялось при помощи интерполяционных полиномов на основе матрицы Вандермонда [16].

Для проверки эффективности работы эмпирических критериев было исследовано влияние различных параметров фидера 35 кВ на погрешность ОМП. Для этого были изменены следующие параметры:

1. Длина линии принималась: 40 км и 10 км.
2. Тангенс угла нагрузки принимался: 0,3 и 0,7.
3. Мощности трансформаторов принимались:
 - питающего трехобмоточного трансформатора 10 000 кВА и 63 000 кВА;
 - потребительского трансформатора в линии 35 кВ - 1 600 кВА и 6 300 кВА; потребительского трансформатора в линии 10 кВ - 2 500 кВА и 6 300 кВА.
4. Расположение проводов на опоре линии принималось: треугольное и горизонтальное.
5. Мощность нагрузки принималась: 90% и 10% от мощности потребительского трансформатора.
6. Сечение проводов принималось: 120 мм² и 95 мм².

В качестве примера в таблицах 1 и 2 приведены значения критериев «по началу и концу» для однофазного замыкания на землю при изменении сечения проводов и мощности нагрузки в сети 35 кВ.

Таблица 1.

Значения эмпирического критерия «по началу и концу» для режима замыкания фазы А на землю в зависимости от места повреждения для марки проводов АС-120 и АС-95

Место повреждения в линии 35 кВ	Значение критерия для режима А-земля	
	Провод АС-120	Провод АС-95
0	0	0
10	0.000220119	0.000238507
20	0.000584261	0.000633335
30	0.001964584	0.001893468
40	0.821743416	0.90124417

Таблица 2.

Значения эмпирического критерия «по началу и концу» для режима замыкания фазы А на землю в зависимости от места повреждения для 90% и 10% нагрузки от мощности потребительского трансформатора

Место повреждения в линии 35 кВ	Значение критерия для режима А-земля	
	90%	10%
0	0	0
10	0.000220119	0.000314787
20	0.000584261	0.000993183
30	0.001964584	0.00319534
40	0.821743416	0.171487971

Из таблиц 1 и 2 видно, что изменение сечения проводов и мощности нагрузки в сети 35 кВ не оказывает значительного влияния на значения эмпирических критериев «по началу и концу». Аналогичные результаты получены для всех видов АР.

Результаты расчетов погрешности ОМП при изменении всех перечисленных параметров сети 35 кВ представлены в таблице 3. Принято, что погрешность измерений напряжений и токов составляет $\pm 5\%$, и повреждение происходило в середине линии.

В качестве базового варианта были приняты следующие параметры сети 35 кВ: длина линии 40 км; тангенс угла нагрузки 0,3; питающий трехобмоточный трансформатор ТДТН 10 000/110; потребительские трансформаторы в линиях 35 кВ и

10 кВ - ТМН 1600/35 и ТМ 2500/10 соответственно; треугольное расположение проводов на опоре; мощности нагрузки равны 90% от мощностей потребительских трансформаторов; сечение проводов 120 мм².

Таблица 3.

Погрешности ОМП при использовании критериев «по началу и концу» при изменении всех параметров фидера 35 кВ

Вид режима	Погрешность ОМП, %							
	Базовый вариант	Длина линии 35 кВ = 10 км	tg угла нагрузки 0,7	ТДТН 63 000/110	ТМ 6300/35 ТМ 6300/10	Расположение проводов	Мощность нагрузки 10%	Сечение проводов АС-95
замыкание А-земля	0.022	0.025	0.028	0.022	0.022	0.022	0.200	0.021
замыкание В-земля	0.022	0.023	0.022	0.022	0.022	0.024	0.198	0.022
замыкание С-земля	0.022	0.025	0.022	0.022	0.022	0.022	0.198	0.022
замыкание А-В	4.460	16.650	4.453	2.673	4.460	4.603	4.478	4.210
замыкание В-С	4.560	17.150	4.553	2.685	4.560	4.653	4.583	4.295
замыкание А-С	4.543	17.340	4.533	2.675	4.543	4.150	4.563	4.270
замыкание А-В-С	1.670	1.680	1.670	1.670	1.670	1.670	1.670	1.670
обрыв А	2.093	2.100	2.095	2.098	2.093	2.070	2.053	2.093
обрыв В	2.095	2.100	2.098	2.100	2.095	2.130	1.928	2.098
обрыв С	2.093	2.110	2.095	2.098	2.093	2.118	1.958	2.095
замыкание А-земля и обрыв А	0.763	4.540	0.738	0.755	0.765	0.708	0.683	0.783
замыкание В-земля и обрыв В	0.803	4.620	0.773	0.793	0.803	0.843	0.728	0.828
замыкание С-земля и обрыв С	0.798	4.580	0.768	0.790	0.800	0.678	0.728	0.823
обрыв А и замыкание А-земля	0.088	0.083	0.073	0.088	0.070	0.125	0.105	0.060
обрыв В и замыкание В-земля	0.268	0.280	0.223	0.168	0.218	0.123	0.095	0.175
обрыв С и замыкание С-земля	0.230	0.210	0.188	0.225	0.185	0.045	0.093	0.158
замыкание А-земля и В-земля	2.763	2.370	1.053	1.720	2.700	3.653	1.890	0.230
замыкание В-земля и С-земля	1.953	2.390	0.378	1.783	2.205	4.560	1.898	0.268
замыкание А-земля и С-земля	3.600	2.380	0.750	1.733	4.570	2.070	1.900	0.173

Из результатов расчетов, представленных в таблице 3, следует, что изменение различных параметров фидера 35 кВ не оказывает значительного влияния на точность ОМП, которая находится в диапазоне от 0,022% до 4,6%. Исключением является лишь режимы двухфазных коротких замыканий при уменьшении длины линии 35 кВ с 40 до 10 км. То есть при малой длине линии относительные критерии увеличиваются. В данном случае погрешность ОМП составляет 16,65-17,34%.

Таким образом, рассмотренный двухсторонний метод ОМП показал высокую эффективность и может быть применен при любых параметрах фидера 35 кВ, питающегося от трехобмоточного трансформатора.

1. Аржанников, Е. А. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи / Е. А. Аржанников, А. М. Чухин. - М. : НТФ «Энергопресс», 1998. - 87 с.
2. Шалыт, Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях / Г. М. Шалыт. М. : Энергоиздат, 1982. - 312 с.
3. Арцишевский, Я. Л. Определение мест повреждения линий электропередачи в сетях с изолированной нейтралью / Я. Л. Арцишевский. М. : Высшая школа, 1989. - 87 с.
4. Устройство определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи «Сириус-2-ОМП». Руководство по эксплуатации. Москва: 2012. — 64 с.
5. Попов, Н.М. Повышение надежности электроснабжения сельского хозяйства путем совершенствования релейных защит от аварийных режимов в сетях 0,38...35 кВ [Текст]: Автореф. дис. докт. техн. наук / Н.М. Попов. – Санкт-Петербург, 2006. – 36 с.
6. Баранов, А.А. Совершенствование методов расчета и обнаружения несимметричных аварийных режимов электрических сетей класса 10 кВ [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук / А.А. Баранов // М: ГНУ ВИЭСХ, 2012. – 28 с.
7. Климов, Н.А. Совершенствование методов расчета и обнаружения аварийных несимметричных режимов электрических сетей 35 кВ [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук / Н.А. Климов // М: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2013. – 22 с.
8. Солдатов, В.А. Определение места повреждения в сети 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором по эмпирическим критериям [Текст] / В.А. Солдатов, В.С. Захаров // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – №4(52). – с. 135-140.
9. Солдатов, В.А. Определение места повреждения в сети 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором по критериям в конце линии [Текст] / В.А. Солдатов, В.С. Захаров // Актуальные вопросы развития науки и технологий : сборник статей международной научной конференции молодых учёных.— Караваево : Костромская ГСХА, 2019.-с.343-346.
10. Захаров, В.С. Влияние параметров фидера 35 кВ на аппроксимирующие функции критериев определения места повреждения [Текст] / В.С. Захаров // Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования». Февраль 2020 г. №58, Часть 3.-79-83.
11. Захаров, В.С. Влияние параметров фидера 35 кВ на определение места повреждения при одностороннем замере в начале линии [Текст] / В.С. Захаров // Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования». Февраль 2020 г. №58, Часть 3.- 84-88.
12. Мельников, Н.А. Матричный метод анализа электрических сетей [Текст] / Н.А. Мельников. – М.: Энергия, 1972.
13. Лосев, С. Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем: научное издание [Текст] / С. Б. Лосев, А. Б. Чернин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 528 с.
14. Гусейнов, А.М. Расчет в фазных координатах несимметричных установившихся режимов в сложных системах [Текст] / А.М. Гусейнов // Электричество. – 1989. – №3.
15. Бернас, С. Математические модели элементов электроэнергетических систем [Текст] : Пер. с польск. / С. Бернас, З. Цек. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.: ил.
16. Заварыгин, В.М. Численные методы [Текст]. / В. М. Заварыгин. - М: Просвещение, 1991. – 250 с.

Солдатов В.А., Захаров В.С.

Определение места повреждения в сети 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором при двухстороннем замере напряжений и токов

*ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА»
(Россия, Кострома)*

doi: 10.18411/lj-09-2020-23

idsp: ljjournal-09-2020-23

Аннотация

Данная статья посвящена определению места повреждения в сети 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором по эмпирическим критериям при