

6. ВЫБОР ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНПРЯЖЕНИЯ (ОПН) В СЕТИ 10 кВ

Исходные данные:

1) Емкостной ток замыкания на землю в сети 10 кВ (ПС 110/10/6 кВ «Заречная»):

$$I_{C_1сш} = 20 \text{ А};$$

2) Наибольшее допустимое линейное рабочее напряжение сети $U_{нр} = 11 \text{ кВ}$.

3) Номинальное линейное рабочее напряжение сети $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$.

4) Действующее значение периодической составляющей тока при трехфазном максимальном коротком замыкании на РУВН-10 кВ ТП-10/0,4 кВ № 1335А, $I_{max}^{(3)} = 10096,528 \text{ А}$.

5) Нормируемая форма волны коммутационного импульса тока – 30/60 мкс и грозового импульса 8/20 мкс.

6) Тип установленного ограничителя перенапряжения PolimD-12N, фирмы «ABB»;

7) Удельная поглощаемая энергия ОПН PolimD-12N, фирмы «ABB» -

$$W_{удельная}^{ОПН \text{ PolimD-12N}} = 1,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кВ}}$$

Проверка ОПН на наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение:

$$U_{нро} = \frac{U_{нр}}{K_t}$$

K_t - коэффициент, равный отношению допустимого изготовителем повышения напряжения в течении времени t к наибольшему длительно допустимому рабочему (или номинальному) напряжению ограничителя. Значения K_t определяют для значения t_{033} по зависимости «допустимое повышение напряжения – время» для случая с предварительным нагружением нормируемым импульсом энергии, которую дает завод-изготовитель ОПН.

$K_t = 1,11$ - ОПН - PolimD-12N, фирмы «ABB»;

Расчетное значение $U_{нро}$:

$$U_{\text{НРО_PolimD-12N_расч}} = \frac{11}{1,11} = 9,91 \text{ кВ}$$

Принимаем значение $U_{\text{НРО}}$ в номенклатуре завода:

$$- U_{\text{НРО_PolimD-12N}} = 12 \text{ кВ (PolimD-12N)};$$

Условие выбора ОПН по наибольшему длительно допустимому рабочему напряжению выполняется $U_{\text{НРО_PolimD-12N}} = 12 \text{ кВ} > U_{\text{НРО_PolimD-12N_расч}} = 9,91 \text{ кВ}$;

Выбор ОПН по условиям обеспечения взрывобезопасности:

Для исключения взрывного разрушения покрышки ОПН при его внутреннем повреждении необходимо, чтобы нормируемый ток взрывобезопасности ограничителя $I_{\text{вб}}$ на 15-20% превышал наибольший из токов короткого замыкания, определяемый для точки подключения ограничителя.

$I_{\text{вб}} = 20 \text{ кА (ОПН PolimD-12N)} > I_{\text{max}}^{(3)} = 10096,528 \text{ А}$, и следовательно данный тип ограничителя принимается к установке в ячейках КРУ-10 кВ подстанции ТП-10/0,4 кВ № 1335 А стадиона «Металлист».

Выбор ОПН по номинальному разрядному току:

Примечание: Производится в случае установки ОПН для защиты от грозовых перенапряжений. При этом номинальный разрядный ток должен быть не менее 5 кА.

Цель установки данных проверяемых ОПН - защита кабельной сети 10 кВ от коммутационных перенапряжений, от перенапряжений инициируемых вакуумными выключателями.

Паспортные данные, устанавливаемых ОПН:

$$- I_{\text{разрядный_ток}} = 10 \text{ кА (ОПН PolimD-12N)}.$$

Следовательно данный тип ограничителя принимается к установке в КРУ-10 кВ подстанции ТП-10/0,4 кВ № 1335 А.

Выбор длины пути утечки ОПН:

Длина утечки (паспортные данные):

– $L_{\text{мин_утечки_паспорт}} = 306$ мм (PolimD-12N, $U_{\text{нро}} = 12$ кВ). Длина пути утечки внешней изоляции по ГОСТ 9920-89 должна быть не менее 130 мм для электрооборудования класса напряжения 10 кВ.

Так как данные проверяемые ОПН будут эксплуатироваться в условиях закрытого распределительного устройства, выбор по длине пути утечки не производится.

Выбор энергоемкости ОПН:

В сетях 10кВ наибольшие энергетические воздействия на ОПН будут существовать при дуговых перенапряжениях в режиме однофазного замыкания на землю. Токовые и энергетические воздействия на ограничитель и рассеиваемая им энергия в этом режиме определяется расчетами переходных процессов при дуговых ОЗЗ с учетом величины тока замыкания, степени его компенсации и наличия токоограничивающих реакторов.

Суммарная расчетная энергия, выделяемая в ОПН за время ограничения перенапряжений, должна быть не более нормируемой для него энергии:

$$W_{\Sigma} \leq W_{\text{ОПН}}$$

Максимальную суммарную энергию W_{Σ} , рассеиваемую в ОПН при коммутационных перенапряжениях, можно оценить по формуле:

$$W_{\Sigma} = \frac{I_C \cdot K_{\text{max}}^2 \cdot U_{\text{нр}}^2}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot \omega \cdot U_{\text{ном}}}$$

где - $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314$ – угловая частота напряжения сети, рад/с;

K_{max} - максимальная кратность внутренних перенапряжений (при отсутствии специальных исследований следует принимать $K_{\text{max}} = 5$);

При подстановке числовых значений $U_{\text{ном}}$, $U_{\text{нр}}$ - в кВ, I_C - в А.

$$W_{\Sigma} = \frac{20 \cdot 5^2 \cdot 11^2}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 314 \cdot 10} = 3,708 \text{ кДж}$$

$$W_{\Sigma} = 3,708 \text{ кДж} \leq W_{\text{ОПН_PolimD-12N}} = 16,5 \text{ кДж} \text{ (ОПН PolimD-12N, } U_{\text{нрО}} = 12 \text{ кВ)}.$$

Следовательно данный тип ограничителя принимается к установке в КРУ-10 кВ подстанции ТП-10/0,4 кВ № 1335 А.

Определение защитного уровня ограничителя при коммутационных перенапряжениях:

Величина коммутационных перенапряжений определяет значение остающегося напряжения на ограничителе, которое должно быть при расчетном токе коммутационных перенапряжений не более выдерживаемого напряжения изоляцией защищаемого электрооборудования.

Примечание: цель установки данных проверяемых ОПН - защита кабельной сети 10 кВ от коммутационных перенапряжений, от перенапряжений инициируемых вакуумными выключателями.

Принимаем с запасом в качестве расчетного тока $I_{\text{амплитуда_импульса}} = 500 \text{ А}$ (при коммутационных импульсах тока 30/60 мкс) и определяем для ОПН PolimD-12N остающееся напряжение коммутационного импульса тока $U_{500} = 33,2 \text{ кВ}$.

Выдерживаемый уровень перенапряжений изоляцией силового кабеля 10 кВ (а также муфт), согласно нормам ПТЭЭП и ГОСТ 13781.0-86Е не менее

$$U_{\text{изоляция_кабеля_10кВ}} \geq 60 \text{ кВ (испытательное напряжение выпрямленного тока)}.$$

$$\text{Имеем } U_{\text{изоляция_кабеля (муфт)_10кВ}} \geq 60 \text{ кВ} \geq U_{500}^{\text{PolimD-12N}} = 33,2 \text{ кВ}.$$

Уровень выдерживаемых напряжений электрооборудованием 3-35 кВ (в частности 10 кВ) при коммутационных перенапряжениях определяется уровнем испытательных напряжений, которое нормируется ГОСТ 1516.1. Переход от испытательного напряжения к выдерживаемому изоляцией оборудования уровню коммутационных перенапряжений ($U_{\text{выд}}$) определяется, исходя из одноминутного испытательного напряжения при частоте 50 Гц ($U_{1\text{мин}}$), которое нормируется.

$$U_{\text{выд}} = K_{\text{и}} \cdot K_{\text{к}} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{1\text{мин}}$$

где $K_{и} = 1,35$ (для трансформаторов и электрических машин) - коэффициент импульса, учитывающий упрочнение изоляции при более коротком импульсе по сравнению с испытательным;

$K_{к} = 0,9$ (для трансформаторов и электрических машин) - коэффициент кумулятивности, учитывающий многократность воздействий перенапряжений и возможное старение изоляции.

$U_{1\text{ мин}}^{\text{Тр-р Trihal 10/0,4 кВ}} = 28$ кВ – одноминутное испытательное напряжения при частоте 50 Гц трансформатора Trihal 10/0,4 кВ (S = 1000 кВА), согласно специализированному каталогу фирмы «Schneider Electric».

$$U_{\text{вЫд}}^{\text{Тр-р Trihal 10/0,4 кВ}} = K_{и} \cdot K_{к} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{1\text{ мин}}^{\text{Тр-р Trihal 10/0,4 кВ}} = 1,35 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{2} \cdot 28 = 48,112 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{изоляция}}_{\text{Тр-р Trihal 10/0,4 кВ}_{10\text{кВ}}} = 48,112 \geq U_{500}^{\text{PolimD-12N}} = 33,2 \text{ кВ}$$

Следовательно выбранный ОПН PolimD-12N удовлетворяет параметрам, определенным в соответствии с условиями эксплуатации.