

Абылгазиев Ж.С.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ С ПОМОЩЬЮ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПЕРВИЧНОЙ СХЕМЫ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ НЕСТАБИЛЬНОЙ ПЕРВИЧНОЙ СХЕМЫ СЕТИ**

Zh.S. Abylgaziev

**ENSURING SELECTIVE PROTECTION OF SINGLE-PHASE GROUND SHORT CIRCUIT WITH THE HELP OF REMOTE CONTROL OF THE PRIMARY SCHEME IN NETWORKS WITH INSULATED NEUTRAL UNSTABLE PRIMARY NETWORK DIAGRAM**

УДК.:621.316.925:621.3.014.7:621.3.035.441

В данной статье рассматривается использование современных информационных технологий по обеспечению селективной защиты от однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.

This article discusses the use of modern information technologies to ensure the selective protection of single-phase ground short circuit in networks with insulated neutral.

До последнего времени в сетях с изолированной нейтралью используется неселективная защита от однофазного замыкания на землю (ОЗЗ). В большинстве случаев защита от ОЗЗ действует на сигнал, в результате чего эксплуатационный персонал выводит из действия имеющиеся у них стандартные виды релейной защиты и выявляет поврежденную линию путем поочередного отключения, по признаку исчезновения напряжения нулевой последовательности. При наличии разветвленной сети такие отключения могут задержать процесс выявления поврежденной линии на значительное время и, кроме того, вызвать значительный материальный ущерб.

В настоящее время в некоторых сетях переходят к действию защит от ОЗЗ на отключение. При этом, возникает проблема выбора правильных уставок. При правильном выборе уставок современные микропроцессорные защиты, например: БМРЗ, НТЦ “Механотроника”, терминалы защиты SEPAM типа S20 фирмы Schneider Electric, защиты серии SPAC-800 производства “АББ Реле-Чебоксары”, устройства типа MiCOM P121, P122 Compact, P123 компании AREVA, защита типа SIPROTEC 4 7SJ61 фирмы SIEMENS и т.д. могут эффективно работать.[1] Но, до сего времени абсолютная селективность этих защит от ОЗЗ не гарантирована, так как выбор уставок имеет статистический характер, то есть расчет уставок традиционно производится на “наихудший” случай, а в распределительных сетях конфигурация часто меняется и при этом выбранная уставка может не соответствовать конкретному режиму электрической сети.

Рассмотрим расчет уставок ненаправленных токовых защит.

*Определение емкостных токов.*

Значению емкостного тока линии и соответственно, суммарного емкостного тока линий всей сети

с изолированной нейтралью рекомендуется определять следующим образом: по эмпирической формуле.[1]

$$\text{Для кабельных сетей } I_{C\Sigma} \approx \frac{U_n \times l_{\Sigma}}{10}, \quad (1)$$

$$\text{для воздушных сетей } I_{C\Sigma} \approx \frac{U_n \times l_{\Sigma}}{350}, \quad (2)$$

где  $U_n$ - номинальное напряжение сети (кВ);  $l_{\Sigma}$ - суммарная длина линий (км).

Суммарный емкостной ток сети определяется как сумма описанных выше составляющих для всех гальванически связанных линий сети.

Для более точной оценки значения емкостного тока кабельной линии можно использовать данные таблицы 1, где приведены удельные значения емкостных токов в амперах на километр в зависимости от сечения кабеля и номинального напряжения сети.

Однако отмечается, что величина емкостного тока, определенная по (1), (2), может давать погрешность порядка 40-80% по сравнению с реальным, замеренным при ОЗЗ в сети, током. Одна из причин неучет емкостей относительно земли потребителей электроэнергии, например, двигателей, а также конструкции воздушных ЛЭП и т.д. [1]

Таблица 1

Удельные значения емкостных токов в кабельных сетях (А/км)

Сечения жил кабеля мм <sup>2</sup>	Удельное значение емкостного тока $I_c$ , А/км при напряжении сети	
	6 кВ	10кВ
16	0,40	0,55
25	0,50	0,65
35	0,58	0,72
50	0,68	0,80
70	0,80	0,92
95	0,90	1,04
120	1,00	1,16
150	1,18	1,30
185	1,25	1,47
240	1,45	1,70

Рекомендуется для дальнейшего повышения точности расчетов емкостного тока сети  $I_{C\Sigma}$  использовать метод, основанный на определении тока ОЗЗ через емкость сети относительно земли: [2]

$$I_{C\Sigma} = 3U_n \omega c_{\Sigma}, \quad (3)$$

где  $U_{\phi}$ - фазное напряжение (кВ);  $\omega = 2\pi f = 314$  (рад/с);

$c_{\Sigma}$  - емкость одной фазы сети относительно земли (Ф).

$$c_{\Sigma} = 3(\sum_{i=1}^m c_i l_i + \sum_{j=1}^n c_j l_j), \quad (4)$$

где  $c_i$  – удельная емкость на фазу  $i$ -ой линии (Ф/км);

$l_i$  – длина  $i$ -ой линии (км);

$m$  - число линий (кабельных, воздушных с заземляющим тросом и без него);

$c_j$  – емкость на фазу  $j$ -го элемента сети (Ф);

$j$  - число учитываемых элементов сети, кроме ЛЭП (например, двигатель);

$n$  – общее число таких элементов.

Емкостные токи двигателей рекомендуется определять по (3), причем емкость  $C_d$  (в фарадах) для неявнополюсных синхронных двигателей и асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором рассчитывается по следующему выражению:

$$C_d \approx \frac{0,0187 S_n 10^{-6}}{1,2 \sqrt{U_n} (1 + 0,08 U_n)}; \quad (5)$$

где  $S_n$  – номинальная полная мощность двигателя (МВА);

$U_n$  - номинальное напряжение двигателя (кВ);

Для остальных типов электрических двигателей:

$$C_d \approx \frac{40 \sqrt[4]{S_n^3 10^{-9}}}{3(U_n + 3,6) \sqrt[3]{N_n}}; \quad (6)$$

где  $N_n$  – номинальная частота вращения ротора (об/мин).

В итоге для определения емкостного тока конкретного фидера суммируется все емкостные токи элементов, которые питаются от этого фидера и имеет следующий вид:

$$I_{c, \text{фид. макс.}} = I_{c \Sigma}; \quad (7)$$

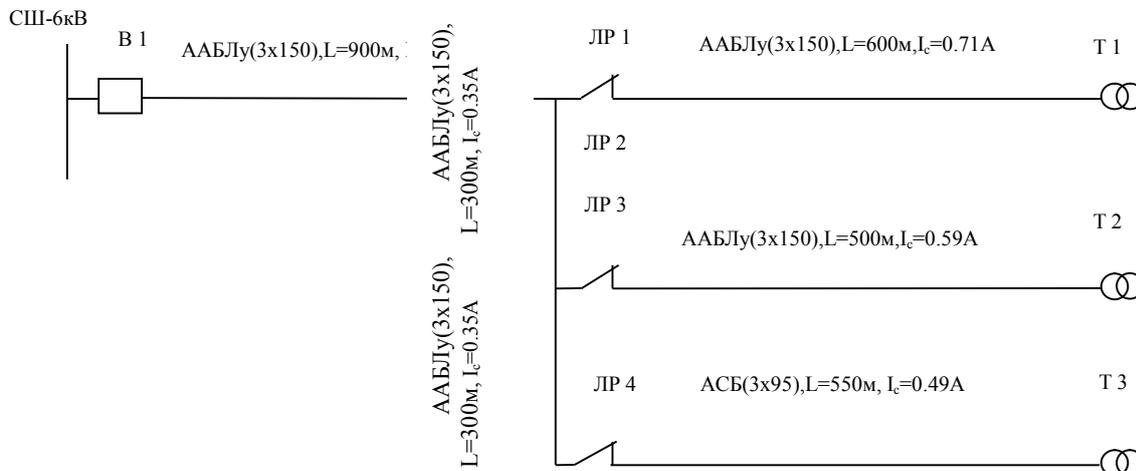
При изменении электрической схемы (например, вывод в ремонт одного из присоединений: двигатель, радиальная ЛЭП), соответственно значение  $I_{c, \text{фид. макс.}}$  меняется, что приводит к ложному срабатыванию защит от ОЗЗ. Рассмотрим этот вопрос на примере: На рис.1 приведено электрическая схема электрической сети, с указанием емкостных токов каждого участка этого фидера.

Соответственно  $I_{c, \text{фид. макс.}} = 3,55 \text{ А}$ ; Условия не срабатывания при внешнем ОЗЗ:

$$I_{c.з.} \geq k_n k_{бр.} I_{c, \text{фид. макс.}}, \quad (8)$$

$$I_{c.з.} = 1,2 \times 1,3 \times 3,55 = 5,54 \text{ А}.$$

где  $k_n \approx 1,2$  (коэффициент надежности);  $k_{бр.}$  - коэффициент «броска», учитывающий бросок емкостного тока в момент возникновения ОЗЗ, а также способность реле реагировать на него. Для современных цифровых реле  $k_{бр.} = 1 \div 1,5$  [2]



Теперь определяем емкостной ток при выводе в ремонт трансформатора Т-1, в этом режиме соответственно ЛР-1 отключен. Значение суммарного емкостного тока  $I_{c, \text{фид. макс.}} = 2,84 \text{ А}$ , что в этом режиме не соблюдается условие (8), то есть  $I_{c, \text{фид. макс.}} < I_{c.з.}$  так, как при выборе уставки защиты от ОЗЗ принято суммарный емкостной ток этого фидера когда трансформатор-1 в работе.

Для обеспечения селективной защиты от ОЗЗ для конкретного режима необходимо производить смену уставок вручную с изменением режима сети, что требует много времени и повышает вероятность ошибок в настройке защиты. По этому надо переходить к автоматической настройке уставок так, как

в современных микропроцессорных защитах имеется функция «дистанционное получение информации».

Автоматическую настройку уставок можно реализовать следующим образом: на каждом коммутационном аппарате присоединений (например ЛР-1, ЛР-2 на рис.1.), устанавливается реле «контроля положения», которое передает сигнал на расстояние в виде дискретной величины на реле защиты. В зависимости от этого сигнала (положение коммутационного аппарата: включенный или отключенный соответственно 1 или 0) автоматически меняется уставка. Для этого, сначала определяются емкостные токи каждого участка сети, которые ограничиваются коммутационными аппаратами.

Например: для участка В1- ЛР1 (рис.1.)  $I_c = 1,06 \text{ А}$ ;

для участка ЛР1-Т1  $I_c=0,71A$ ;  
 для участка ЛР2-ЛР3  $I_c=0,35A$ ;  
 для участка ЛР3-Т2  $I_c=0,59A$ ;  
 для участка ЛР3-ЛР4  $I_c=0,35A$ ;  
 для участка ЛР4-Т3  $I_c=0,49A$ ;

Значения емкостных токов вводятся в реле защиты, а ток срабатывания защиты определяется следующим образом:

$$I_{c.з.} = k_n k_{бр.} (\sum_{i=1}^n k_n I_c); \quad (9)$$

Где  $k_n$  – коэффициент «положения» коммутационного аппарата, значение которого передается дистанционно от реле положения. Значение  $k_n=1$  - при включенном положении,  $k_n=0$  - при отключенном.

Например: при отключенном ЛР1 (рис.1.) реле должно определять автоматически ток срабатывания защиты следующим образом:

$$I_{c.з.} = 1,2 \times 1,3 \times (1 \times 1,06 + 0 \times 0,71 + 1 \times 0,35 + 1 \times 0,59 + 1 \times 0,35 + 1 \times 0,49) = 4,43A$$

Теперь о передаче сигнала. Сигнал о положении коммутационного аппарата присоединений можно передать устройству защиты через интернет или через каналы АСУ ТП, что позволяет структура современных микропроцессорных защит. В качестве источника питания для реле положения можно использовать переносную аккумуляторную батарею, так как потребление современных микропроцессорных реле не значительны. При этом у этого реле должна быть функция передачи сигнала в диспетчерский пункт о значении заряда в аккумуляторе или должно систематически контролироваться персоналом. Это может оказаться трудоемким, но по сравнению с отысканием поврежденного участка, после неправильной работы защиты, соизмеримы.

**Литература:**

1. Шабад М.А. «Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей». Монография. Санкт-Петербург-2003г.
2. Журнал «Новости электротехники» №6(42)

**Рецензент: к.т.н. доцент Иманакунова Ж.С.**