

УДК 62

**МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА «SERAM» СИЛОВОГО
ДВУХОБМОТОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА. РАСЧЕТ УСТАВОК РЗ****Лесков Иван Алексеевич**

студент

Троценко Владислав Михайлович

студент

Темников Евгений Александрович

студент

Агафонов Никита Константинович

студент

Калимуллин Алик Талгатович

ассистент

Христич Дмитрий Евгеньевич

ассистент

Омский государственный технический университет, Омск

author@apriori-journal.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрим основные виды защит силовых двухобмоточных трансформаторов распределительных сетей. А как основное устройство релейной защиты с широким спектром применения в сетях 6-35 кВ рассмотрим на примере устройства «Seram 1000+», выпускаемой электротехнической фирмой «Schneider Electric». Так же был произведен расчёт уставок РЗ для цифровых реле «Seram» и анализ полученных осциллограмм аварийных процессов.

Ключевые слова: уставки; силовой трансформатор; релейная защита; токовая отсечка; Seram.

PROTECTION RELAYS «SEPAM» TWO-WINDING POWER TRANSFORMER. CALCULATION OF SETTING RD

Leskov Ivan Alekseevich
student

Trotsenko Vladislav Mikhailovich
student

Temnikov Evgeny Aleksandrovich
student

Agafonov Nikita Konstantinovich
student

Kalimullin Alik Talgatovich
teaching assistant

Hristich Dmitry Evgenyevich
teaching assistant

Omsk state technical university, Omsk

Abstract. In this article we consider the basic types of protection of two-winding power distribution transformers. And as the main unit of relay protection with a broad range of applications in networks of 6-35 kV by the example of the device «Sepam 1000+», produced by electrical «Schneider Electric». The same was made the calculation settings for the digital relay RE «Sepam» and analysis of the disturbance processes.

Key words: settings; power transformers; relay protection; current cutoff; Sepam.

Повреждения и ненормальные режимы работы трансформаторов

Понижающие трансформаторы 6,3/0,4 кВ и 10,5/0,4 кВ применяются для питания низковольтных потребителей, в частности, электродвигателей, освещения и других электроприёмников [5].

Данные трансформаторы имеют широкое применение на любых промышленных предприятиях.

В процессе эксплуатации трансформатора могут возникать повреждения и ненормальные режимы работы.

Во избежание длительных воздействий при повреждениях и ненормальных режимах работы применяются токовые защиты – отсечка или продольная дифференциальная отсечка, максимальная токовая защита и защита от перегрузки используются на всех трансформаторах и автотрансформаторах.

На всех маслонаполненных трансформаторах наружной установки мощностью более 6,3 МВА применяется газовая защита [5].

Защита силовых трансформаторов распределительных сетей

Для защиты трансформаторов мощностью до 4 МВ·А может применяться токовая отсечка [3]. На трансформаторах 6,3 МВ·А и более должна устанавливаться продольная дифференциальная защита. Известно, что мощности трансформаторов 6,3/0,4 кВ (10,5/0,4 кВ) не превышают 2500 кВ·А (в исключительных случаях 4000 кВ А). Поэтому для защиты вводов и части первичной обмотки этих трансформаторов применяется токовая отсечка. Если применение токовой отсечки не позволяет обеспечить чувствительность защиты ($k_{\text{ч}} 1,5$), то для трансформаторов мощностью более 1000 кВ·А применяют продольную дифференциальную защиту. Продольная дифференциальная защита должна устанавливаться на крупных трансформаторах мощностью 6,3 МВт и более. Она используется в качестве основной быстродействующей защиты от всех видов КЗ в обмотках трансформатора, КЗ на выводах и в соединениях с шинами высшего и низкого напряжений [3]. По условиям селективности токовая отсечка не должна срабатывать при КЗ на стороне 0,4 кВ. Это обеспечивается правильным выбором значений параметров срабатывания этой защиты. Уставка срабатывания реле выбирается больше значения тока трехфазного КЗ на стороне 0,4 кВ. В зону действия токовой

отсечки входят выводы обмотки 6,3 (10,5) кВ, часть первичных обмоток трансформатора, а также кабель, соединяющий трансформатор с выключателем Q1.

Данная защита относится к основным защита трансформатора и действует без выдержки времени на его отключение.

Чувствительность ТО проверяется по коэффициенту чувствительности защиты со стороны 6,3 (10,5) кВ:

$$k_{\text{ч}} = I_{\text{кз}}^{(2)} / I_{\text{ср.з}}, \quad (1)$$

где: $k_{\text{ч}}$ – коэффициент чувствительности в основной зоне работы защиты;

$I_{\text{кз}}^{(2)}$ – ток двухфазного КЗ на выводах выключателя со стороны 6,3 (10,5) кВ;

$I_{\text{ср.з}}$ – значение уставки тока срабатывания защиты.

Максимальная токовая защита (МТЗ) трансформатора устанавливается со стороны вводов 6,3 (10,5) кВ и является одновременно защитой ввода рабочего питания 0,4 кВ. Выбор уставок срабатывания МТЗ осуществляется из условия несрабатывания защиты при самозапуске электродвигателей. Причем, значения токов самозапуска могут значительно превышать номинальные значения токов трансформатора [5].

Ток срабатывания защиты, с учетом отстройки от режима самозапуска электродвигателей, определяют из выражения [1]:

$$I_{\text{с.з}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{сзп}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{раб.макс}}, \quad (2)$$

где: $k_{\text{н}}$ – коэффициент надежности несрабатывания защиты;

$k_{\text{в}}$ – коэффициент возврата максимальных реле тока;

$k_{сзп}$ – коэффициент самозапуска нагрузки, отражающий увеличение рабочего тока $I_{раб.макс}$ за счет одновременного пуска всех электродвигателей, которые затормозились при снижении напряжения во время возникновения КЗ.

$k_n = 1,1$, а значение $k_v = 0,935 \pm 0,05$ [2].

Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в сети 6,3 (10,5) кВ. Выполнение этой защиты зависит от режима работы нейтрали. Она выполняется, как и аналогичные защиты от однофазных замыканий на землю других присоединений сети 6,3 (10,5) кВ. Защита относится к основным защита трансформатора и действует на отключение или на «сигнал». При возникновении ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью (в соответствии с ПТЭ [4]) допускается работа сети не более 2 часов. Защита от ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью или в сети с заземлением нейтрали через высокоомный резистор может работать на сигнал или на отключение.

Защита от симметричных перегрузок на стороне 6,3 кВ (10,5 кВ) предназначена для выявления режима симметричных перегрузок защищаемого трансформатора. Защита от симметричных перегрузок действует на сигнал. Защита от симметричных перегрузок не устанавливается на реактированных линиях напряжением 6,3 (10,5) кВ.

При согласовании защит с применением принципа временной селективности срабатывание последующей защиты увеличивается на ступень селективности по отношению к предыдущей защите [1]:

$$t_{ср.посл} = t_{ср.пред} + \Delta t, \quad (3)$$

где: $t_{ср.посл}$ – время срабатывания последующей защиты,

$t_{ср.пред}$ – время срабатывания предыдущей защиты,

Δt – ступень селективности по времени.

Степень селективности защиты для терминалов «Seram» по времени выбирается из выражения:

$$\Delta t = t_{\text{откл}} + t_{\text{возвр}} + t_{\text{погр1}} + t_{\text{погр2}} + t_{\text{зап}}, \quad (4)$$

Чувствительность МТЗ проверяется по коэффициенту чувствительности защиты со стороны 0,4 кВ:

$$k_{\text{ч}} = I_{\text{кз}}^{(2)} / I_{\text{ср.з}}, \quad (5)$$

Микропроцессорное устройство релейной защиты «Seram 1000+»

Известная электротехническая фирма «Schneider Electric» выпускает и поставляет в Россию различное электрооборудование и в том числе микропроцессорные (цифровые) реле-терминалы серии «Seram» [2].

Применяемые при разработке этой серии технические решения позволили создать фактически универсальные устройства релейной защиты с широким спектром применения в сетях 6-35 кВ. Цифровые терминалы серии «Seram 1000+» обладают всеми стандартными функциями микропроцессорных защит: измерением, релейной защитой, системной автоматикой, самодиагностикой, диагностикой работы коммутационного аппарата и сети, цифровым осциллографированием и имеют связь с системой АСУ по интерфейсу RS-485 с открытым протоколом MODBUS. Данные устройства имеют модульную конструкцию и программное формирование защит [2].

Применяя эти принципы при построении терминалов «Seram» компания «Schneider Electric» предлагает потребителю многофункциональные программируемые устройства для различных применений в системах релейной защиты и системной автоматики.

Устройства Seram имеют модульную конструкцию, позволяющую гибко выбирать конфигурацию устройства.

Произведем расчёт уставок токовой отсечки, МТЗ, защиты от перегрузки и защиты от замыкания на землю в соответствии с исходными данными приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Мощность трансформатора $S_{тр}$ (кВА)	2500
Номинальное напряжение U_n (кВ)	10
Максимальный рабочий ток $I_{раб.макс.}$ (А)	175
Коэффициент трансформации трансформаторов тока Ктт	300/5
Коэффициент трансформации трансформаторов напряжения Ктн	6000/230
Базисный ток $I_{баз}$ (А)	125
Ток трёхфазного КЗ за трансформатором $I_{кз}^{(3)}$ (А)	646
Ток двухфазного КЗ за трансформатором $I_{кз}^{(2)}$ (А)	555
Ток двухфазного КЗ вначале линии $I_{к1}^{(2)}$ (А)	1486
Тип силового кабеля W1	ААШв 3x150
Длина W1 (км)	0.8
Суммарный ёмкостной ток сети $I_{сз}$ (А)	5,2
Действие защиты от ОЗЗ	откл.

Токовые цепи релейной защиты соединены в схему полной звезды. Коэффициент самозапуска нагрузки $k_{сзп} = 2$.

Произведенные расчеты уставок в соответствии с методикой расчёта для МП-устройства «Seram» сведены в таблицу 2.

При расчете уставок так же были получены осциллограммы аварийных процессов.

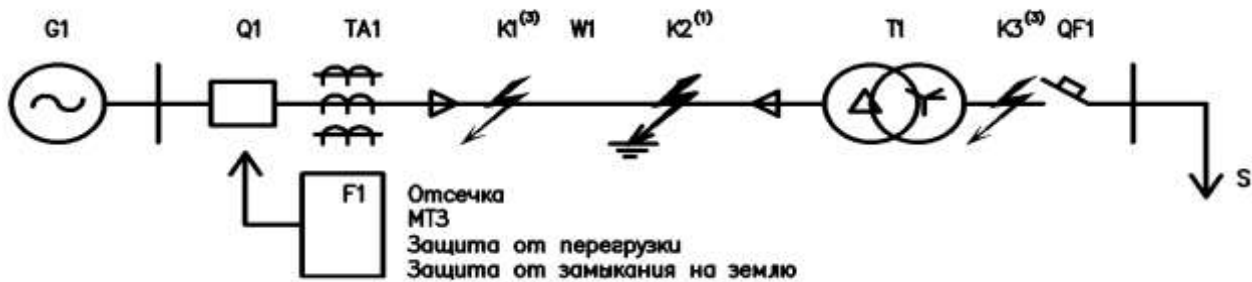


Рис. 1. Структурная схема защиты силового трансформатора

Таблица 2

Полученные параметры защит для «Seram»

Название защиты	Код ANSI	№ ступени	Ток срабатывания защиты	Тип кривой аварийного отключения	Выдержка времени	Козф. чувств.	Удержание защиты	Назначение защиты на выходные реле	Назначение защиты на лампы	Сообщение персонализации	Осциллографирование
Защита от замыкания на землю	50N/51N	1	60,62 кА	Независимая	100 мс	1,327	Да	О1 – по варианту, О11	L4	ОЗЗ	Да
Защита от перегрузки	50/51	3	68,08 кА	Независимая	3 с	-----	Да	О1	L3	Перегрузка	Да
Максимальная токовая защита	50/51	2	176,47	Независимая	500 мс	1,349	Да	О1, О12	L2, L9	МТЗ	Да
Токвая отсечка	50/51	1	304,7	Независимая	50 мс	2,091	Да	О1, О12	L1, L9	Отсечка	Да

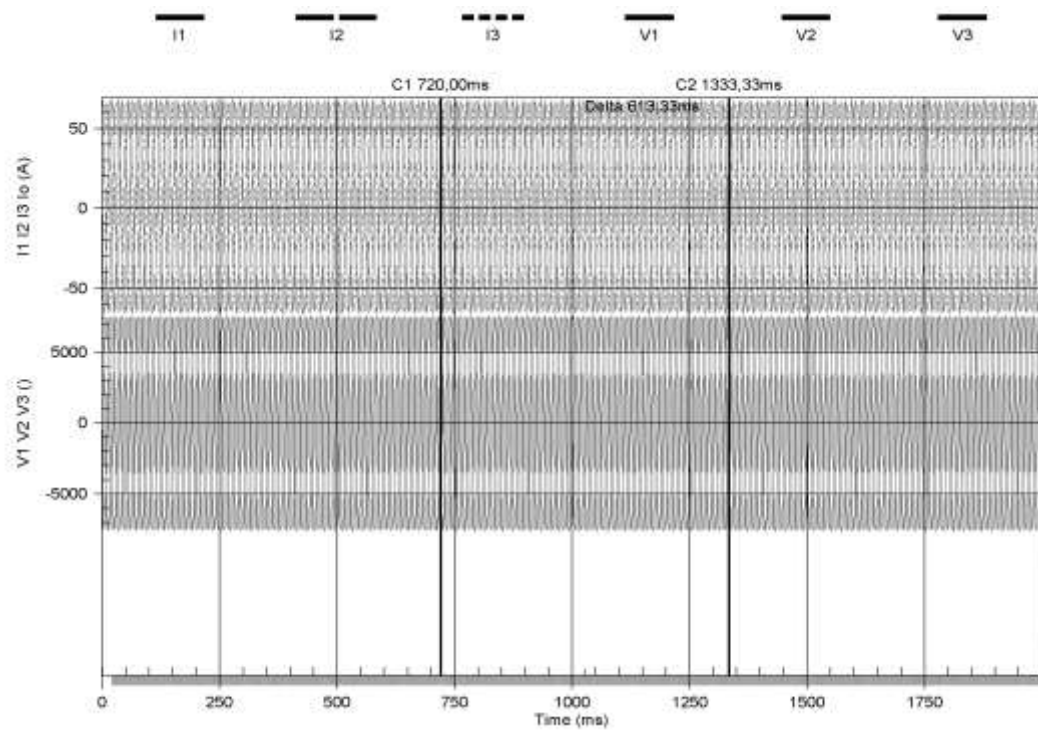


Рис. 2. Осциллограмма токов при коротком замыкании за трансформатором и срабатывании МТЗ

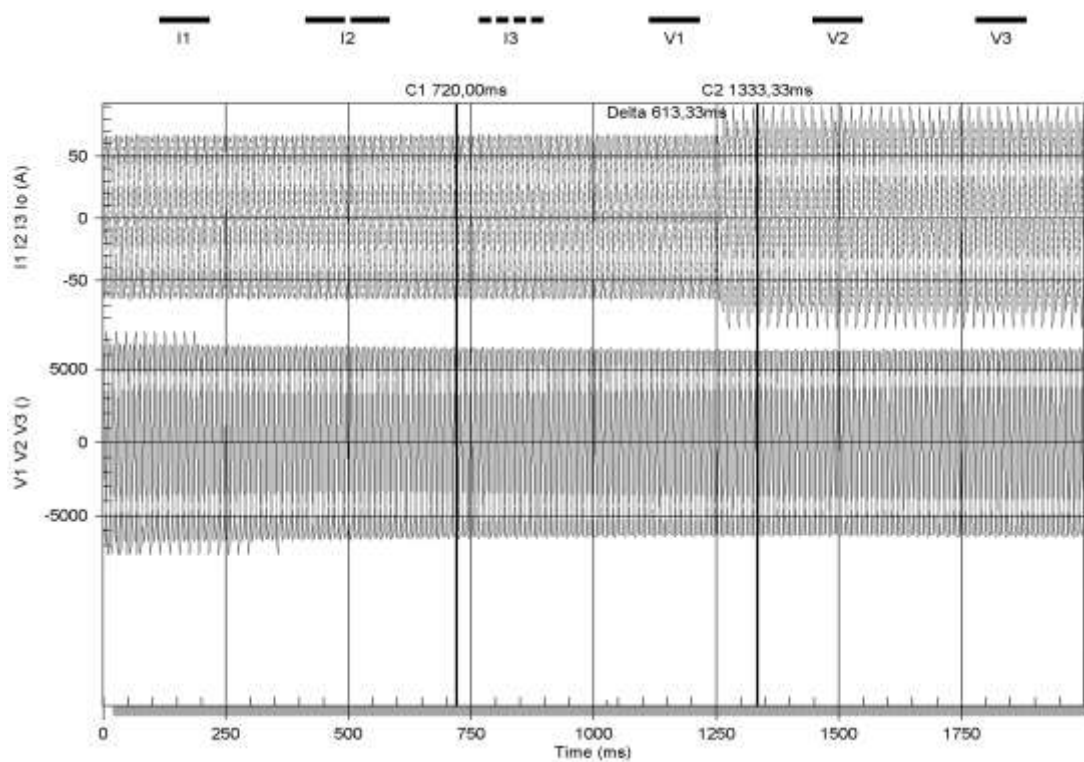


Рис. 3. Осциллограмма токов при коротком замыкании в начале линии и срабатывании отсечки

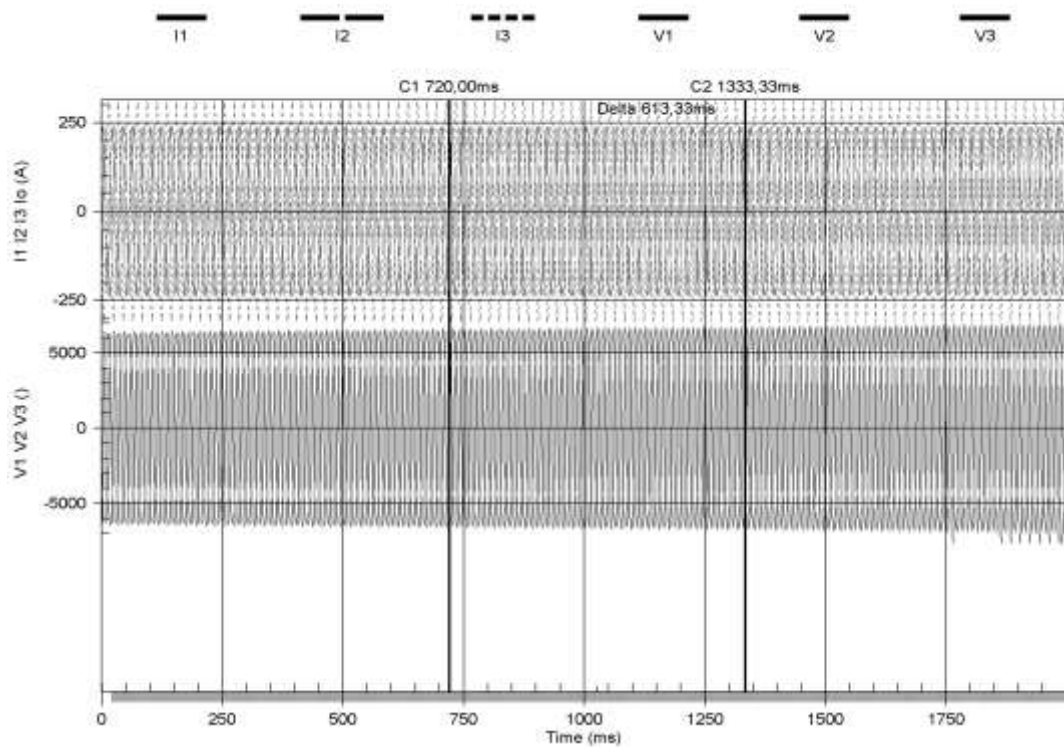


Рис. 4. Осциллограмма тока нулевой последовательности ОЗЗ на линии и срабатывании защиты от ОЗЗ

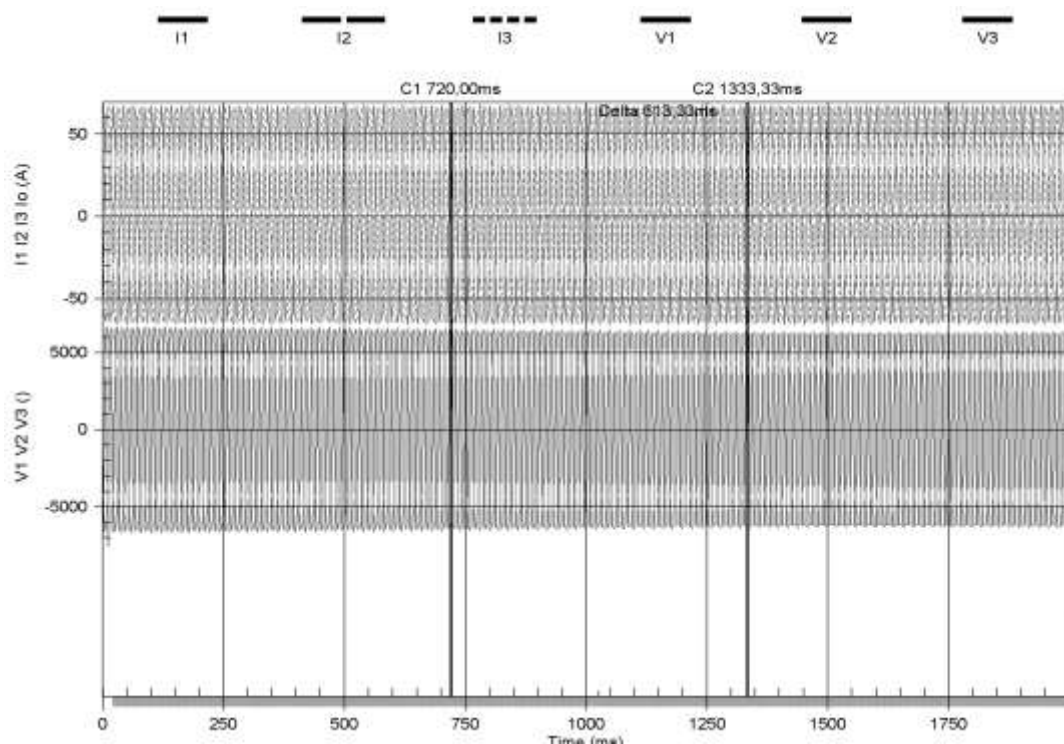


Рис. 5. Осциллограмма токов и напряжений при перегрузке трансформатора и срабатывании защиты от симметричных перегрузок

Исходя из полученных результатов и осциллограмм можно сказать что все защиты сработали в штатном режиме с небольшим отклонением по времени, что не существенно.

Список использованных источников

1. Исмагилов Ф.Р., Ахматнабиев Ф.С. Микропроцессорные устройства релейной защиты энергосистем. Уфа: УГАТУ, 2009. 171 с.
2. SIPROTEC. 7UM62. Руководство по эксплуатации C53000-G1156-C149–1. 2008.
3. Соловьев А.Л. Защита генераторов малой и средней мощности терминалами «Сириус-ГС». М., 2009.
4. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. М.: Энергоатомиздат, 2007. 549 с.
5. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 2007. 800 с.