РАЗДЕЛ II. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Андрианова Л.П., Кабашов В.Ю., Зиятдинов Д.Р

Измерительно-вычислительное устройство для идентификации однофазного замыкания на землю в электрической сети 10 кВ с изолированной нейтралью

*Бакирский государственный аграрный университет
(Россия, Уфа)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-02

idsp: sciencepublic-12-05-2019-02

Аннотация

Приведены алгоритм и структура измерительно-вычислительного устройства для оперативной идентификации однофазного замыкания на землю и определения места повреждения методом разряда емкости поврежденной фазы в электрической сети 10 кВ с изолированной нейтралью.

Ключевые слова: электрическая сеть, однофазное замыкание на землю, контролируемые параметры, алгоритм идентификации, измерительно-вычислительное устройство.

Алгоритм оперативной идентификации однофазного замыкания на землю и определения места повреждения в сети 10 кВ при разряде емкости поврежденной фазы иллюстрируется на основе схемы замещения электрической сети с изолированной нейтралью с замыканием на землю фазы А в точке $K^{(1)}$ (рисунок 1, а), где показаны E_A , E_B , E_C – ЭДС вторичной обмотки трансформатора, C_A – Сосредоточенная емкость поврежденной фазы, C_B , C_C – сосредоточенные емкости неповрежденных фаз, $3i_{оп}^{(1)}$ – суммарный ток переходного процесса (ток нулевой последовательности) [1].

Рисунок 1 – Переходный процесс при замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью

Сущность метода идентификации однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) при разряде емкости поврежденной фазы заключается в выявлении фазы линии с поврежденной изоляцией, замкнувшейся на землю; измерении на ней параметров переходного процесса и вычислении расстояния от подстанции до места замыкания по алгоритму с помощью ЭВМ.

Выявление фазы линии с поврежденной изоляцией, замкнувшейся на землю, осуществляется устройством контроля тока замыкания на землю при появлении ударного тока $I_{уд}$ (рисунок 1, б).

Измеряемыми параметрами переходного процесса на поврежденной линии являются мгновенные значения переходного процесса тока и напряжения, следующие друг за другом максимальные амплитудные значения тока замыкания на землю,

максимальное значение напряжения нейтрали и собственная частота переходного процесса.

Расстояние до места ОЗЗ при разряде емкости поврежденной фазы вычисляется по алгоритму [2]

$$l_k = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{u - i \frac{U}{I_{m1}} \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}}{\frac{di}{dt}}, \quad (1)$$

где L_0 – погонная индуктивность поврежденной линии, постоянная величина, зависящая от материала линии, Гн/км;

u – мгновенное значение напряжения на нейтрали, В;

i – мгновенное значение тока в момент повреждения, А;

U – напряжение на нейтрали, В;

I_{m1}, I_{m2} – амплитудные значения токов, следующих друг за другом на поврежденной линии, А.

Реализация алгоритма (1) осуществляется с помощью измерительно-вычислительного устройства (рисунок 2) [1, 4].

Рисунок 2 – Схема устройства для определения места повреждения

В состав измерительно – вычислительного устройства входят датчики токов А1, А2, А3 соответственно фаз А, В и С, фильтр тока нулевой последовательности 1, датчик напряжения и фильтр цепи напряжения 2, фильтр цепи тока 3, инвертор 4, компаратор 5, сумматор 6, анализатор 7.

Датчики токов А1, А2, А3 предназначены для преобразования первичных токов до значений I_A, I_B, I_C , удобных для измерения. В качестве датчиков токов используются трансформаторы тока, тип которых выбирается в зависимости от их полной погрешности и расчетного значения тока нагрузки линии электропередачи. Фильтр тока нулевой последовательности ANZ служит для выделения тока замыкания на землю (утроенного значения тока нулевой последовательности $3I_0$) из токов нагрузки. Фильтр тока нулевой последовательности 1 представляет собой параллельно соединенные вторичные обмотки датчиков тока. Датчик напряжения V преобразует первичное напряжение сети до значения U_N , удобного для измерения и представляет собой вторичную обмотку трансформатора напряжения, соединенную по схеме разомкнутого треугольника. В качестве датчика напряжения V используется трансформатор напряжения, выбираемый в зависимости от погрешности коэффициента напряжения и номинального напряжения электрической сети. Фильтр цепи напряжения UZ представляет собой Т – образный RC фильтр, который подавляет напряжение промышленной частоты и пропускает высшие гармонические составляющие напряжения. Фильтр цепи тока AZ, подавляет ток промышленной частоты и пропускает гармонические составляющие высших частот тока без затухания, представляет собой Т – образный RC фильтр. Инвертор 4 предназначен для инвертирования сигнала тока с помощью операционных усилителей. Компаратор К строится на операционных усилителях и служит для измерения собственной частоты переходного процесса. Сумматор Σ служит для суммирования высших гармонических составляющих тока и

напряжения и строится на основе операционных усилителей. В качестве анализатора 7 может использоваться персональный компьютер РС либо самостоятельный контроллер.

Отфильтрованные с помощью фильтра UZ мгновенные значения напряжения переходного процесса на нейтрали u поступают на первый вход сумматора Σ . На второй вход сумматора Σ поступает отфильтрованное и инвертированное мгновенное значение тока замыкания на землю i , например фазы А.

Сумматор Σ осуществляет разность мгновенных значений напряжения на нейтрали и поврежденной фазы

$$u - i \frac{U}{I_{m1}} \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}, \quad (2)$$

реализуя числитель алгоритма (1).

Знаменатель алгоритма (1) di/dt реализуется на основе результата измерения собственной частоты переходного процесса ω .

Персональный компьютер РС производит обработку поступившей информации с сумматора Σ и компаратора К в соответствии с алгоритмом (9), то есть выделяет действующее значение напряжения нейтрали U и следующие друг за другом максимальные амплитуды тока I_{m1}, I_{m2} , по которым вычисляется декремент затухания переходного процесса

$$\Delta = \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}, \quad (3)$$

после чего определяется расстояние до места повреждения l_k с учетом погонной индуктивности L_0 , занесенной предварительно в базу данных.

В состав контрольно – измерительной аппаратуры входят измерительные трансформаторы тока типа ТОЛ-10 и напряжения типа НАМИ-10-У2, выполняющие функции датчиков тока А1, А2, А3 и напряжения V, цифровой осциллограф типа PCS-64i, выполняющий функции блоков UZ, AZ, инвертора и компаратора. При этом функцию сумматора Σ и обработку измеренных параметров переходного процесса выполняет ЭВМ.

Погрешность определения места повреждения зависит от классов точности используемых трансформаторов тока и напряжения, цифрового осциллографа и точности обработки вычислительных процедур на ЭВМ.

Учитывая то, что обработка информации на ЭВМ численными методами проводится с относительной погрешностью, не превышающей 10^{-6} , использование цифрового осциллографа дает погрешность не выше 10^{-4} , то основная погрешность будет определяться классами точности измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Опытная проверка алгоритма идентификации ОЗЗ на основе разряда емкости поврежденной фазы проведена в ООО «Энергетические системы» на воздушной линии 10 кВ длиной 12 км, с использованием трансформаторов тока серии ТОЛ-10 класса точности 0,2 %, трансформатора напряжения серии НАМИ-10-У2 класса точности 0,2 %, цифрового осциллографа типа PCS-64i и ЭВМ типа PentiumIV.

В результате проверки получены результаты измерения расстояния до места ОЗЗ в режиме замыкания на землю фазы А в двух точках при удаленности от шин подстанции 3 и 6 км:

- а) 3 км, $\Delta = \pm 4,8$ м, $\delta = 0,16\%$;
- б) 6 км $\Delta = \pm 10,2$ м, $\delta = 0,17\%$.

Так как обработка информации происходит в реальном масштабе времени с помощью цифрового осциллографа и ЭВМ, то быстродействие метода определяется длительностью переходных процессов токов и напряжений в электрических сетях, и составляет единицы миллисекунд.

Для данного примера, время определения расстояния до места повреждения при удаленности от шин подстанции в 6 км составило 8 мс.

Выводы:

1. Использование измерительно-вычислительного устройства для идентификации ОЗЗ методом разряда емкости поврежденной фазы, позволяет

обслуживающему персоналу подстанции оперативно обнаруживать режим ОЗЗ, определять расстояние от подстанции до места повреждения с высокой точностью, обеспечивая надежное бесперебойное электроснабжение потребителей.

2. Измерительно-вычислительное устройство реализовано на основе стандартной контрольно-измерительной аппаратуры со встроенным программным обеспечением, позволяющее анализировать переходные процессы в режиме ОЗЗ и рассчитывать расстояние до места повреждения и отображать информацию на мониторе ЭВМ.

3. Учитывая то, что разряд емкости поврежденной фазы сопровождается большим ударным током и колебательным переходным процессом, то этот метод рекомендуется применять в электрических сетях 10 кВ, как с равномерной, так и с резко неравномерной длиной линий электропередач.

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. - М.: Высш. шк., 1996.- 638с.
2. Патент № 55153 РФ, МПК G01R 31/08. Устройство для определения места повреждения электрической сети напряжения 6(10)-35 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью // Андрианова Л.П., Байбурин Э.Р. // Опубликовано: 27.07.2006 Бюл. № 21.
3. Свидетельство № 2006612478. Моделирование переходных процессов для определения места однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) электрической сети напряжения 6(10)-35 кВ // Андрианова Л.П., Байбурин Э.Р. // Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 12.07.2006.
4. Information and Computer Complex for Identification of Single-Phase Earth Faults in Electric Networks of 6-10 kV / Lyudmila P. Andrianova, Eduard R. Bayburin, Ildar I. Gabitov, Rustam R. Galiullin, Vladimir Yu. Kabashov, Andrey V. Linenko, Dmitriy P. Yukhin and Rinat B. Yarulhin Journal of Engineering and Applied Sciences Year: 2018| Volume: 13 |Issue: 9 SI | Page No.: 7141-7149

Виноградов Е.А.

Оценка результатов хронометража работы погрузо-доставочных машин на системах разработки с торцевым выпуском руды

*Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-12-05-2019-03

idsp: sciencepublic-12-05-2019-03

Задачей проведения хронометража являлось определение времени циклов работы различных моделей ПДМ, представленных в техническом парке рудника и установление временных затрат на выполнение основных операций по доставке руды, а также перемещение негабарита. Для решения поставленной задачи был проведен хронометраж работы следующих машин: CAT R1600G, CAT R2900G, Atlas Copco ST1030.

Результаты замеров работы ПДМ R1600G при плече доставки руды 260 м сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Номер замера	Загрузка	Движение груженым	Разгрузка	Движение порожним	Время цикла
1	24	149	11	139	323
2	20	153	9	140	322
...	...	...	...	...	...
22	26	163	8	143	340
23	36	172	8	146	362

Для анализа хронометража доставки руды была построена диаграмма равномерности, представленная на рисунке 1. При подробном рассмотрении привлекает внимание большая неравномерность погрузки отбитой руды, наиболее