

# ВЫПУСКНАЯ РАБОТА

## РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ПОДСТАНЦИИ 110/10 кВ

*Автор: Иокужис А.В.*

*Руководитель: Ковженкин В.С.*

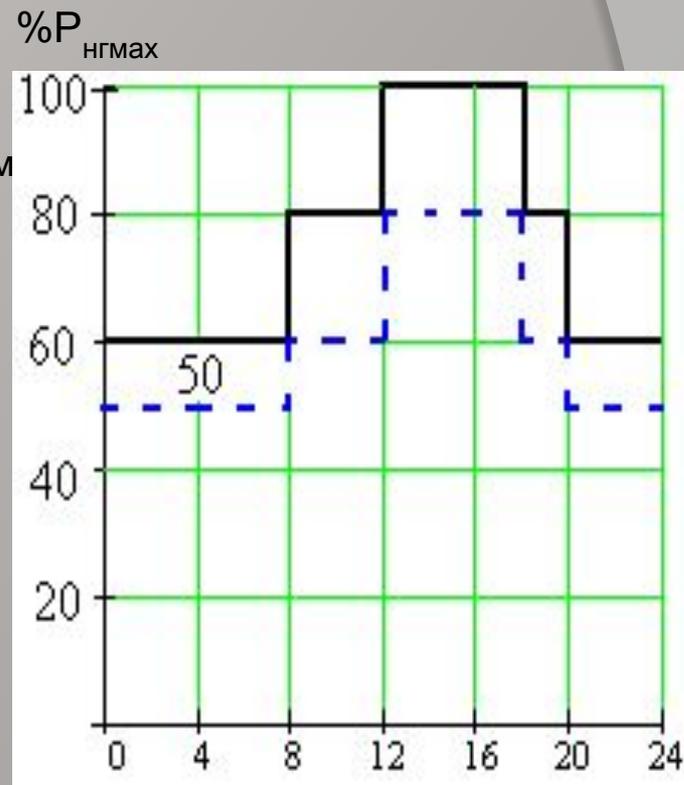
*Смоленск 2015*

# Задачи работы:

- Выбор электрической схемы ПС;
- Выбор числа, типа и мощности главных трансформаторов;
- Выбор электрических схем РУ всех напряжений;
- Расчет токов короткого замыкания;
- Выбор электрических аппаратов для подстанции;
- Выбор видов РЗА;
- Расчёт релейных защит для элементов подстанции;
- Исходные данные:
  - данные о сети, категории потребителей, собственные нужды, нагрузки РП

# Исходные данные:

- Данные о сети:  $U_H = 10 \text{ кВ}$ ;  $P_{\text{MAX}} = 27 \text{ МВт}$ ;  $\cos\varphi_H = 0,9$ ; тип сети – кабельная.
- Собственные нужды:  $P_{\text{MAX}} = 0,25 \text{ МВт}$ ;  $\cos\varphi_H = 0,9$ .
- Потребители: 1-й категории – 20%; 2-й – 30%; 3-й – 50%.
- Система С-1:  $P_{\Sigma} = 800 \text{ МВт}$ ;  $X_c = 0,6$ .
- Линии связи с системой С-1:  $U_H = 110 \text{ кВ}$ ;  $n = 2 \text{ шт.}$ ;  $L = 60 \text{ км}$ .
- Нагрузка РП: № 1-3/4 МВт;  
№ 4-8/3 МВт
- Минимальное сечение кабеля от РП до ТП:  $S_{\text{min}} = 35 \text{ мм}^2$ .
- Длина кабеля от шин п/ст до РП:  $l = 1,8 \text{ км}$ .
- Синхронные компенсаторы отсутствуют.
- Номер графика: 4



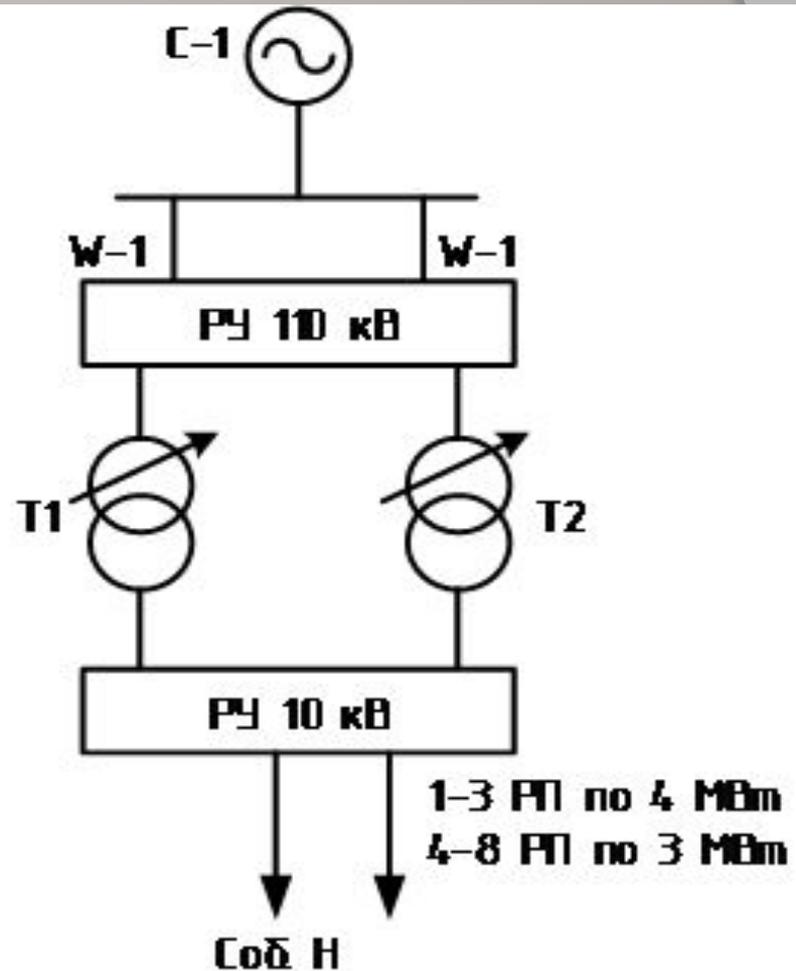
Пик нагрузки приходится на период времени с 12 до 18 часов и составляет 27 МВт.

# Содержание разделов выпускной работы:

1. Проектирование понижающей  
подстанции 110/10кВ.
2. Выбор видов РЗА.
3. Расчёт релейных защит для элементов  
подстанции.

# Принципиальная схема подстанции

На подстанции  
имеется два  
напряжения 110 и  
10 кВ, питание  
происходит по  
двум линиям  
связи с системой  
С-1.



# Трансформатор ТРДН 25000/110-У1

Трансформатор силовой масляный трехфазный двухобмоточный типа ТРДН-25000/110 У1 предназначен для преобразования электрической энергии переменного тока класса напряжения 110 кВ в электрическую энергию класса напряжения 6 или 10 кВ низшего напряжения.



## Номинальные данные

$S_{\text{НОМ}}$ МВт	$U_{\text{ВН}}$ , кВ	$U_{\text{НН}}$ , кВ	$\Delta P_{\text{Х}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{К}}$ , кВт	$U_{\text{К}}$ , %	$I_{\text{Х}}$ , %
25	115	10,5	27	120	10,5	0,7

# Технические характеристики трансформатора.

1	Тип трансформатора	ТРДН-25000/110-У1
2	Завод изготовитель	
3	Номинальная мощность обмоток ВН/НН1/НН2, кВа	25000/12500/12500
4	Номинальное напряжение обмоток, кВ ВН НН1 НН2	115кВ 10,5кВ 10,5 кВ
5	Номинальный ток, А ВН НН1 НН2	126 1376
6	Тип и коэффициент трансформации встроенных трансформаторов тока ВН нейтраль	ТВТ-110-600/5 ТВТ-35-600/5
7	Число фаз	3
8	Схема и группа соединения обмоток	Ун/Д/Д-11-11
9	Напряжение короткого замыкания:	10,85%
10	Потери холостого хода , кВт	30,75
11	Ток холостого хода , %	0,45
12	Потери короткого замыкания ВН/СН, (ВН/НН), кВт	120,49
13	Способ и диапазон регулирования напряжения обмоток ВН	РПН+ _16%(+_9х1,78%)
14	Напряжение питания двигателей системы охлаждения/РПН	380 В
15	Тип системы охлаждения (М,Д,Ц,ДЦ,НДЦ)	Д
16	Отправка (с маслом, без масла)	С маслом, марка ГК
17	Климатическое исполнение	У1
18	Полная масса, кг	66570
19	Транспортная масса, кг	56200
20	Форма катков ( с ребордами/ без реборд)	С ребордами

## Расчёт токов короткого замыкания.

При эксплуатации электростанций и электрических сетей в них достаточно часто возникают короткие замыкания, которые являются одной из основных причин нарушения нормального режима работы электроустановок и энергосистемы в целом.

При расчете токов КЗ обычно принимают ряд допущений, не вносящих существенных погрешностей в расчеты, а именно:

- ⊙ пренебрегаем активными сопротивлениями элементов системы (исключение составляют кабельные линии, у которых активное сопротивление превышает индуктивное);
- ⊙ пренебрегаем намагничивающими токами силовых трансформаторов;
- ⊙ не учитываем емкостные проводимости элементов короткозамкнутой сети;
- ⊙ не учитываем ток нагрузки, питающий точку короткого замыкания.

# Расчёт токов короткого замыкания

Произведем расчет тока короткого замыкания для точки К-1 :

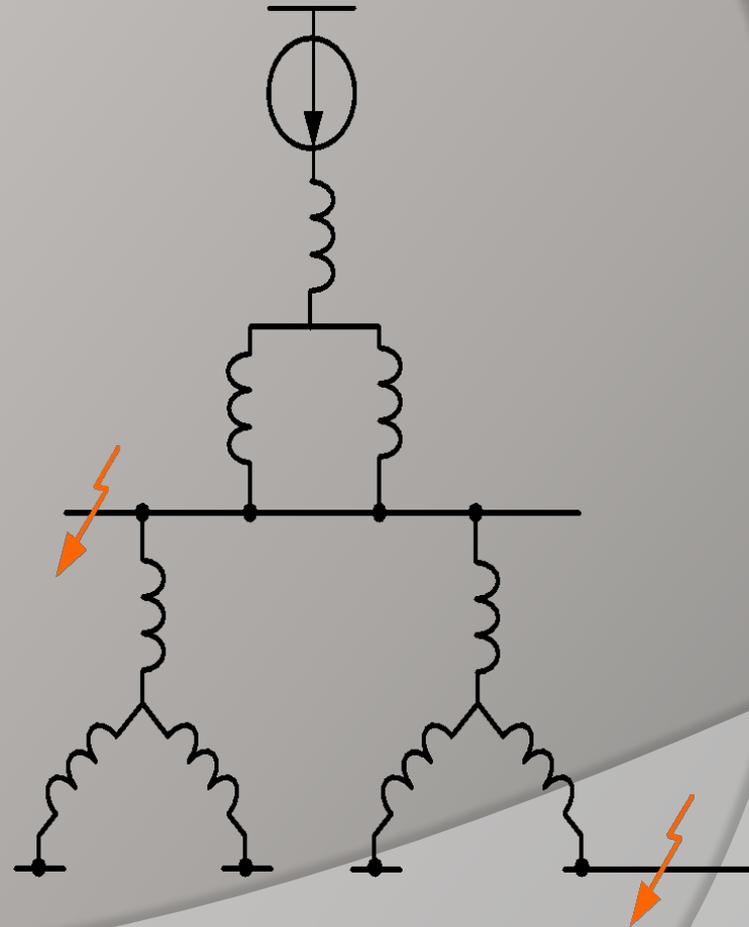
$$X_{* \text{ экв1}} = X_{C1} + \frac{X_{L1} \cdot X_{L2}}{X_{L1} + X_{L2}} = 0,27 + \frac{0,73 \cdot 0,73}{0,73 + 0,73} = 0,635 \text{ о.е.}$$

$$I_{*1}'' = \frac{E_c}{X_{* \text{ экв1}}} = \frac{1}{0,635} = 1,57 \text{ о.е.}$$

$$I_{\text{ПО(К-1)}}'' = I_{*1}'' \cdot I_{B1} = 1,57 \cdot 2,01 = 3,17 \text{ кА}$$

Найдем для рассматриваемого короткого замыкания ударный ток:

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд1}} \cdot I_{\text{ПО(К-1)}}'' = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 3,17 = 7,21 \text{ кА}$$



# Выбор электроаппаратов на подстанции

Аппарат	Тип устройства	Напряжение , кВ	Место установки
ВГБУ-110-40/2000У1	Элегазовый выключатель	110	ОРУ 110 кВ
ВВ/TEL-10-31,5/2000-У2	Вакуумный выключатель	10	На стороне НН трансформатора
ВВ/TEL-10-20/630-У2	Вакуумный выключатель	10	На отходящих линиях КРУ НН
ТГФМ-110 УХЛ1	Трансформатор тока	110	На стороне ВН
ТОЛ-10/1000-5	Трансформатор тока	10	На стороне НН
ТОЛ-10/300-5	Трансформатор тока	10	На линии к потребителям
НАМИ 110 УХЛ1	Трансформатор напряжения	110	РУ ВН
НАЛИ 10-1	Трансформатор напряжения	10	РУ НН

# Сириус-Т

Устройство микропроцессорной защиты **Сириус-Т**, предназначено для выполнения функций основной защиты двухобмоточного (в том числе с расщепленной обмоткой) трансформатора с высшим напряжением 35-220 кВ. Также возможно использование в качестве дифференциальной защиты реактора или мощного синхронного двигателя. Содержит подменную МТЗ ВН и МТЗ НН с внешним комбинированным пуском напряжения.

Применение в устройстве модульной мультипроцессорной архитектуры наряду с современными технологиями поверхностного монтажа обеспечивают высокую надежность, большую вычислительную мощность и быстродействие, а также высокую точность измерения электрических величин и временных интервалов, что дает возможность снизить степени селективности и повысить чувствительность терминала

**Устройство Сириус-Т** может применяться для защиты элементов распределительных сетей как самостоятельное устройство, так и совместно с другими устройствами РЗА (например, резервной защитой силового трансформатора, газовой защитой и т.д.).



# Сириус-2-С

Устройство предназначено для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации секционного выключателя напряжением 6–110 кВ. Устройство **Сириус-2-С** устанавливается в релейных отсеках КРУ, КРУН и КСО.

Функции защиты, выполняемые устройством:

- трехступенчатая максимальная токовая защита (МТЗ) от междуфазных повреждений с контролем двух или трех фазных токов;
- автоматический ввод ускорения любых ступеней МТЗ при любом включении выключателя;
- возможность работы МТЗ-1 в качестве ускоряющей отсечки;
- защита от обрыва фазы питающего фидера (ЗОФ);
- сигнализация однофазных замыканий на землю по напряжению нулевой последовательности
- защита минимального напряжения (ЗМН);
- логическая защита шин (ЛЗШ).



# Сириус-2-В

Устройство предназначено для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации ввода напряжением 3–35 кВ. Устройство устанавливается в релейных отсеках КРУ, КРУН и КСО, на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электростанций и подстанций 3–35 кВ. Устройство предназначено для защиты вводов систем шин подстанций, распределительных пунктов и т.д. Устройство является комбинированным микропроцессорным терминалом релейной защиты и автоматики.

Применение в устройстве модульной мультипроцессорной архитектуры наряду с современными технологиями поверхностного монтажа обеспечивают высокую надежность, большую вычислительную мощность и быстродействие, а также высокую точность измерения электрических величин и временных интервалов, что дает возможность снизить степени селективности и повысить чувствительность терминала.

Устройство может применяться для защиты элементов распределительных сетей как самостоятельное устройство, так и совместно с другими устройствами РЗА (например, дуговой защитой, защитой от однофазных замыканий на землю, защитой шин и т.д.).



# Сириус-2-Л

Терминал обеспечивает:

- четырехступенчатую максимальную токовую ненаправленную защиту от трехфазных и междуфазных замыканий (2-я и 3-я ступени МТЗ могут иметь как независимую, так и одну из пяти зависимых время-токовых характеристик, 4-я ступень МТЗ может иметь выдержку времени до 1,5 часов и применяться для «адресных отключений»);
- защиту от обрыва одного из фазных проводов по наличию тока обратной последовательности I<sub>2</sub>;
- защиту от замыканий на землю с использованием высших гармоник, что позволяет избежать зависимости от наличия компенсации сети (предусмотрен и режим «земляной» защиты по току первой гармоники, а также «смешанный» режим);
- резервирование отказа выключателя с выдачей сигналов отключения на выключатели ввода и секции;



«Сириус-2-Л» выполняет функции защиты и автоматики воздушных или кабельных линий с изолированной или компенсированной нейтралью напряжением 6-35 кВ. Гибкая система настройки и достаточное количество входных и выходных сигналов позволяют его применять для защиты трансформаторов, например, собственных нужд подстанций (есть входы для подключения газовой защиты и сигнала газовой защиты), а также различных выпрямительных установок и преобразовательных агрегатов на предприятиях. Терминал устанавливается в ячейке КРУ (КРУН, КСО) и выдает сигналы на управление выключателем присоединения. Входные токовые цепи подключаются к измерительным трансформаторам тока фаз А и С с номинальным вторичным током 5 А и к трансформатору тока фазы В (при его наличии). «Сириус-2-Л» совместим с другими терминалами серии «Сириус», он может работать с защитами на традиционной электромеханической элементной базе, с существующими системами телемеханики, имеющими сигналы ТС и ТУ, а также со SCADA системами.

# Расчёт релейных защит для элементов подстанции

Токовая отсечка без выдержки времени:

$$I^{(3)}_{\text{к. вн. макс}} = \frac{I_{\sigma}}{(X_{\text{с мин}} + X_{\text{л}} + X_{\text{т мин}})} ; \quad I'_{\text{с.з}} = k'_{\text{отс}} \cdot I^{(3)}_{\text{к. вн. макс}} ; \quad k'_{\text{ч}} = \frac{I^{(2)}_{\text{к. вн. макс}}}{I'_{\text{с.з}}}$$

Максимальная токовая защита:

$$I_{\text{с.з}} \geq \frac{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{сзп}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{раб. макс}} ; \quad I_{\text{с.з посл}} \geq \frac{k_{\text{н.с}}}{k_{\text{р}}} \cdot \left[ \sum_1^n I_{\text{с.з. пред. макс}(n)} + \sum_1^n I_{\text{с.з. пред. макс}(N-n)} \right] ; \quad I_{\text{с.р}} = \frac{I_{\text{с.з}} \cdot k^{(3)}_{\text{сх}}}{k_{\text{т}}}$$

$$k_{\text{чув}} = \frac{I_{\text{р. мин}}}{I_{\text{с.р}}} ; \quad t_{\text{с.з. посл}} = t_{\text{с.з. пред.}} + \Delta t_{\text{..}}$$

Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ):

$$I_{\text{с}\Sigma} = \frac{U \cdot I_{\Sigma}}{10} \quad I_{\text{с.з.}} = k_{\text{н}} \cdot k_{\text{бр}} \cdot I_{\text{с. макс.}} \quad k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{с}\Sigma}}{I_{\text{с.з}}} \quad t = 5,8 - 1,35 \ln \left( \frac{I_{\text{ОЗЗ}}}{k \cdot I_{\text{с.з.}}} \right)$$

# Преимущества и недостатки по сравнению с предыдущей базой

## Преимущества :

- регистрация процессов аварийного состояния;
- надежность;
- быстрое действие;
- селективность;
- высокая чувствительность;
- многофункциональность;
- опережение отключения синхронных потребителей при нарушениях устойчивости системы;
- способность к дальнему резервированию.

## Недостатки:

- высокая стоимость
- узкий диапазон рабочих температур
- низкая ремонтпригодность.

Если при поломке устройств, работающих на полупроводниковой или электромеханической базе достаточно заменить отдельную неисправную деталь, то для микропроцессорных защит часто нужно заменять полностью материнскую плату, стоимость которой может составлять треть цены за все оборудование.

К тому же для замены потребуется потратить много времени на поиск детали: взаимозаменяемость в таких устройствах полностью отсутствует даже у многих однотипных конструкций одного производителя.

# ***Выводы по работе:***

- ◎ В результате работы спроектирована понизительная подстанция 110/10 кВ.
- ◎ Все электрические устанавливаемые аппараты проверены по условиям термической и электродинамической стойкости. При этом электрические аппараты в системе электроснабжения надежно работают как в нормальном длительном режиме, так и в условиях аварийного кратковременного режима, простоты и компактны в конструкции, удобны и безопасны в эксплуатации
- ◎ Так как надёжная работа электроустановок немыслима без развитой энергетической системы, то имеет место правильное выполнение и настройка релейной защиты и противоаварийной автоматики. Поэтому в работе произведён выбор релейной защиты и автоматики на микропроцессорных устройствах, что дает возможность повысить чувствительность защит и значительно уменьшить время их срабатывания, что в совокупности с высокой надежностью позволяет существенно снизить величину ущерба от перерывов в электроснабжении.
- ◎ Таким образом, ПС 110/10 кВ отвечает всем требованиям, предъявляемым техническим заданием на проектирование.

***Спасибо за внимание !***