

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 6(10)–35 КВ

Байбурин Э.Р.

В настоящее время при эксплуатации трехфазных электрических сетей 6 (10) - 35 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью при определении места однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) применяются методы и устройства с отключением напряжения у потребителей [1].

Основными недостатками этих методов и устройств являются:

- необходимость отключения напряжения у потребителей;
- нарушение электроснабжения потребителей;
- недостаточная оперативность и точность.

Для устранения указанных недостатков предложен метод, позволяющий обслуживающему персоналу, находясь на подстанции, быстро и точно определять с помощью анализа параметров переходного процесса место замыкания и расстояние до него, с тем, чтобы ремонтная бригада была направлена точно к месту повреждения, и при этом отключения потребителей от питания не производилось.

В предложенном методе используется способ определения места повреждения в электрической сети без отключения напряжения, основанный на 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 персональной ЭВМ.

$$I_k = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{u - i \frac{U}{I_{m1}} \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}}{I_m \omega},$$

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

u – мгновенное значение напряжения, 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;

ω – собственная частота переходного процесса, c^{-1} .

Расстояние до места повреждения определяется расчетным путем, исходя из следующих соображений.

Индуктивное сопротивление линии

$$\omega L = \frac{U}{I_{m1}},$$

где ω – угловая частота, c^{-1} ;

$L = (L_{НЛ} + L_{К})$ – индуктивность линии равная сумме индуктивностей неповрежденных линий $L_{НЛ}$ и индуктивности от начала поврежденной линии до места повреждения $L_{К}$, Гн;

U – напряжение на нейтрали, В;

I_{m1} – амплитудное значение тока, А.

Отношение следующих друг за другом амплитудных значений тока [2] на поврежденной линии

$$\frac{I_{m1}}{I_{m2}} = e^{\frac{R}{\omega L}},$$

где R – активное сопротивление линии, Ом.

Логарифмируя левую и правую часть выражения, получим

$$\ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}} = \ln e^{\frac{R}{\omega L}},$$

отсюда

$$\ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}} = \frac{R}{\omega L}$$

Выражаем R

$$R = \omega L \cdot \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}.$$

Вместо ωL подставляем формулу для индуктивного сопротивления линии

$$R = \frac{U}{I_{m1}} \cdot \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}.$$

Для разряда емкостей при повреждении линии (рисунок 1) составляется схема замещения поврежденной фазы (рисунок 2), в которой индуктивности поврежденной фазы неповрежденных линий заменены эквивалентной $L_{НЛ}$, емкости между фазой и землей заменены эквивалентной C , индуктивность от начала поврежденной линии до места повреждения L_K , для правой части, по второму закону Кирхгофа составляем дифференциальное уравнение:

$$u = iR + L_K \frac{di}{dt},$$

откуда

$$L_K = \frac{u - iR}{\frac{di}{dt}}.$$

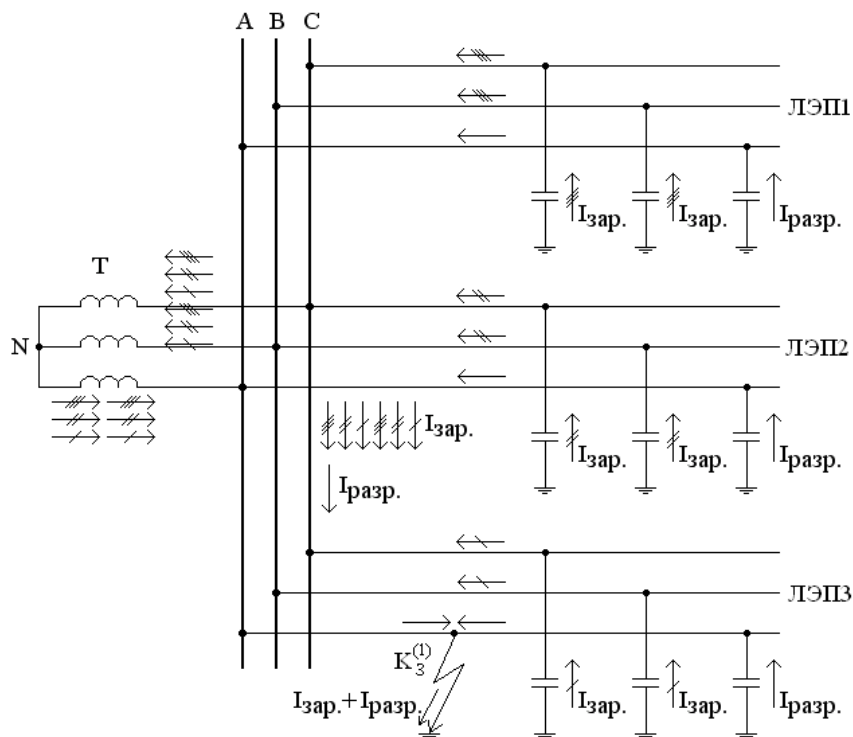


Рисунок 1. Схема электрической сети при однофазном замыкании на землю

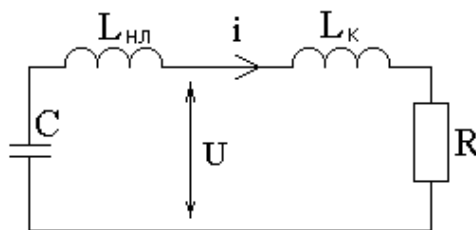


Рисунок 2. Схема замещения поврежденной фазы

После подстановки в формулу для L_K погонной индуктивности L_0

$$L_K = l_K L_0$$

и, ранее выведенного значения для R , получим

$$R = \frac{U}{I_{m1}} \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}.$$

Конечная формула для определения расстояния до места замыкания примет вид

$$l_K = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{u - i \frac{U}{I_{m1}} \ln \frac{I_{m1}}{I_{m2}}}{\frac{di}{dt}}.$$

Схема устройства для реализации данного метода изображена на рисунке 3. Устройство для определения места повреждения электрической сети напряжения 6(10) – 35 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью состоит из датчиков тока фазы А, фазы В и фазы С, фильтра тока нулевой последовательности 1, датчика напряжения, фильтра цепи напряжения 2, фильтра цепи тока 3, инвертора 4, компаратора 5, сумматора 6, анализатора 7, в качестве которого может быть использована ЭВМ.

При исправной сети сигналов на датчиках нет и устройство находится в ждущем режиме. При возникновении замыкания фазы на землю с датчиков на преобразователи 1 и 2 поступают сигналы (рисунок 4), отличные от нуля, после чего устройство производит обработку поступившей информации, на основе которой определяют расстояние до места повреждения по вышеприведенному алгоритму.

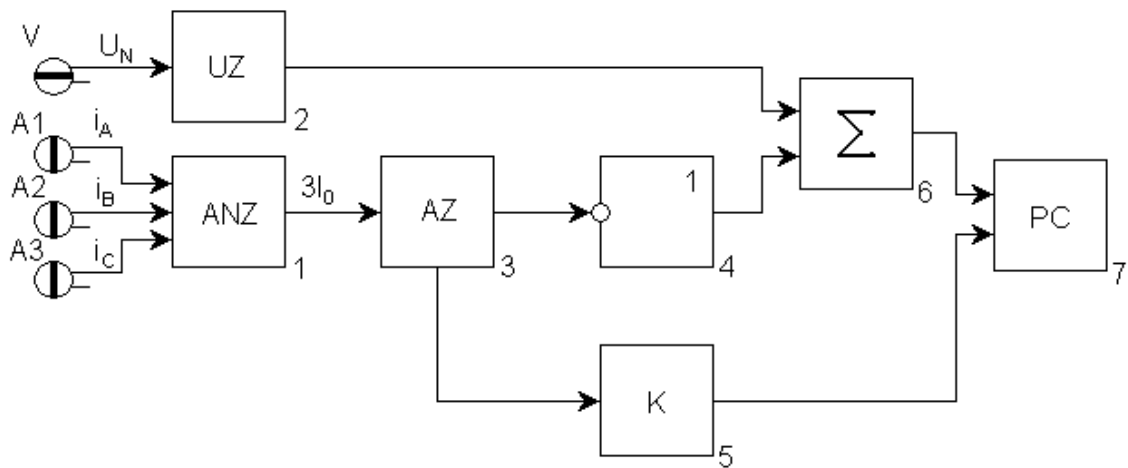


Рисунок 3. Схема устройства для определения места повреждения

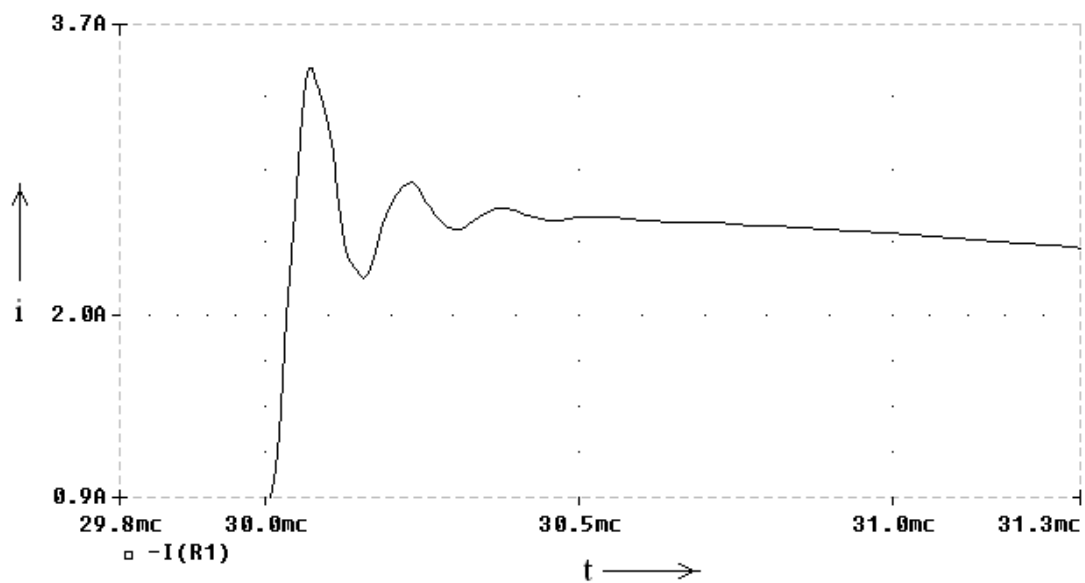


Рисунок 4. Переходный процесс при замыкании фазы на землю

Метод позволяет определять расстояние до места повреждения за время не более нескольких секунд. При этом используются контрольно – измерительные приборы, изготовленные на основе серийно выпускаемой элементной базы.

Таким образом, предложенный метод позволит быстро и точно определять с помощью анализа параметров переходного процесса аварийного режима место повреждения и расстояние до него в электрических сетях 10 кВ, что позволит повысить надежность электроснабжения потребителей.

Литература

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Учеб. для вузов по спец. «Электроснабжение» - 3-е изд. - М.: Высш. шк., 1991, С. 206-210.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи.- М.: Высш. шк., 1996.- 638 с.: ил.
3. Цапенко Е.Ф. Замыкания на землю в сетях 6-35 кВ.- М.: Энергоатомиздат, 1986.- 128 с.
4. Попов И.Н., Лачугин В.Ф., Соколова В.Ф. Релейная защита, основанная на контроле переходных процессов. М.: Наука, 1986, С.58-82.