

ВЫБОР УСТАВОК ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ (ЗНЗ) В СЕТИ 6 кВ (отходящая высоковольтная кабельная линия к двигателю ДАЗО-2-17-69-8/10 У1)

Исходные данные:

1) Числовое значение тока однофазного замыкания на землю в сети 6 кВ ОАО "Енакиевский металлургический завод" $I_{C\Sigma} = \quad A$ (полный емкостной ток сети);

2) Высоковольтный кабель АСБ, сечением $3 \times 185 \text{ мм}^2$ (кабельная линия от РУ-6 кВ к двухскоростному асинхронному трехфазному электродвигателю ДАЗО-2-17-69-8/10 У1):

а) номинальное напряжение сети, $U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ}$;

б) длина кабельной линии, $L_{\text{каб}}^{\text{АСБ}}_{\text{сеч.} 1 \times 185} = 0,09 \text{ км}$;

в) Емкостной удельный ток кабеля (при напряжении сети 10 кВ)

$I_{c_уд}^{\text{АСБ}}_{\text{сеч.} 3 \times 185} = 1,25 \text{ А/км}$ (согласно специализированному справочнику «Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей», 2003 год, М.А. Шабад);

3) Высоковольтный двухскоростной асинхронный трехфазный электродвигатель ДАЗО-2-17-69-8/10 У1 (паспортные данные):

а) номинальное напряжение сети, $U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ}$;

б) мощность $P_{\text{ном.двиг.}} = 1000 / 500 \text{ кВт}$;

в) частота вращения $742 / 594 \text{ об/мин}$;

г) коэффициент мощности $\cos(\varphi) = 0,88 / 0,81$;

д) коэффициент полезного действия $\eta = 93 / 92 \%$.

4) В ячейке установлена релейно-защитная аппаратура (РЗА) типа МРЗС-05-01 РСГИ.466452.007-61:

а) коэффициент возврата $k_{\text{в}}^{\text{МРЗС}} = 0,95$;

б) диапазон уставок срабатывания ЗНЗ, $3I_0 = 0,005 \dots 2000 \text{ А}$ с дискретностью $0,001 \text{ А}$.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата

003.021.009 - ЭС

5) В ячейке установлен трансформатор тока нулевой последовательности ТЗЛМ-1-2:

а) коэффициент трансформации (ориентировочный)

$$k_{\text{ТНП_ТЗЛМ-1-2}} = 30/1 = 30.$$

Расчет рабочих уставок ЗНЗ

Примечание: для данного 2хАД собственный емкостной ток имеет максимальное числовое значение при мощности 1000 кВт (высшая скорость вращения).

Собственный емкостной ток защищаемого присоединения:

$$I_{\text{с_защ.присоед.}}^{\Sigma} = I_{\text{с_ЭД}} + L_{\text{с_каб.линия}}$$

где $I_{\text{с_ЭД}}$ - собственный емкостной ток двигателя (для 2хАД – при максимальной мощности) при внешнем ОЗЗ, А;

$L_{\text{с_каб.линия}}$ - собственный емкостной ток высоковольтной кабельной линии, при внешнем ОЗЗ.

Согласно специализированному справочнику «Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей», 2003 год, М.А. Шабад:

$$I_{\text{с_ЭД}} = 0,017 \cdot S_{\text{ном.двиг.}}$$

$$S_{\text{ном.двиг.}} = \frac{P_{\text{ном.двиг.}}}{\cos(\varphi) \cdot \eta} = \frac{1000}{0,88 \cdot 0,93} = 1,222 \cdot 10^3 \text{ кВА} = 1,222 \text{ МВА}$$

Тогда,

$$I_{\text{с_ЭД}} = 0,017 \cdot 1,222 = 0,021 \text{ А}$$

Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата	003.021.009 - ЭС	Лист
							4

Собственный емкостной ток фидера при внешнем ОЗЗ (однофазном замыкании

на землю):

Расчет можно вести по эмпирической формуле:

$$I_C = \frac{U_{\text{ном}} \cdot L_{\Sigma}}{10}$$

где L_{Σ} - суммарная длина кабельных линий, км

В данном рабочем проекте, для более точной оценки значения емкостного тока кабельной линии, используем справочные («Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей», 2003 год, М.А. Шабад) данные по удельным значениям емкостных токов в амперах на километр в зависимости от сечения кабеля и номинального напряжения сети.

Тогда: $I_{c_уд}^{АСБ_сеч.3x185} = 1,25$

$$L_{c_каб.линия} = I_{c_уд}^{АСБ_сеч.3x185} \cdot L_{\Sigma} = 1,25 \cdot 0,09 \approx 0,113 \text{ А}$$

где - $L_{\Sigma} = L_{каб}^{АСБ_сеч.1x185} = 0,09$ км - длина кабельной линии от ячейки РУВН-6кВ до линейных высоковольтных вводов электродвигателя;

- $I_{c_уд}^{АСБ_сеч.3x185} = 1,25$ А/км - емкостной удельный ток кабеля АСБ3x185 мм²

(при напряжении сети 6 кВ), согласно специализированному справочнику «Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей», 2003 год, М.А. Шабад.

Следовательно собственный емкостной ток защищаемого присоединения:

$$I_{c_защ.присоед.}^{\Sigma} = I_{c_ЭД} + L_{c_каб.линия}$$

$$I_{c_защ.присоед.}^{\Sigma} = 0,021 + 0,113 = 0,133 \text{ А}$$

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата

Условие несрабатывания при внешнем ОЗЗ:

Примечание: Считаем, что суммарный емкостной ток сети $I_{C\Sigma}$ (минимально возможный из всех режимов работы сети) существенно превышает собственный емкостной ток любого фидера (при внешнем ОЗЗ).

$$I_{с.з. _ ОЗЗ} \geq k_n \cdot k_{бр} \cdot I_{с _ фидер}$$

где k_n - коэффициент надежности, $k_n = 1,2$;

$k_{бр}$ - коэффициент «броска», учитывающий бросок емкостного тока в момент возникновения ОЗЗ, а также способность реле реагировать на него. При применении цифрового реле МРЗС $k_{бр} = 1 \div 1,5$. Принимаем с запасом $k_{бр} = 1,5$;

$I_{с _ фидер} = I_{с _ защ. присоед.}^{\Sigma} = 0,133$ А - собственный емкостной ток фидера при внешнем ОЗЗ.

Тогда ток срабатывания ЗНЗ в амперах (первичных):

$$I_{с.з. _ ОЗЗ} = I_{с.з. _ ОЗЗ}^{\text{Линия к 2хАД_ДАЗО-2-17-69-8/10 У1}} \geq 1,2 \cdot 1,5 \cdot 0,133 = 0,24 \text{ А}$$

Вторичный ток срабатывания ЗНЗ (уставка цифрового реле МРЗС):

$$I_{с.з. _ ОЗЗ}^{\text{вторич. МРЗС}} = \frac{I_{с.з. _ ОЗЗ}^{\text{Линия к 2хАД_ДАЗО-2-17-69-8/10 У1}}}{k_{ТНП_ТЗЛМ-1-2}}$$

$$I_{с.з. _ ОЗЗ}^{\text{вторич. МРЗС}} = \frac{0,24}{30} = 0,008 \text{ А}$$

Числовое значения уставки срабатывания ЗНЗ во вторичных токах находится в диапазон чувствительности по входу $3I_o$ терминала МРЗС ($3I_o = 0,005 \dots 2000$ А с дискретностью 0,001 А). Принимаем уставку ЗНЗ (с учетом коэффициента трансформации) $3I_o = 0,008$ А.

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата	003.021.009 - ЭС	Лист
							6
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата		

Для отстройки от бросков емкостного тока в момент возникновения ОЗЗ дополнительно принимаем минимальную выдержку времени 50 мс.

Условие срабатывания (чувствительности):

Емкостной ток, проходящий через трансформатор тока нулевой последовательности (ТНП) поврежденной линии, равен сумме емкостных токов всех неповрежденных линий или, иначе говоря, полному емкостному току сети $I_{C\Sigma}$, за вычетом тока, замыкающегося через емкость поврежденной линии.

$$I_C^{ТНП} = I_{C\Sigma} - I_{c_фидер}$$

Чувствительность защиты при замыканиях на землю на защищаемой линии проверяется по отношению токов, протекающих через ТНП поврежденной линии, к току срабатывания защиты:

$$k_{чув}^C = \frac{I_C^{ТНП}}{I_{с.з. _ ОЗЗ}}$$

Для электродвигателя коэффициент чувствительности защиты ЗНЗ должен быть больше $k_{чув}^C \geq 2$.

Р.С.: Так как полный емкостной ток сети 6 кВ ОАО "Енакиевский металлургический завод" ($I_{C\Sigma}$) на момент расчета неизвестен (его числовое значение получается экспериментальным путем), то проверки чувствительности выполнить невозможно. Но в целом можно считать что расчет выполнен правильно, так как почти всегда заводские сети высокого напряжения (в данном случае 6 кВ) имеет очень разветвленный характер и довольно существенный ток замыкания на землю (иногда даже больше 5 А).

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подп.	Дата	003.021.009 - ЭС	Лист
							7