

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ҚИШЛОҚ ВА СУВ ХЎЖАЛИК ВАЗИРЛИГИ  
ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**



**«ЭЛЕКТРОТЕХНИК МАТЕРИАЛЛАР»**

**фанидан**

**РЕАКТОРДАГИ ИЗОЛЯЦИЯЛАНГАН  
ЎКАЗГИЧНИ ҲИСОБЛАШ**

**мавзусида амалий машғулоти**

**Тошкент 2017**

## Выбор токоограничивающих реакторов с одной обмоткой

Основное назначение токоограничивающих реакторов это снижение токов короткого замыкания за реактором до требуемого уровня. Снижение токов КЗ может потребоваться например для снижения сечения кабелей, для ограничения отключающей способности выключателя или по минимальному допустимому напряжению на шинах (это делается если нужно обеспечить самозапуск двигателей).

Основное назначение токоограничивающих реакторов это снижение токов короткого замыкания за реактором до требуемого уровня. Снижение токов КЗ может потребоваться например для снижения сечения кабелей, для ограничения отключающей способности выключателя или по минимальному допустимому напряжению на шинах (это делается если нужно обеспечить самозапуск двигателей).

При выборе и проверке токоограничивающих реакторов должны выполняться условия:

номинальное напряжение  $U_{уст} \leq U_{ном}$ ;

номинальный длительный ток  $I_{расч} < I_{ном}$ ;

электродинамическая стойкость  $i_y \leq i_{пр.с}$



где:

$i_y$  – ударный ток КЗ, берется из расчета токов короткого замыкания;

$i_{пр.с}$  – ток динамической стойкости, согласно каталогу;

ток термической стойкости:

$$I_{ном.тер.} \geq I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{пр}}$$

где:

$I_{\infty}$  — установившийся ток КЗ за реактором, кА;

$t_{пр}$  – время короткого замыкания, с;

В основном термическая стойкость реакторов высока. Проверка на термическую стойкость может понадобиться лишь для реакторов с малым относительным сопротивлением и при большой длительности КЗ.

## Как работает токоограничивающий реактор

Основу конструкции составляет обмотка катушки, обладающей индуктивным сопротивлением, включенным в разрыв основной цепи питания. Ее параметры подбирают таким образом, чтобы при нормальных условиях эксплуатации падение напряжения на ней не превышало четырех процентов от общей величины.

При возникновении аварийной ситуации в защищаемой схеме эта индуктивность гасит большую часть приложенного высоковольтного напряжения и таким образом ограничивает действие ударного тока.

Токоограничивающий реактор рассчитывают по величине максимального тока аварии  $I_m$ , которому он может противостоять по выражению:

$$I_m = (2,54 I_n / X_p) \times 100\%$$

В формуле  $I_n$  обозначает значение номинального тока, а  $X_p$  — величину реактивного сопротивления обмотки.

Приведенная закономерность наглядно показывает, что увеличение индуктивности катушки ведет к уменьшению ударного тока.

Реактивные свойства обмоток обычно повышают подключением магнитопровода из стальных пластин. В конструкциях подобных реакторов при протекании больших токов по виткам происходит насыщение материала сердечника, что ведет к потере его токоограничивающих свойств. Поэтому от таких конструкций в большинстве случаев отказываются.

Токоограничивающие реакторы, как правило, изготавливают без использования стальных сердечников. Из-за необходимости достижения требуемой индуктивности они обладают повышенными габаритами и весом.

## **Что такое ударный ток короткого замыкания**

При номинальном режиме высоковольтная энергия питания расходуется на преодоление полного сопротивления подключенной электрической схемы, состоящего из активной и реактивной нагрузки с индуктивными и емкостными связями. При этом создается рабочий ток, сбалансированный приложенной мощностью, напряжением, полным сопротивлением цепи.

Во время короткого замыкания происходит шунтирование огромной мощности источника случайным подключением нагрузки с маленьким активным сопротивлением, характерным для металлов. В ней отсутствует реактивная составляющая.

Это КЗ устраняет созданное равновесие в рабочей схеме, формирует новые виды токов. При этом переход источника напряжения на режим короткого замыкания происходит не мгновенно, а слегка растянут по времени. Такой кратковременный период называют переходным. При его протекании токи нагрузки изменяют форму и величину от значения гармоничной синусоиды номинального режима до характеристик установившегося подключения к «металлическому замыканию».

В ходе протекания переходных процессов полный ток от КЗ представляет собой вид сложной формы, которую для упрощения расчетов и анализа разделяют минимум на две составляющие:

1. вынужденную периодическую;
2. свободную аperiodическую.

# Пример выбора токоограничивающего реактора с одной обмоткой

На подстанции Б2СР требуется ограничить токи короткого замыкания до уровня 8 кА. В настоящее время на шинах РУ-10 кВ максимальный ток короткого замыкания составляет 11,5 кА, когда РПН находится в минусовом положении. Поясняющая схема представлена на рис.1.

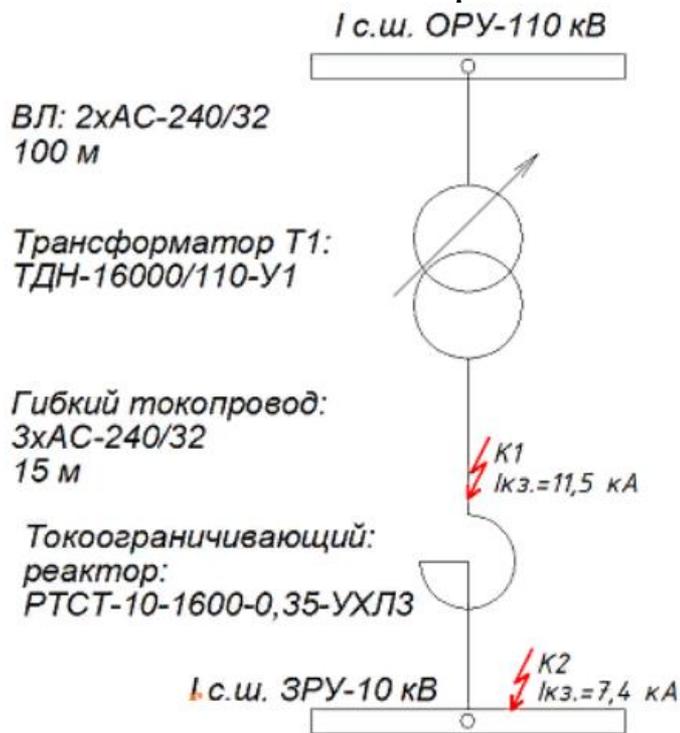


Рис.1 — Поясняющая схема

Значение суммарного сопротивления в точке К1 без установленного реактора составляет  $X=0,47$  Ом и  $R=0,016$  Ом. Значения сопротивления кабеля от реактора до РУ-10 кВ не учитывается, в связи с не большой длиной кабельной линии.

1. Определяем допустимый расчетный ток, исходя из мощности трансформатора ТДН-16000/110-У1:

$$I_{расч.} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 924 \text{ А}$$

Предварительно выбираем токоограничивающий реактор с вертикальным расположением фаз типа РТСТ-10-1600-0,35-У3, номинальное индуктивное сопротивление составляет 0,35 Ом.

2. Определяем суммарное сопротивление с учетом установки реактора:

$$X_{\Sigma} = X_c + X_p = 0,47 + 0,35 = 0,82 \text{ Ом}$$

3. Определяем ток в месте короткого замыкания, приведенный к действующему напряжению 10,5 кВ, равен:

$$I_{к0} = \frac{U_{ВН}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,82} = 7,4 \text{ кА} \leq 8 \text{ кА (условие выполняется)}$$

4. Определяем ударный ток КЗ:

$$K_{\text{уд.}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3}{X_{\Sigma} / R_{\Sigma}}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3}{0,82 / 0,016}} = 1,94$$

$$i_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{н0}} \cdot K_{\text{уд.}} = \sqrt{2} \cdot 7,4 \cdot 1,94 = 20,3 \text{ кА}$$

5. Определяем ток термической стойкости:

$$I_{\text{ном.тер.}} \geq I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}} = 7,4 \cdot \sqrt{1,2} = 8,1 \text{ кА}$$

где:

- ⊙  $I_{\infty}$  — установившейся ток КЗ за реактором, кА;
- ⊙  $t_{\text{пр}} = 1,2$  с – время отключения резервной защиты тр-ра короткого замыкания;

Все каталожные и расчетные данные сводим в таблицу 2.

№ п/п	Расчетные данные	Каталожные данные	Условие выбора
		Реактор токоограничивающий РТСТ-10-1600-0,35-У3	
1	$U_{уст}=10 \text{ кВ}$	$U_{ном}=10 \text{ кВ}$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
2	$I_{расч}=924 \text{ А}$	$I_{ном}=1600 \text{ А}$	$I_{расч} < I_{ном}$
3	$i_y=20,3 \text{ кА}$	$i_{пр.с}=37,2 \text{ кА}$	$i_y \leq i_{пр.с}$
4	$I_{терм.р.}=8,1 \text{ кА}$	$I_{ном.терм.}=14,6 \text{ кА}$	$I_{терм.р.} \leq I_{ном.терм.}$

Таким образом, выбранный токоограничивающий реактор типа РТСТ-10-1600-0,35-У3 соответствует условиям выбора.