

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ПО ДВУСТОРОНЕМУ ИЗМЕРЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА НА ЛИНИИ 110 кВ

**Суворин А.Ю.
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург**

Для электрических установок возможны 4 режима работы: нормальный, аварийный, послеаварийный и ремонтный. Аварийный режим является кратковременным режимом, а остальные - продолжительными режимами.

Электрическое оборудование выбирается по параметрам продолжительных режимов и проверяется по параметрам кратковременных режимов, наиболее важным из которых является режим короткого замыкания, поэтому в данной статье рассмотрим именно этот режим.

Последствия коротких замыканий:

1. Тепломеханические повреждения электрического оборудования;
2. Пожары в электрических установках;
3. Снижение уровня напряжения в сети, ведущее к недовыработке продукции на промышленных предприятиях, остановам производств, нарушениям электроснабжения потребителей сферы ЖКХ;
4. Выпадение из синхронизма генераторов, электростанций и частей электрической системы, возникновение аварий, которые могут привести к каскадному отключению электрической системы.
5. Электромагнитное влияние на линии связи.

До появления в энергетике приборов определения места повреждения (вторая половина XX века) выявление мест повреждения линий электропередач и их поиск, проводились путем обходов или объездов. Это занимало много времени, ввиду того, что линии электропередач имеют большую протяженности и часто расположены в труднодоступной местности. В связи с этим появилась острая необходимость в методах и средствах определения места повреждения (ОМП) на линии электропередач.

В данной статье рассмотрен метод, позволяющий определить место КЗ на воздушной линии 110 кВ. Теория двустороннего определения места короткого замыкания (ОМКЗ) поясняется с помощью рисунка 1, на котором приведена схема одноцепной линии. В виду того, что короткое замыкание создает в ЛЭП участок поперечной несимметрии, расчет токов и напряжений ЛЭП осуществим на основе метода симметричных составляющих. В этом случае схема замещения нулевой последовательности имеет вид, рисунок 2, а эпюра напряжений этой последовательности - рисунок 3. Как видно из рисунка 3 максимум напряжений будет приходится непосредственно на участке поперечной несимметрии, а именно в точке в точке КЗ.

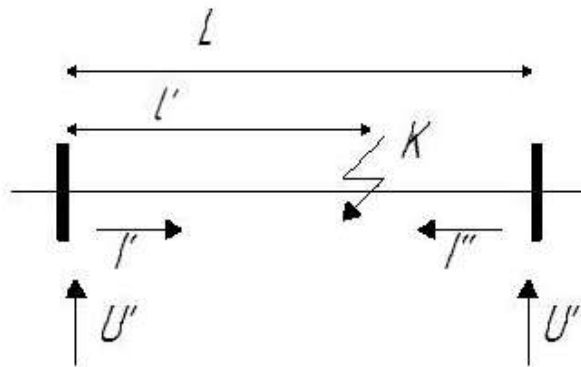


Рисунок 1- Схема одноцепной линии

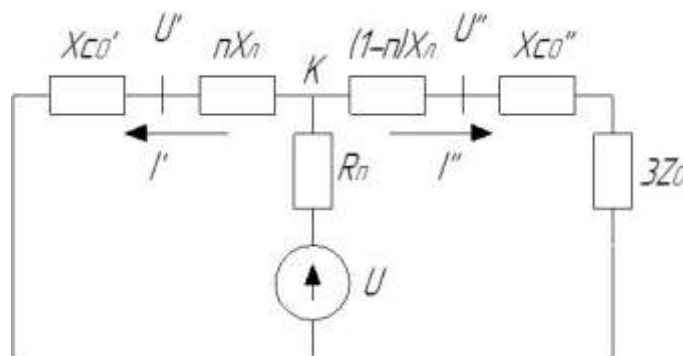


Рисунок 2- Схема замещения нулевой последовательности

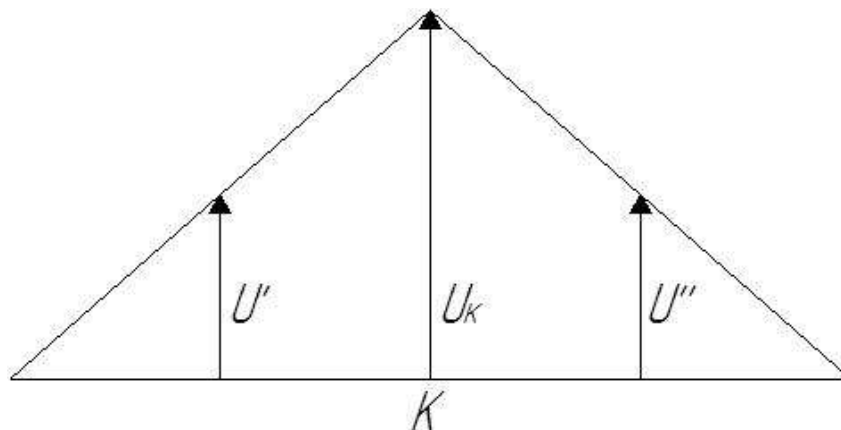


Рисунок 3- Эпюра напряжений нулевой последовательности

В контексте данной работы считаем известными четыре значения: U', I' -напряжение и ток со стороны СТЭЦ, U'', I'' -напряжение и ток со стороны КТЭЦ, которые определяются комплексом приборов для снятия показаний тока и напряжения нулевой последовательности. На основании схемы замещения, рисунок 2 и применения второго закона Кирхгофа нами получены следующие выражения для напряжений в точке КЗ при движении "слева" и "справа" (от шин СТЭЦ до шин КТЭЦ) к точке КЗ:

$$U_k = U' + I' \cdot nX_{\text{Л}}, \quad (1)$$

$$U_k = U'' + I'' \cdot (1 - n)X_{\text{Л}}. \quad (2)$$

где $X_{\text{Л}}$ - сопротивление линии в схеме нулевой последовательности;

$nX_{\text{Л}}$ - сопротивление от левого конца линии до места КЗ. Выражения записаны для модулей, в них не учтен сдвиг по фазе между током и напряжением;

$n = l'/L$ - отношение длины до точки КЗ от шин СТЭЦ к полной длине линии электропередач.

Приравняв правые части выражений и решая полученное уравнение относительно $nX_{\text{Л}}$, получаем:

$$U' + I' \cdot nX_{\text{Л}} = U'' + I'' \cdot (1 - n)X_{\text{Л}}, \quad (3)$$

$$nX_{\text{Л}} \cdot (I' + I'') = U'' - U' + I'' \cdot X_{\text{Л}}. \quad (4)$$

Из уравнения (4) определяем расстояние до места КЗ:

$$nX = \frac{U'' - U' + I'' \cdot X_{\text{Л}}}{(I' + I'')}. \quad (5)$$

$$l' = n \cdot L = \frac{nX_{\text{Л}}}{X_{\text{уд}}}. \quad (6)$$

где $X_{\text{уд}}$ - сопротивление одного километра линии в схеме нулевой последовательности;

L - полная длина линии.

$$l' = \frac{U_0'' - U_0' + I_0'' \cdot X_{0\text{уд}} \cdot L}{(I_0' + I_0'') \cdot X_{0\text{уд}}}. \quad (7)$$

Полученное выражение было экспериментально апробировано для воздушной линии 110 кВ Сакмарская ТЭЦ (СТЭЦ)- Каргалинская ТЭЦ (КТЭЦ) СТЭЦ-КТЭЦ №2.

Длина воздушной линии 110 кВ (СТЭЦ-КТЭЦ) составляет 27,15 км. Удельное реактивное сопротивление провода АС-120(19) $X_{\text{уд}} = 1,281$ Ом/км. Напряжение на шинах СТЭЦ $U_{\text{СТЭЦ}} = 89,5$ кВ, на шинах КТЭЦ $U_{\text{КТЭЦ}} = 75,3$ кВ. Ток короткого замыкания со стороны СТЭЦ: $I_{\text{кСТЭЦ}} = 5,354$ кА. Ток короткого замыкания со стороны КТЭЦ: $I_{\text{кКТЭЦ}} = 3,851$ кА.

По формуле (7) определяем расстояние от шин СТЭЦ до точки КЗ:

$$l' = \frac{75,3 - 89,5 + 3,851 \cdot 1,281 \cdot 27,15}{(3,851 + 5,354) \cdot 1,281} = 10,154 \text{ км.}$$

В данной статье был предложен метод определения расстояния до точки КЗ, основанный на методе симметричных составляющих и двустороннего измерения

значений токов и напряжений аварийного режима на линии 110 кВ Сакмарская ТЭЦ- Каргалинская ТЭЦ. Предложенный метод апробирован на практике. Погрешность определения расстояния до точки КЗ составляет 5,4%.

Список литературы

1. *Электроснабжение промышленных предприятий: метод. пособие к курс. проекту по курсу ЭПП / Б. И. Кудрин, В. И. Чиндяскин, Е. Я. Абрамова. - Оренбург : ОГУ, 2000. - 124 с.*

2. *Правила устройства электроустановок (ПУЭ) Издание 6, 7 - Новосибирск: Новосиб. ун - т; 2007-854 с.*

3. *Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.*

