

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТОКОВ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

Чорноусов Д.С., студент; Кобазев В.П., доцент, к.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Однофазные замыкания на землю (ОЗНЗ) в шахтных кабельных сетях напряжением 6-10 кВ составляют порядка 77% от общего числа повреждений. Опасность ОЗНЗ чрезвычайно велика из-за выделения тепловой энергии в месте замыкания, что может стать причиной пожара, взрыва метано-воздушной смеси или угольной пыли. При этом также повышается опасность поражения обслуживающего персонала, появляются перенапряжения, что ведет к выходу из строя электрооборудования и возникновению в сети множественных замыканий на землю или коротких замыканий.

Принципы, положенные в основу построения известных защит, не позволяют в полной мере обеспечить обнаружение однофазных замыканий на землю с требуемой достоверностью. В технической литературе описываются аварии связанные с ложными срабатываниями или неселективным действия защиты. Поэтому вопрос совершенствования защиты от замыканий на землю является актуальной задачей.

Схема замещения электрической сети для случая, когда нейтраль сети заземлена через дугогасящий реактор, приведена на рис. 1.

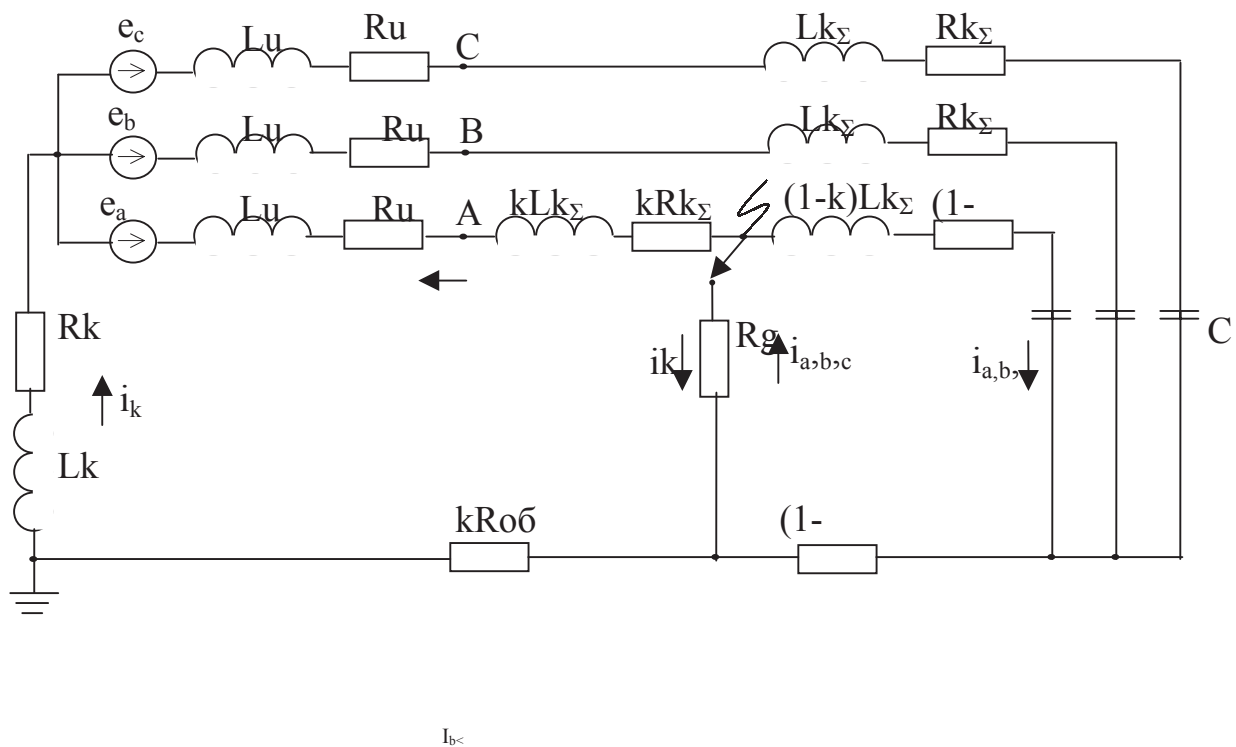


Рисунок 1 – Схема замещения компенсированной сети

В схеме замещения сети (рис.1) учтена особенность выполнения высоковольтных шахтных электрических сетей. В условиях шахты все корпуса электрооборудования соединены между собой и поэтому при возникновении замыкания ток замыкания на землю идет по двум параллельным цепям – земле и цепи заземления. Так как сопротивление цепи заземления значительно меньше сопротивления через землю, то основная часть тока проходит через цепь заземления. Поэтому при составлении дифференциальных уравнений, описывающих шахтную сеть, было учтено сопротивление цепи заземления. В этом случае практически не может быть глухого замыкания на землю, так как всегда в цепи замыкания будет сопротивление цепи заземления. Таким образом, для схемы замещения рис. 1 можно составить следующую систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} 2L_u \frac{di_c}{dt} + 2L_c R_u + (k+1)L_{k\Sigma} \frac{di_c}{dt} + (R_{k\Sigma} + kR_{k\Sigma} + (1-k)R_{o\bar{o}} + R\partial)i_c + \frac{1}{C} \int i_c dt = e_c - e_a \\ 2L_u \frac{di_b}{dt} + 2i_b R_u + (k+1)L_{k\Sigma} \frac{di_b}{dt} + (R_{k\Sigma} + kR_{k\Sigma} + (1-k)R_{o\bar{o}} + R\partial)i_b + \frac{1}{C} \int i_b dt = e_b - e_a \\ (1-k)L_{k\Sigma} \frac{di_a}{dt} + (R\partial + (1-k)(R_{o\bar{o}} + R_{k\Sigma}))i_a + \frac{1}{C} \int i_a dt = 0 \\ (L_k + L_u + kL_{k\Sigma}) \frac{di_k}{dt} + (R_u + R_k + R\partial + k(R_{o\bar{o}} + R_{k\Sigma}))i_a = e_a \end{array} \right. \quad (1)$$

Введем обозначения:

$$\begin{array}{ll} L_1 = (1-k)L_{k\Sigma}, & R_1 = R_o + (1-k)(R_{o\bar{o}} + R_{k\Sigma}) \\ L_2 = 2L_u + (k+1)L_{k\Sigma} & R_2 = 2R_u + R_{k\Sigma}(k+1) + (1-k)R_{o\bar{o}} + R_o \\ L_3 = L_k + L_u + kL_{k\Sigma} & R_3 = R_u + R_k + R_o + k(R_{k\Sigma} + R_{o\bar{o}}) \end{array}$$

После дифференцирования левой и правой части системы уравнений (1) и выделения старшей производной, получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 i_c}{dt} = \frac{\sqrt{3}Um * w * \sin(wt + \psi + \frac{\pi}{3})}{L_2} - \frac{R_2}{L_2} \frac{di_c}{dt} - \frac{1}{LC} i_c \\ \frac{d^2 i_b}{d^2 t} = \frac{\sqrt{3}Um * w * \sin(wt + \psi - \frac{\pi}{3})}{L_2} - \frac{R_2}{L_2} \frac{di_b}{dt} - \frac{1}{LC} i_b \\ \frac{d^2 i_a}{d^2 t} = -\frac{R_1}{L_1} \frac{di_a}{dt} - \frac{1}{L_1 C} i_a \\ \frac{di_k}{dt} = \frac{Um \sin(wt + \psi)}{L_3} - \frac{R_3}{L_3} i_k \end{array} \right. \quad (2)$$

Полученная система уравнений (2) была решена на ЭВМ при помощи приложения Matcad 2000. В связи с тем, что анализировалась возможность использования для защиты от замыканий на землю сверхпереходных токов, то изменения напряжения в фаз относительно земли не рассматривались.

На рис 2. и рис. 3 показаны результаты расчета токов в электрической сети для схемы замещения рис. 1 в сети с компенсированной и изолированной нейтралью. Сравнительный анализ этих кривых при различных режимах за-

мыкания показал, что компенсация емкостного тока практически не влияет на амплитуду тока замыкания в начальный момент переходного процесса.

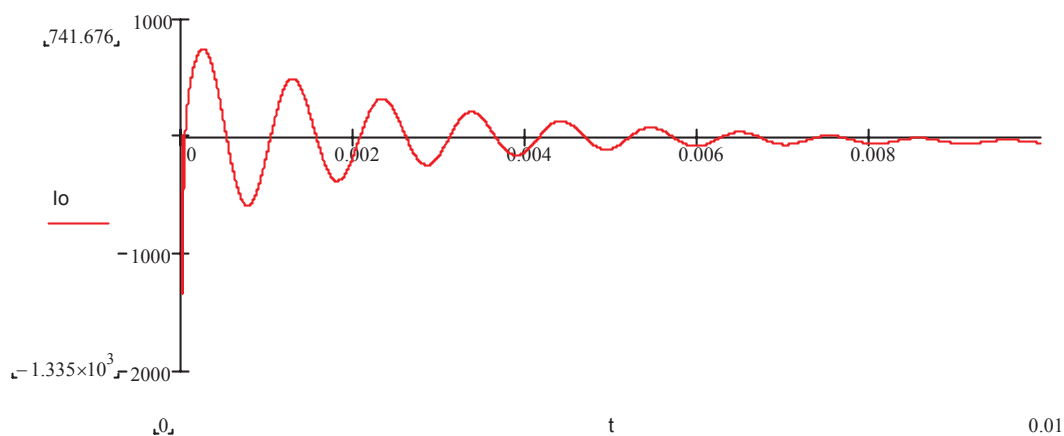


Рисунок 2 – Расчет ОЗНЗ с дугогасящим реактором при резонансной настройке и $i_{к,нач} = 0$, $\psi = 90^\circ$:

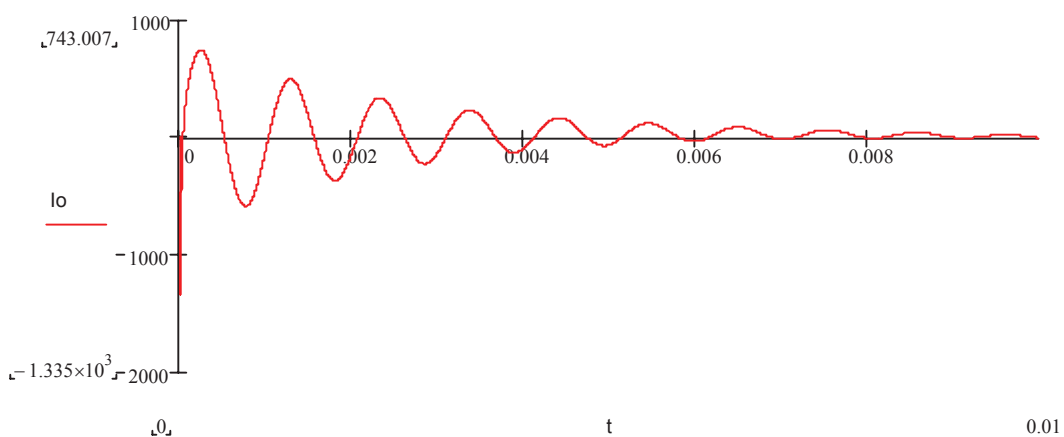


Рисунок 3 – Расчет ОЗНЗ в сети с изолированной нейтралью при $\psi = 90^\circ$

На основании расчетов замыкания на землю в сети при различных условиях и результатов исследований на высоковольтной модели был предложен новый метод определения поврежденного присоединения, основанный на анализе сверхпереходных токов присоединений. В соответствии с этим методом для определения поврежденного присоединения вначале производится регистрация полярности импульсов сверхпереходного тока нулевой последовательности одновременно не менее, чем в трех присоединениях. Затем определяется преобладающая полярность, которую сравнивают с полярностью каждого импульса тока, а после этого производится определение повреждения присоединения по полярности импульса тока, противоположной преобладающей.

Предлагаемый метод обнаружения ОЗНЗ имеет высокую надежность определения поврежденного присоединения, так как реагирует только на импульсы сверхпереходного тока присоединений шахтной электрической сети.