


«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Оргкомитета чемпионата
 / Б.Б. Богуш /
« 01 »  2019 г.

Конкурсное задание

Компетенция

«Обслуживание и ремонт оборудования релейной защиты и автоматики»

Конкурсное задание включает в себя следующие разделы:

1. Введение
2. Формы участия в конкурсе
3. Задание для конкурса
4. Модули задания и необходимое время
5. Критерии оценки
6. Необходимые приложения

Количество часов на выполнение задания: 11,5 ч.

ВВЕДЕНИЕ

1.1. Название и описание профессиональной компетенции.

1.1.1 Название профессиональной компетенции: «Обслуживание и ремонт оборудования релейной защиты и автоматики».

1.1.2. Описание профессиональной компетенции.

- Профессия Инженер по релейной защиты и автоматике

Электрические машины и аппараты, кабельные и воздушные линии электропередач и другие части электрических установок и электрических сетей постоянно обтекаются током, вызывающим их нагрев, и находятся под напряжением. Поэтому в процессе эксплуатации могут происходить нарушения нормальных режимов работы и возникать повреждения, приводящие в большинстве случаев к коротким замыканиям (к. з.).

Короткие замыкания являются наиболее опасными видами повреждения, возникающими из-за пробоя или перекрытия изоляции, обрывов проводов, ошибочных действий персонала (включение под напряжение заземленного оборудования, отключение разъединителей под нагрузкой) и других причин.

В большинстве случаев в месте к. з. возникает электрическая дуга с высокой температурой, приводящая к большим разрушениям токоведущих частей, изоляторов и электрических аппаратов. При к. з. к месту повреждения подходят большие токи (токи к. з.), измеряемые тысячами ампер, которые перегревают неповрежденные токоведущие части и могут вызвать дополнительные повреждения, т. е. развитие аварии. Одновременно в сети, электрически связанной с местом повреждения, происходит глубокое понижение напряжения, что приводит к остановке электродвигателей и нарушению параллельной работы генераторов на электростанциях.

Последствия аварии могут быть предотвращены быстрым отключением поврежденного участка электрической установки или сети при помощи специальных автоматических устройств, получивших название **релейная защита**, которые действуют на отключение выключателей.

При отключении выключателей поврежденного элемента гаснет электрическая дуга в месте к. з., прекращается прохождение тока к. з. и восстанавливается нормальное напряжение на неповрежденной части электрической установки или сети. Благодаря этому сокращаются размеры или даже вовсе предотвращаются повреждения оборудования, на котором возникло к.з., а также восстанавливается нормальная работа неповрежденного оборудования.

Таким образом, основным назначением релейной защиты является выявление места возникновения к. з. и быстрое автоматическое отключение выключателей поврежденного оборудования или участка сети от остальной неповрежденной части электрической установки или сети.

Кроме повреждений электротехнического оборудования, ЛЭП могут возникать такие нарушения нормальных режимов работы, как перегрузка, замыкание на землю одной фазы в сети с изолированной нейтралью, выделение

газа в результате разложения масла в трансформаторе или понижение уровня масла в его расширителе и др.

Таким образом, вторым назначением релейной защиты является выявление нарушений нормальных режимов работы оборудования и подача предупредительных сигналов обслуживающему персоналу или отключение оборудования с выдержкой времени.

Есть в энергетике такая профессия: защищать людей и оборудование от коротких замыканий и других неисправностей в электрической схеме. Работа сложная, высокооплачиваемая, престижная.

Работники по обслуживанию и ремонту устройств и комплексов релейной защиты и автоматики занимаются эксплуатацией, обеспечивают организацию и выполнение мероприятий по поддержанию устройств РЗА в постоянной готовности к действию, ее правильном техническом и оперативном обслуживании в соответствии с требованиями нормативных документов, обеспечением реализации технических воздействий.

Работники по обслуживанию и ремонту устройств и комплексов релейной защиты и автоматики должны обладать знаниями и навыками в части режимов работы основного и вспомогательного оборудования, критериев отнесения устройств к состоянию соответствующему нормативным требованиям, порядка оперативного обслуживания устройств РЗА гидроагрегатов, трансформаторов, распределительных устройств.

В процессе своей деятельности работники по обслуживанию устройств и комплексов релейной защиты и автоматики отвечают за соблюдение требований нормативно-технической документации в части организации и производства технического обслуживания, технического учета и анализа функционирования, организации качественного оперативного обслуживания закрепленных за структурными подразделениями устройств и комплексов релейной защиты и автоматики.

1.2. Область применения

1.2.1. Каждый Эксперт и Участник обязан ознакомиться с данным Конкурсным заданием.

1.3. Сопроводительная документация

1.3.1. Поскольку данное Конкурсное задание содержит лишь информацию, относящуюся к соответствующей профессиональной компетенции, его необходимо использовать совместно со следующими документами:

- «WorldSkills Russia», Техническое описание компетенции. Обслуживание и ремонт оборудования релейной защиты и автоматики;
- «WorldSkills Russia», Регламент чемпионата;
- Принимающая сторона – Правила техники безопасности.

2. ФОРМЫ УЧАСТИЯ В КОНКУРСЕ

Индивидуальный конкурс.

3. ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНКУРСА

Содержанием конкурсного задания являются обслуживание и ремонт оборудования релейной защиты и автоматики. Участники соревнований получают инструкцию, монтажные и принципиальные электрические схемы. Конкурсное задание имеет несколько модулей, выполняемых в соответствии с графиком.

Конкурс включает в себя работы по проверке трансформатора тока 10 кВ, проверке и настройке микропроцессорных терминалов РЗА, анализу работы РЗА при технологическом нарушении, оформлении шаблона протокола проверки устройства РЗА и составлении рабочей программы по выводу в проверку устройства РЗА.

Окончательные аспекты критериев оценки уточняются членами жюри. Оценка производится как в отношении работы модулей, так и в отношении процесса выполнения конкурсной работы. Если участник конкурса не выполняет требования техники безопасности, подвергает опасности себя или других конкурсантов, такой участник может быть отстранен от конкурса.

Время и детали конкурсного задания в зависимости от конкурсных условий могут быть изменены членами жюри.

Каждый модуль конкурсного задания должен выполняться отдельно. Оценка также происходит от модуля к модулю.

4. МОДУЛИ ЗАДАНИЯ И НЕОБХОДИМОЕ ВРЕМЯ

Модули и время сведены в таблице 1.

Таблица 1.

№ п/п	Наименование модуля	Время на задание
1	Модуль А «Проверка трансформатора тока 10 кВ»	2 часа
2	Модуль В1 «Проверка микропроцессорной защиты генератора»	1,5 часа
	Модуль В2 «Проверка микропроцессорной защиты блочного трансформатора»	1,5 часа
3	Модуль С «Анализ работы РЗА при технологическом нарушении»	1,5 часа
4	Модуль D «Определение допустимости нагрузки трансформатора тока»	1,5 часа
5	Модуль E «Разработка рабочей программы»	1,5 часа
6	Модуль F «Подготовка шаблона протокола технического обслуживания»	2 часа

Модуль А «Проверка трансформатора тока 10 кВ»

Конкурс проводится на реальном оборудовании, адаптированном для учебных целей. Проверка трансформатора тока производится в соответствии с правилами технического обслуживания устройств РЗА в объеме «проверки при новом включении». При этом необходимо соблюдать все требования при выполнении работ с инструментом и приборами в электроустановках.

При этом участнику необходимо выполнить:

1. Внешний осмотр.

2. Механическую ревизию вторичных выводов ТТ.

3. Проверку сопротивления изоляции:

- Измерение проводят в помещениях при температуре $25\pm 10^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 80%.

- Значение электрического сопротивления изоляции соединительных проводов измерительной схемы должно превышать не менее чем в 20 раз минимально допускаемое значение электрического сопротивления изоляции испытуемого изделия.

- Характеристики изоляции электрооборудования рекомендуется измерять по однотипным схемам и при одинаковой температуре. Сравнение характеристик изоляции должно производиться при одной и той же температуре изоляции или близких ее значениях (разница температур не более 5°C). Если это невозможно, то должен производиться температурный пересчет.

Требования безопасности:

- **ВНИМАНИЕ!** Не приступайте к измерениям, не убедившись в отсутствии напряжения на измеряемом объекте.

- Перед началом испытаний необходимо убедиться в отсутствии людей, работающих на той части электроустановки, к которой присоединен испытательный прибор, запретить находящимся вблизи него лицам прикасаться к токоведущим частям и, если нужно, выставить охрану.

- *Измерение сопротивления изоляции* мегаомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путем предварительного их заземления. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегаомметра.

- При измерении мегаомметром сопротивления изоляции токоведущих частей соединительные провода следует присоединять к ним с помощью изолирующих держателей (штанг).

- При работе с мегаомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединен, не разрешается. После окончания работы следует снять с токоведущих частей остаточный заряд путем их кратковременного заземления.

Подготовка к выполнению измерений:

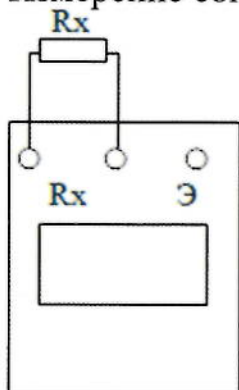
- Для выполнения измерений используются мегаомметры ЭСО202/2-Г или другие с напряжением 500, 1000, 2500 В.

- Перед началом измерений необходимо ознакомиться со схемой токовых цепей убедиться в отсутствии напряжения на испытываемом объекте, принять меры, препятствующие допуску на испытываемый объект лиц, не участвующих в испытаниях, при необходимости выставить наблюдающего. Разобрать клеммы токовых цепей.

- Установить на мегаомметре переключатель измерительных напряжений в нужное положение (в соответствии с требованиями к испытательному напряжению), а переключатель диапазонов в положение I.

Схема проверки изоляции мегомметром:

Измерение сопротивления:



Измерение изоляции кабеля:



- Проверить исправность мегаомметра. При вращении ручки генератора должен светиться индикатор «ВН».

Выполнение измерений:

- Убедившись в отсутствии напряжения на объекте, подключить объект к гнездам «Rx». При необходимости экранирования, для уменьшения влияния токов утечки, экран объекта подсоединить к гнезду «Э». Для уменьшения времени установления показаний перед измерением сопротивления по шкале II в течении 3-5 секунд вращать ручку генератора при закороченных зажимах «Rx».

- Для проведения измерений вращать рукоятку генератора со скоростью 120-144 оборотов в минуту.

- Отсчет значений электрического сопротивления изоляции при измерении проводят по истечении 1 минуты с момента приложения измерительного напряжения к образцу, но не более чем через 5 минут, если в стандартах или технических условиях на конкретные кабельные изделия или на другое измеряемое оборудование не предусмотрены другие требования. Перед повторным измерением все металлические элементы кабельного изделия должны быть заземлены не менее чем за 2 минуты.

- При измерении параметров изоляции электрооборудования должны учитываться случайные и систематические погрешности, обусловленные погрешностями измерительных приборов и аппаратов, дополнительными емкостями и индуктивными связями между элементами измерительной схемы, воздействием температуры, влиянием внешних электромагнитных и электростатических полей на измерительное устройство, погрешностями метода и т.п.

4. Определить однополярные выводы первичной и вторичной обмоток и проверить их соответствия заводской маркировке

- Полярность выводов обмоток трансформаторов тока как правило проверяется с помощью магнитоэлектрического прибора с обозначенной полярностью обмотки и нулем в середине шкалы

- Положительный полюс источника подключают к «началу», а отрицательный к «концу» первичной обмотки. Замыкая и размыкая ключом К цепь первичной обмотки трансформатора тока, наблюдают за отклонением стрелки магнитоэлектрического прибора, подключенного к вторичной обмотке. Если при замыкании первичной цепи стрелка прибора будет отклоняться вправо, а при размыкании влево, значит, выводы первичной и вторичной обмоток трансформатора тока, к которым подключен плюс источника и плюс прибора, являются однополярными. Для увеличения отклонения стрелки прибора, используемого в схеме проверки, можно изменять величину добавочного сопротивления, а также напряжение батарейки.

5. Снятие ВАХ

- Характеристика намагничивания, представляющая зависимость напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора тока от тока намагничивания, является основной характеристикой, по которой можно определить исправность трансформатора тока, а также возможность его применения в различных схемах релейной защиты.

- Для снятия характеристики намагничивания при разомкнутой первичной обмотке на зажимы вторичной обмотки трансформатора тока подается переменное напряжение через регулировочный автотрансформатор АТ

- Увеличивая ток, подаваемый на вторичную обмотку, фиксируют несколько значений напряжения на вторичной обмотке. Полученные характеристики должны содержать не менее 10 точек и отражать вид характеристики намагничивания на линейном участке и в области насыщения.

- Необходимо снимать характеристику намагничивания до насыщения, т. е. до таких значений, когда наступает насыщение магнитопровода трансформатора тока, о чем свидетельствует отсутствие изменения напряжения при изменении тока. Измерение тока и напряжения при снятии характеристики намагничивания следует производить приборами, реагирующими соответственно на действующее и средневыпрямленное значения измеряемых величин. Перед проверкой характеристики намагничивания производится размагничивание сердечника ТТ путем двух-трех плавных подъемов и снижений напряжения от нуля до максимума и обратно.

- После снятия ВАХ следует выполнить графическое построение характеристики намагничивания.

6. Проверку коэффициента трансформации первичным током

- Коэффициент трансформации трансформатора тока проверяется следующей схемой: в первичную обмотку от нагрузочного трансформатора НТ подается ток не меньше 10% номинального. Коэффициент трансформации трансформатора тока определяется как отношение первичного тока I_1 ко вторичному I_2 и сравнивается с его номинальным значением.

7. Составить заключение о пригодности ТТ к эксплуатации.

8. Результаты отразить в протоколе (Приложение 2).

Модуль В1 «Проверка микропроцессорной защиты генератора»

Модуль проводится на реальном оборудовании: терминал РЗА производства ООО «Релематика» TOP300 ЗГ 511, адаптированном для учебных целей.

Задание разработано с учетом требований локальных нормативных актов ПАО «РусГидро» к эксплуатации РЗА:

- СТО РусГидро 02.02.125-2015 «Гидроэлектростанции. Микропроцессорная релейная защита и автоматика. Техническое обслуживание. Объемы, нормы и требования»;
- Оперативное указание ОУ-10-2017(А) «О случаях неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики во 2 квартале 2017 года».

Исходными данными для выполнения задания являются:

- задание по настройке устройства РЗА;
- исполнительные схемы устройства РЗА;
- руководство по эксплуатации устройства РЗА;
- методические указания по проверке устройства РЗА;
- фрагмент схемы первичных соединений энергообъекта;
- нормативно-технические документы.

Согласно регламента чемпионата в день С-1 будет производиться ознакомление участников со следующей документацией:

- руководство по эксплуатации устройства РЗА;
- методические указания по проверке устройства РЗА;
- задание по настройке устройства РЗА (образец);
- исполнительные схемы устройства РЗА;
- фрагмент схемы первичных соединений энергообъекта.

Проверка производится в объеме, определенным данным Заданием с занесением результатов в Протокол проверки (Приложение 3). Участнику необходимо соблюдать требования техники безопасности при выполнении работ с инструментом и приборами в электроустановках.

Участнику необходимо провести следующий объем работ:

- Проверить наличие на рабочем месте средств защиты, соответствие их состава требованиям СО 153-34.03.603-2003 «Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках» и характеру предстоящих работ.
- Проверить комплектность и достаточность предоставленных электроизмерительных приборов и испытательной техники, аксессуаров к ним. О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.

- Проверить состояние и правильное применение средств защиты. О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.
- С использованием РЕТОМ-51(61) выполнить проверку параметров срабатывания измерительных органов одной из защит генератора в терминале РЗА производства ООО «Релематика» Т0Р300 ЗГ 511. Защита указывается перед выполнением задания. Проверка выполняется в диапазоне частот 45-55 Гц с шагом в 1 Гц, 10-40 Гц и 60-80 Гц с шагом в 10 Гц. Построение зависимости погрешности от частоты. Нанесение на полученную зависимость зон, отражающих требования к погрешности, установленные в типовых проектных решениях ПАО «РусГидро» том ТПР 1.1.
- Выполняется проверка времени срабатывания защиты на выходных реле или необходимых для проверки сигналах, настроенных на контрольный выход.
- Снять осциллограмму, сформированную при срабатывании проверяемой защиты и по результатам ее анализа сделать заключение о формировании проверяемой функцией выходных воздействий, необходимых в соответствии с заданием по настройке устройства. Обнаруженные излишние воздействия или несформированные должны быть указаны в протоколе. После указания в протоколе необходимо выполнить конфигурацию осциллографа, выполнить имитацию работы защиты повторно и сохранить осциллограмму.
- Проанализировать корректность работы сигнализации при формировании проверяемой защиты выходных воздействий. Обнаруженные излишние сигнальные элементы или несформированные сигналы быть указаны в протоколе.
- Восстановить исходное состояние устройства:
 - ✓ Подключить отключаемые во время проверки проводники.
 - ✓ Отключить подключаемые проводники, щупы и приборы, удалить их из пространства шкафа.
 - ✓ Восстановить исходное значение параметров настройки, изменяемые во время проведения работы.
 - ✓ Сбросить сигнализацию.
- Оформить протокол проверки в соответствии с Приложением 3.

Модуль В2 «Проверка микропроцессорной защиты блочного трансформатора»

Конкурс проводится на реальном оборудовании: терминал РЗА производства ООО «Релематика» ТОР300 ДЗБ 540, адаптированном для учебных целей.

Задание разработано с учетом требований локальных нормативных актов ПАО «РусГидро» к эксплуатации РЗА:

- СТО РусГидро 02.02.125-2015 «Гидроэлектростанции. Микропроцессорная релейная защита и автоматика. Техническое обслуживание. Объемы, нормы и требования»;
- Оперативное указание ОУ-10-2017(А) «О случаях неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики во 2 квартале 2017 года».

Исходными данными для выполнения задания являются:

- задание по настройке устройства РЗА;
- исполнительные схемы устройства РЗА;
- руководство по эксплуатации устройства РЗА;
- методические указания по проверке устройства РЗА;
- фрагмент схемы первичных соединений энергообъекта;
- нормативно-технические документы в электронном виде.

Согласно регламента чемпионата в день С-1 будет производиться ознакомление участников со следующей документацией:

- руководство по эксплуатации устройства РЗА;
- методические указания по проверке устройства РЗА;
- задание по настройке устройства РЗА (образец);
- исполнительные схемы устройства РЗА;
- фрагмент схемы первичных соединений энергообъекта.

Проверка производится в объеме определенным данным заданием с занесением результатов в Протокол проверки (Приложение 4). Участнику необходимо соблюдать требования техники безопасности при выполнении работ с инструментом и приборами в электроустановках.

Участнику необходимо провести следующий объем работ:

- Проверить наличие на рабочем месте средств защиты, соответствие их состава требованиям СО 153-34.03.603-2003 «Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках» и характеру предстоящих работ.
- Проверить комплектность и достаточность предоставленных электроизмерительных приборов и испытательной техники, аксессуаров к

- ним. О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.
- Проверить состояние и правильное применение средств защиты. О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.
 - Проверить соответствие выполненных в устройстве параметров заданию по настройке.
 - Проверить соответствие выполненных в устройстве настроек дискретных входов и выходных реле заданию по настройке и исполнительной схеме в части подключенным к этим реле и дискретным входам цепям оперативного тока. Проверка выполняется только в части входов и реле, влияющих на функционирование функции РЗА, определенной при получении задания. О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.
 - С использованием РЕТОМ-51(61) выполнить проверку параметров срабатывания указанных дискретных входов и сравнить их с нормативными значениями, установленными в типовых проектных решениях ПАО «РусГидро» том ТПР 1.1.
 - С использованием РЕТОМ-51(61) выполнить проверку точности измерения аналоговых величин для указанных каналов измерения и сравнить их с нормативными значениями, установленными в типовых проектных решениях ПАО «РусГидро» том ТПР 1.1.
 - Оформить протокол проверки в соответствии с Приложением 4.

Модуль С «Анализ работы РЗА при технологическом нарушении»

Конкурс заключается в анализе осциллограмм (в формате Comtrade) предоставленных участникам организаторами чемпионата. Участнику необходимо проанализировать осциллограмму с использованием любого(ых) из предоставленных участникам программ для просмотра и анализа осциллограмм (WinBres, VBwiew, AURA, RecViewer, WNDR, FastView). Определить вид КЗ, величины тока (действующие значения), уровни напряжений (действующие значения), время протекания тока КЗ. Оценить правильность работы устройств РЗА.

Исходными данными для выполнения задания являются (выдаются перед выполнением задания):

- осциллограмма (в формате Comtrade);
- задание по настройке устройства РЗА;
- исполнительные схемы устройства РЗА;
- схема первичных соединений энергообъекта.

Участнику необходимо:

- открыть осциллограмму программой для просмотра и анализа.

- **Определить:**
 - вид короткого замыкания и место короткого замыкания (внутреннее или внешнее);
 - величину тока короткого замыкания;
 - величину напряжения аварийного режима;
 - величину токов и напряжений симметричных составляющих на обозначенных в задании этапах развития аварийного режима;
 - длительность обозначенных в задании этапов развития аварийного режима;
 - время действия выключателя.
- **Выполнить анализ:**
 - правильности срабатывания измерительных органов защиты по напряжению;
 - правильности срабатывания измерительных органов защиты по току;
 - правильности срабатывания защиты по времени;
 - полноты формирования выходных воздействий.
- Оформить справку о работе по установленному шаблону.
- Результаты оформить в виде отчета (Приложение 5).

Модуль D «Определение допустимости нагрузки трансформатора тока»

Задача состоит в теоретическом определении допустимости подключения нагрузки к трансформатору тока по условиям допустимой погрешности из условий.

Участнику необходимо:

- определить состава параметров схемы элементов вторичных цепей;
- определить значения параметров схемы элементов вторичных цепей;
- определить величину нагрузки на каждую фазу трансформатора тока при номинальном значении тока в первичной обмотке;
- определить напряжение на вторичной обмотке трансформатора тока при заданных значениях однофазного и трехфазного тока короткого замыкания;
- определить по характеристике намагничивания значение тока намагничивания магнитопровода трансформатора тока при заданных значениях однофазного и трехфазного тока короткого замыкания;
- определить величину токовой погрешности трансформатора тока;
- выполнить заключение о допустимости применения трансформатора тока для обеспечения функционирования устройства, подключенного ко вторичным цепям.

Исходными данными для задания являются:

- схема соединения группы трансформаторов тока и нагрузки в графическом виде;

- коэффициент трансформации трансформатора тока;
 - характеристика намагничивания группы трансформаторов тока;
 - электрические параметры трансформатора тока и нагрузки в виде сопротивления (Ом) или полной мощности (В·А);
 - параметры срабатывания функции РЗА, выполненной в устройстве;
 - результаты измерения токов и напряжений во вторичных цепях трансформаторов тока для определения фактической нагрузки.
- Необходимо определить нагрузку на ТТ при питании от постороннего источника согласно РД 153-34.0-35.301-2002 «Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты и измерения».

Таблица 4 – Определение нагрузки на ТТ при питании от постороннего источника тока

Схема измерений	Измеренное значение	Сопротивление нагрузки
	I	
	U_{ab}	$z_a = \frac{U_{ab} - U_{bc} + U_{ca}}{2I}$
	U_{bc}	$z_b = \frac{U_{bc} - U_{ca} + U_{ab}}{2I}$
	U_{ca}	$z_c = \frac{U_{ca} - U_{ab} + U_{bc}}{2I}$
	I	$z_{a0} = \frac{U_{a0}}{I}$
	U_{a0}	$z_{b0} = \frac{U_{b0}}{I}$
	U_{b0}	$z_{c0} = \frac{U_{c0}}{I}$
	U_{c0}	

- Необходимо выполнить проверку ТТ (самой загруженной фазы) на допустимую 10% погрешность для обмотки класса 0,5. Расчеты выполнить согласно РД 153-34.0-35.301-2002 Инструкция «По проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты и измерения» и книги М.А. Шабад «Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей». При расчётах пользоваться следующими формулами:

$$\varepsilon = \frac{I_{\text{нам}}}{I_{2\text{расч}}} \times 100\%, \quad (1)$$

где ε – величина погрешности в процентах; $I_{\text{нам}}$ – ток намагничивания, соответствующий $U_{2\text{расч}}$; $I_{2\text{расч}}$ – вторичный расчетный ток короткого замыкания.

$$I_{2\text{расч}} = \frac{I_{1\text{расч}}}{K_{\text{ТТ}}}, \quad (2)$$

где $I_{1\text{расч}}$ – первичный ток короткого замыкания, при котором должна обеспечиваться работа ТТ с погрешностью менее 10%; $K_{\text{ТТ}}$ – коэффициент трансформации ТТ.

$I_{1\text{расч}}$ в нашем случае определяется как $1,1I_{\text{сз}}$.

$$U_{2\text{расч}} = I_{2\text{расч}} \cdot (Z_2 + Z_{\text{нагр}}), \quad (3)$$

где $U_{2\text{доп. расч}}$ – допустимое расчетное напряжение; Z_2 – сопротивление вторичной обмотки ТТ; $Z_{\text{нагр}}$ – наибольшая (замеренная) фактическая нагрузка на трансформатор тока, определенная с учетом схемы соединения ТТ.

Из ВАХ ТТ находим $I_{\text{нам}}$, соответствующий $U_{2\text{расч}}$ и по (1) определяем погрешность ТТ, которая должна быть меньше 10 %.

- Определить величину подводимого к устройству РЗА тока и соответствие тока требованиям к чувствительности, предъявляемым Правилами устройства электроустановок.
- Оформить результаты работы в соответствии с формой (Приложение 6).

Модуль Е «Разработка рабочей программы»

Задача состоит в разработке документа «Рабочая программа» к которой предъявляются следующие требования:

- Рабочие программы вывода из работы (ввода в работу) устройств РЗА должны применяться для вывода из работы (ввода в работу) сложных устройств РЗА, находящихся в эксплуатации, при подготовке их к техническому обслуживанию, при выполнении работ по техническому обслуживанию и подготовке к вводу в работу после технического обслуживания.

Перечень сложных устройств РЗА должен быть утвержден техническим руководителем владельца объекта электроэнергетики и согласован с диспетчерскими центрами субъекта оперативно-диспетчерского управления в части включения в него устройств РЗА, являющихся объектами диспетчеризации.

- Рабочие программы вывода из работы (ввода в работу) устройств РЗА должны содержать:
 - номер программы;
 - диспетчерское наименование объекта электроэнергетики и устройства РЗА;
 - цель проведения работ (вывод из работы для технического обслуживания или ввод в работу после технического обслуживания);

- эксплуатационное состояние ЛЭП и оборудования, относящихся к устройству РЗА;
- меры безопасности при проведении работ;
- проверку операций, выполненных оперативным персоналом при выводе устройств РЗА;
- указания о последовательности (в случае необходимости соблюдения строгой последовательности выполнения операций), способах и местах отсоединения цепей устройства РЗА от остающихся в работе других устройств РЗА, цепей управления оборудованием, цепей тока и напряжения, а также указания по их подключению по окончании технического обслуживания, с целью исключения воздействия на оборудование и устройства РЗА, находящиеся в работе.

В рабочие программы вывода из работы (ввода в работу) устройств РЗА допускается включать операции по опробованию действия проверяемого устройства на коммутационные аппараты и другие устройства РЗА при условии исключения риска воздействия на оборудование и устройства РЗА, находящиеся в работе.

- Рабочие программы вывода из работы (ввода в работу) устройств РЗА должны утверждаться техническим руководителем владельца объекта электроэнергетики или иным уполномоченным им на это лицом.

Исходными данными для задания являются:

- схема устройства РЗА;
- фрагмент схемы первичных соединений энергообъекта;
- состояние первичного оборудования;
- эксплуатационное состояние устройства РЗА: «выведено для технического обслуживания».

Участнику необходимо:

- проанализировать предусмотренную заданием схему устройства РЗА, цепей взаимодействия, цепей трансформаторов тока и напряжения.
- определить состав и последовательность действий и условий, указанных в рабочей программе и соответствии их требованиям нормативных документов.
- оформить рабочую программу в виде электронного документа.

Модуль F «Подготовка шаблона протокола технического обслуживания»

Задача состоит в разработке шаблона протокола технического обслуживания устройства РЗА в объеме «Наладка». При выполнении задания проверяются способности участника правильно пользоваться нормативно-технической документацией, при определении объемов и норм проведения операций по техническому обслуживанию:

- Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций (СО 34.35.302-2006).
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.
- Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ (РД 153-34.0-35.617-2001).
- СТО РусГидро 02.02.125-2015 «Гидроэлектростанции. Микропроцессорная релейная защита и автоматика. Техническое обслуживание. Объемы, нормы и требования»

Тип устройства, его параметры настройки и требования к этапам технического обслуживания, вносимым в протокол указывается в задании получаемом во время проведения чемпионата.

К содержанию протокола предъявляются требования в соответствии с Приложением А к СТО РусГидро 02.02.125-2015.

Исходными данными для задания являются:

- тип устройства РЗА;
- параметры настройки устройства РЗА;
- исполнительная схема устройства РЗА;
- руководство по эксплуатации устройства РЗА;
- фрагмент схемы первичных соединений энергообъекта;
- параметры электрического режима (для проверки РЗА под нагрузкой);
- нормативно-технические документы в электронном виде.

Участнику необходимо определить и занести в шаблон протокола технического обслуживания:

- состав параметров срабатывания измерительных органов РЗА, подлежащие проверке и оформлению в протоколе;
- состав групп независимых цепей для измерения сопротивления изоляции;
- объем проверок задействованных функций, определенных в задании;
- нормативное значение проверяемых параметров;
- корректное значение допустимых отклонений от нормативных значений проверяемых параметров;
- правильный объем опробования взаимодействия соответствующих проверяемым функциям;
- графическое изображение векторных диаграмм, соответствующих электрического режима (для проверки РЗА под нагрузкой);

- правильное определение ожидаемого значения токов и напряжений, подводимых к измерительным органам и поведение измерительных органов при этих величинах.

5. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

В данном разделе определены критерии оценки и количество начисляемых баллов (субъективные и объективные) (таблица). Общее количество баллов задания/модуля по всем критериям оценки составляет 100.

Критерий		Баллы		
		Мнение судей	Измеримая	Всего
A	Проверка трансформатора тока 10 кВ	0	15	15
B1	Проверка микропроцессорной защиты генератора	0	15	15
B2	Проверка микропроцессорной защиты блочного трансформатора	0	15	15
C	Анализ работы РЗА при технологическом нарушении	0	15	15
D	Определение допустимости нагрузки трансформатора тока	0	15	15
E	Разработка рабочей программы	0	10	10
F	Подготовка шаблона протокола технического обслуживания	0	15	15
	Всего:		100	100

Субъективные оценки – не используются.

6. ПРИЛОЖЕНИЯ К ЗАДАНИЮ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Состав документации и исходных данных, применяемых при подготовке к участию в корпоративном чемпионате и в процессе выполнения конкурсного задания.

	A	B1	B2	C	D	E	F
СТО РусГидро 02.02.125-2015 «Гидроэлектростанции. Микропроцессорная релейная защита и автоматика. Техническое обслуживание. Объемы, нормы и требования»;	+	+	+				+
Оперативное указание ОУ-10-2017(А) «О случаях неправильной работы устройств релейной защиты и автоматики во 2 квартале 2017 года»;		+					+
СО 153-34.03.603-2003 «Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках»;	+	+	+			+	
РД 153-34.0-35.301-2002 «Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты и измерения»	+				+		
Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.	+	+	+			+	
Правила устройства электроустановок					+		
Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ (РД 153-34.0-35.617-2001).	+					+	+
Типовые проектные решения ПАО «РусГидро» том ТПР 1.1. «Технические требования к шкафам и микропроцессорным устройствам защиты и автоматики»		+	+				
Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций (СО 34.35.302-2006).	+	+	+			+	+
Задание по настройке устройства РЗА		+	+		+		+
Исполнительные схемы устройства РЗА		+	+		+	+	+
Руководство по эксплуатации устройства РЗА		+	+		+		+
Методические указания по проверке устройства РЗА		+	+				+
Фрагмент схемы первичных соединений энергообъекта					+	+	+
Схема первичных соединений энергообъекта				+			

	A	B1	B2	C	D	E	F
Осциллограмма (в формате Comtrade)				+			
Схема соединения группы трансформаторов тока и нагрузки					+		
Характеристики трансформатора тока <ul style="list-style-type: none"> ▪ Номинальные токи обмоток ▪ Электрические параметры трансформатора тока и нагрузки в виде сопротивления (Ом) или полной мощности (В·А). 	+						
Характеристики трансформатора тока <ul style="list-style-type: none"> ▪ Номинальные токи обмоток ▪ Характеристика намагничивания группы трансформаторов тока. ▪ Электрические параметры трансформатора тока и нагрузки в виде сопротивления (Ом) или полной мощности (В·А). 					+		
Результаты измерения токов и напряжений во вторичных цепях трансформаторов тока для определения фактической нагрузки.					+		
Величины токов короткого замыкания					+		
Параметры электрического режима (для проверки РЗА под нагрузкой)							+

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Форма протокола проверки трансформатора тока.

**ПРОТОКОЛ
проверки трансформаторов тока в объеме наладки**

Объект: _____

Присоединение: _____

1. Внешний осмотр: _____

2. Паспортные данные трансформаторов тока:

Назначение	Тип	Зав. №	Коэф. Трансформации	Класс точности	S, ВА
1И1-1И2:					
2И1-2И2:					

3. Проверка трансформаторов тока

3.1 Произведены механическая ревизия шпилек ТТ, состояние выводов, сборки выводов.

Обнаружено:

3.2 Проверка сопротивления изоляции

Проверка сопротивления изоляция всех *вторичных обмоток* относительно корпуса и между собой производится мегаомметром на _____ В.

Значения сопротивления изоляции (МОм) для ТТ:

	Корпус	Вторичная обмотка ТТ 1И1-1И2	Вторичная обмотка ТТ 2И1-2И2
Вторичная обмотка ТТ 1И1-1И2		-	
Вторичная обмотка ТТ 2И1-2И2		-	-

3.3 Определение однополярных выводов первичной и вторичной обмоток и проверка их соответствия заводской маркировке

	ТТ фаза А
Однополярные зажимы	

3.4 Вольтамперные характеристики

3.4.1 Вольтамперные характеристики трансформатора тока:

Обмотка: 1И1-1И2

Ток, мА												
Напряжение, В												

Обмотка: 2И1-2И2

Ток, мА												
Напряжение, В												

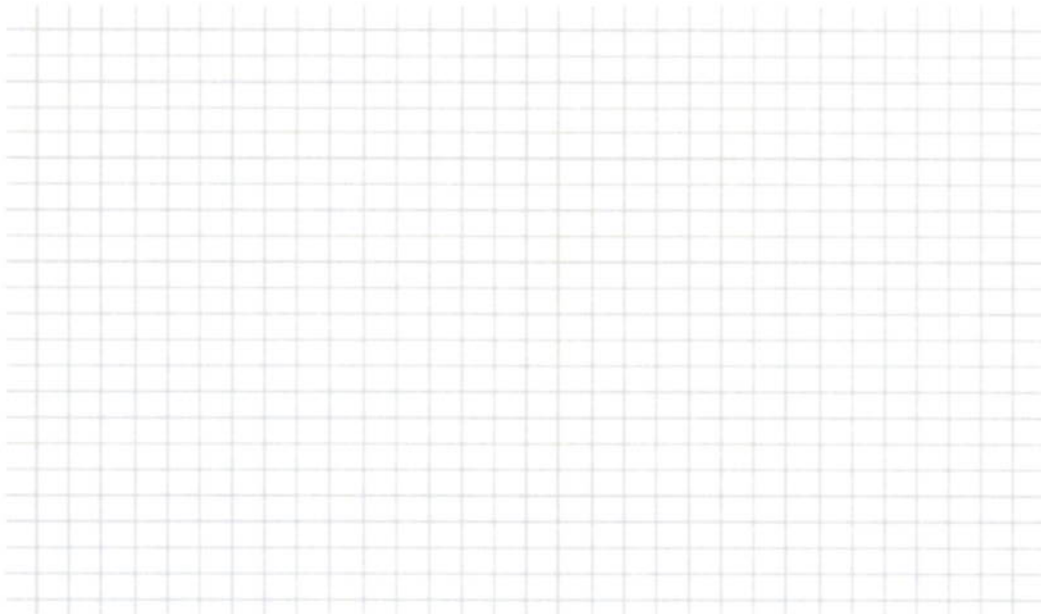


Рис.1 Вольт-амперная характеристика ТТ

3.5 Проверка коэффициента трансформации током _____ А

Керн	Расчетный вторичный ток _____ А вторичной обмотки	Установлен. Ктт.
1И1-1И2		
2И1-2И2		

3.7 Замечания: _____

3.8 Заключение: _____

Контрольные приборы:

Наименование средства измерения	Тип	Заводской №	Дата последней поверки	Дата очередной поверки

Проверку произвел: _____ / _____ /

(должность) (фамилия) (подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Форма протокола проверки микропроцессорной защиты генератора.

Протокол проверки защиты генератора

1. Проверено наличие на рабочем месте средств защиты:

Имеются в наличии необходимые	Отсутствуют

О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.

2. Проверено наличие и комплектность на рабочем месте необходимых электроизмерительных приборов и испытательной техники, аксессуаров к ним:

Наименование или назначение	Имеются в наличии необходимые	Отсутствуют
	в т.ч. аксессуары	аксессуары к нему
	в т.ч. аксессуары	аксессуары к нему

О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.

3. Проверено состояние и правильное применение средств защиты.

Наименование проверенного средства защиты	Подготовлено организаторами к применению правильно	Имеются замечания к применению или состоянию средств защиты

О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.

4. Проверка измерительного органа защиты

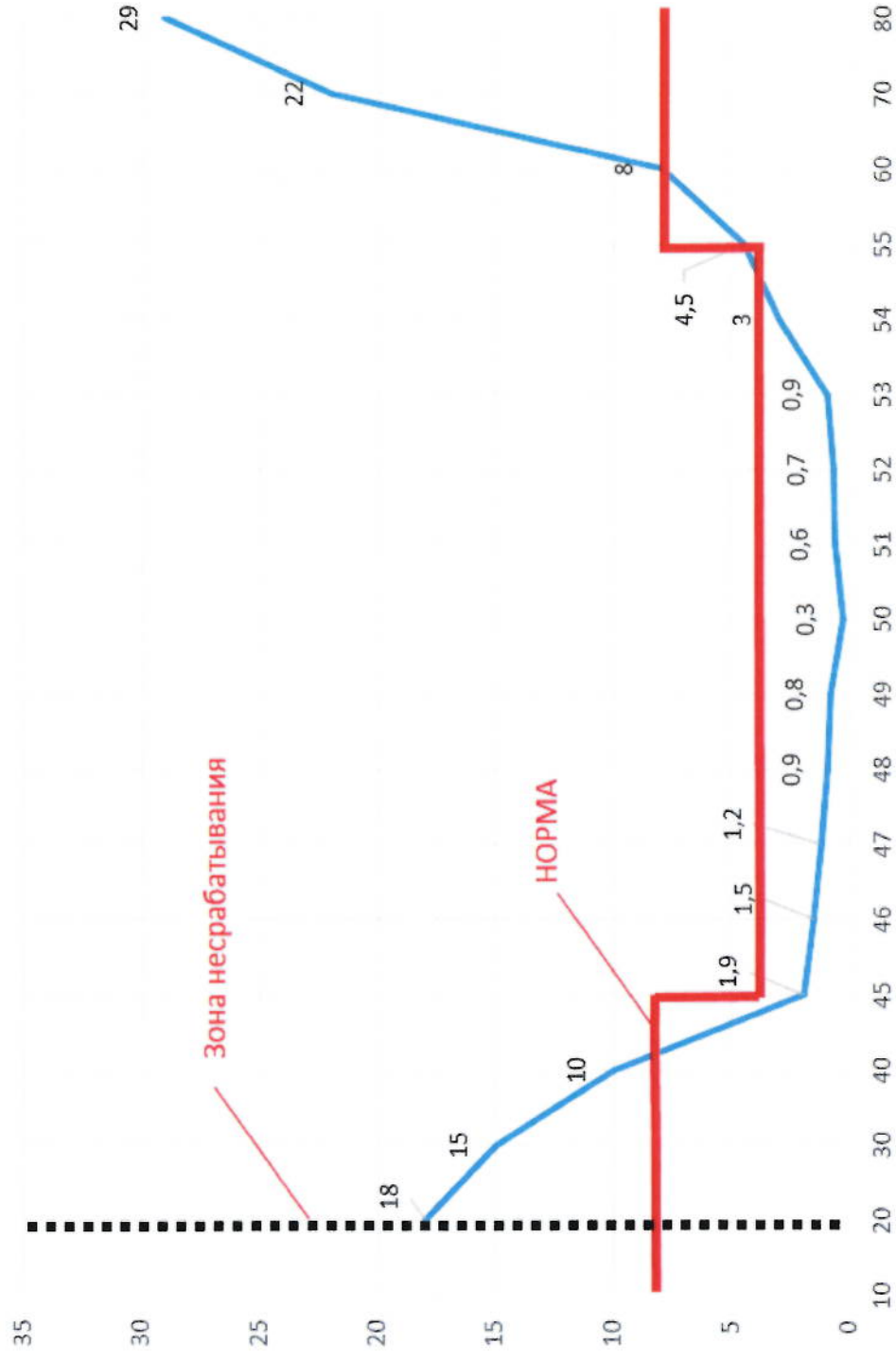
Наименование защиты _____

Измерительный орган	Обозначение параметра	Настройка	Частота	Срабатывание	Возврат	Отклонение от уставки	Погрешность	Допустимая погрешность
			10 Гц					
			20 Гц					
			30 Гц					
			40 Гц					
			50 Гц					
			51 Гц					
			52 Гц					
			53 Гц					
			54 Гц					
			55 Гц					
			60 Гц					
			70 Гц					
			80 Гц					

Допускается расширить таблицу необходимым количеством строк

Графическая характеристика, отражающая зависимость погрешности измерительных органов от частоты (пример)

Зависимость погрешности от частоты



Указать вид погрешности (абсолютная, относительная или приведенная).

5. Проверка времени срабатывания

Проверяемое воздействие *	Клеммы для подключения миллисекундомера	Назначение выходного воздействия устройства	Схемное обозначение выходного реле терминала	Логический сигнал в устройстве	Описание режима	Ожидаемое время, мс	Результат измерения, мс	Погрешность	Вывод о допустимости
	Значение(я) подаваемого от РЕТОМ параметра и(или) дискретных сигналов								

* Данный пример для одного из сигналов

6. Анализ осциллограммы

Проведен анализ осциллограммы, отражающей работу защиты

Сформированы корректно следующие выходные воздействия	Перечень: Назначение(я) выходного воздействия устройства
Сформированы излишне следующие выходные воздействия	Перечень: Назначение(я) выходного воздействия устройства
Не сформированы следующие выходные воздействия	Перечень: Назначение(я) выходного воздействия устройства

7. Анализ работы сигнализации

Проведен анализ сигнализации, отражающей работу защиты _____.

Сформированы корректно следующие световые сигналы	Перечень: Наименование светодиода(ов)
Сформированы излишне следующие световые сигналы	Перечень: Наименование светодиода(ов)
Не сформированы следующие световые сигналы	Перечень: Наименование светодиода(ов)

8. Восстановлено исходное состояние устройства

Проверку выполнил: _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Форма протокола проверки микропроцессорной защиты трансформатора.

Протокол проверки защиты трансформатора

1. Проверено наличие на рабочем месте средств защиты:

Имеются в наличии необходимые	Отсутствуют

О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.

2. Проверено наличие и комплектность на рабочем месте необходимых электроизмерительных приборов и испытательной техники, аксессуаров к ним:

Наименование или назначение	Имеются в наличии необходимые	Отсутствуют
	в т.ч. аксессуары	аксессуары к нему
	в т.ч. аксессуары	аксессуары к нему

О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.

3. Проверено состояние и правильное применение средств защиты.

Наименование проверенного средства защиты	Подготовлено организаторами к применению правильно	Имеются замечания к применению или состоянию средств защиты

О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.

4. Проверка выполнения задания по настройке

Проведен анализ параметров по настройке, влияющих на функционирование защиты _____.

Выявленные ошибки:

Наименование параметра, выполненного ошибочно	Значение выполненное	Требуемое значение

5. Проверка выполнения настроек дискретных входов и выходных реле

Проведен анализ настройки дискретных входов и выходных реле, влияющих на функционирование защиты _____.

Выявленные ошибки:

Наименование параметра, выполненного ошибочно	Значение выполненное	Требуемое значение

О выявленных несоответствиях сообщить эксперту и зафиксировать их в протоколе. После этого продолжить выполнение задания.

6. Проверка параметров срабатывания дискретных входов

Схемное обозначение дискретного входа	Напряжение срабатывания, В			Напряжение возврата, В			Вывод о соответствии
	Результат	Норма	Отклонение	Результат	Норма	Отклонение	

7. Проверка точности измерения аналоговых величин

Фазы отсчитываются от вектора напряжения фазы А, значение которого принимается за 0° . Величины подаются равными 0,5 А для токов, 57 В для напряжений.

Наименование входа	Значение величины			Значение фазы			Вывод о соответствии
	Значение измеренное	Погрешность	Допустимая погрешность	Значение измеренное	Погрешность	Допустимая погрешность	

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Отчет о результатах анализа работы РЗА при аварии.

Предшествующий режим		
Длительность _____ мс		
Повреждения или ненормальный режим №1		
Вид повреждения или ненормального режима <input type="checkbox"/> Однофазное замыкание на землю <input type="checkbox"/> Короткое замыкание на землю <input type="checkbox"/> Междофазное короткое замыкание <input type="checkbox"/> Междофазное короткое замыкание с замыканием на землю <input type="checkbox"/> Трехфазное короткое замыкание <input type="checkbox"/> Обрыв фазного проводника	Точка повреждения <input type="checkbox"/> К1 <input type="checkbox"/> К2 <input type="checkbox"/> К3 <input type="checkbox"/> К4 <input type="checkbox"/> К5 <input type="checkbox"/> К6	
Длительность _____ мс		
Величины токов:		
Точка К2 IA		кА
Точка К2 IB		кА
Точка К2 IC		кА
Точка К3 IA		кА
Точка К3 IB		кА
Точка К3 IC		кА
Величины напряжений:		
Точка К2 UA		кВ
Точка К2 UB		кВ
Точка К2 UC		кВ
Точка К3 UA		кВ
Точка К3 UB		кВ
Точка К3 UC		кВ
Симметричные составляющие тока:		
Точка К2 I1		кА
Точка К2 I2		кА
Точка К2 3I0		кА
Точка К3 I1		кА
Точка К3 I2		кА
Точка К3 3I0		кА
Симметричные составляющие напряжения:		
Точка К2 3U0		кВ
Точка К3 3U0		кВ

Повреждения или ненормальный режим №2	
Вид повреждения или ненормального режима <input type="checkbox"/> Однофазное замыкание на землю <input type="checkbox"/> Короткое замыкание на землю <input type="checkbox"/> Междофазное короткое замыкание <input type="checkbox"/> Междофазное короткое замыкание с замыканием на землю <input type="checkbox"/> Трехфазное короткое замыкание <input type="checkbox"/> Обрыв фазного проводника	Точка повреждения <input type="checkbox"/> К1 <input type="checkbox"/> К2 <input type="checkbox"/> К3 <input type="checkbox"/> К4 <input type="checkbox"/> К5 <input type="checkbox"/> К6
Длительность _____ мс	
Время срабатывания защиты на отключение (от начала осциллограммы) _____ мс	
Время действия выключателя _____ мс	

Анализ работы защит (отсчет времени происходит от начала осциллограммы)	
<i>Форма является рекомендованной. Приведен примерный подход к оформлению результатов анализа для одной из функций. Количество информации должно соответствовать потребности конкурсанта в анализе необходимого количества измерительных органов и выдержек времени.</i>	
Наименование защиты:	
Схемное обозначение измерительного органа	
Уставка (и) измерительного органа(ов), подлежащие анализу	
Уставка (и) защиты по времени	
Значение параметра аварийного режима на который включен измерительный орган	
Ожидаемое время срабатывания защиты	
Время срабатывания защиты	
Правильно сформированные воздействия	
Излишне сформированные воздействия	
Несформированные воздействия	
Оценка действия защиты	<input type="checkbox"/> Правильно <input type="checkbox"/> Неправильно (ложно) <input type="checkbox"/> Неправильно (излишне) <input type="checkbox"/> Неправильно (отказ) <input type="checkbox"/> Допущенное неправильное

Анализ выполнил _____

**Справка
о работе РЗА при авариях, инцидентах, технологических нарушениях**

Наименование организации			
Наименование энергообъекта			
дата и время начала события местное (московское)	ДД.ММ.ГГГГ чч:мм (ДД.ММ.ГГГГ чч:мм мск)		
Исходное состояние схемы электроустановки(ок)	<i>Указывается информация о состоянии основного и(или) вспомогательного оборудования и описание электроэнергетического режима, влияющие на оценку действия РЗА</i>		
Оборудование (основное, вспомогательное) или ЛЭП, отключенные действием РЗА			
Основное оборудование или ЛЭП, включенные действием РЗА	<i>Указывается при работе АПВ, АЧВР, АОПН и т.п.</i>		
Последствия срабатывания (отказа срабатывания) РЗА (только при отсутствии отключенного, включенного оборудования или ЛЭП)			
Информация о характере повреждения или ненормального режима, послужившего причиной работы РЗА	Место повреждения		
	Вид повреждения или ненормального режима		
	Фаза(ы) (только для РЗ)		
	Источник информации (для случаев возникновения на объектах прочих субъектов электроэнергетики)		
Описание события	<i>Текстовое описание в объеме, который является минимальным и достаточным для подтверждения выставленных действиям РЗА оценок.</i>		
Оценка действия РЗА	Правильно		Вид оценки (Окончательная/Предварительная)
	<i>Наименование устройства РЗА 1</i>	<i>Наименование функции 1 Наименование функции 2</i>	<i>Окончательная Окончательная</i>
	<i>Наименование устройства РЗА 2</i>	<i>Наименование функции 1</i>	<i>Окончательная Окончательная</i>

		<i>Наименование функции 2</i>		
	<i>Ложная работа</i>			
	<i>Излишняя работа</i>			
	<i>Отказ</i>			
	<i>Наименование устройства РЗА 2</i>	<i>Наименование функции 3</i>		<i>Предварительная</i>
	<i>Допущенное неправильное</i>			
Показания приборов ОМП (только для ЛЭП 35 кВ и выше, оснащенных приборами ОМП)	Фактическое место повреждения, км (обязательно только для сетевых организаций, при наличии информации о результатах)			
	Источник информации о фактическом месте повреждения			
	<i>Наименование устройства 3</i>	<i>Результаты электрических измерений</i>	<i>Расстояние, км</i>	<i>Погрешность ОМП, %</i>
	<i>Наименование устройства 4</i>	<i>Результаты электрических измерений</i>	<i>Расстояние, км</i>	<i>Погрешность ОМП, %</i>
Запланированные мероприятия по выявлению причин неправильной работы РЗА	<i>Текстовое описание. Например: Внеплановая проверка, поданы диспетчерские заявки на 12-14.05.2019 Назначено расследование.</i>			
Наличие и статус снятия осциллограмм, журналов событий, трендов (прилагаются к справке)	<i>Наименование устройства РЗА 1</i>	<i>Сняты. Прилагаются к справке.</i>		
	<i>Наименование устройства РЗА 2</i>	<i>Сняты. Прилагаются к справке.</i>		
Дата создания (обновления) справки				

Начальник СРЗА и М

И.О. Фамилия

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 Форма оформления результатов оценки допустимости нагрузки трансформаторов тока

Паспортные данные трансформаторов тока:

Фаза	Схемное обозначение обмотки	Тип	Коэф. Трансформации	Класс точности	S, ВА

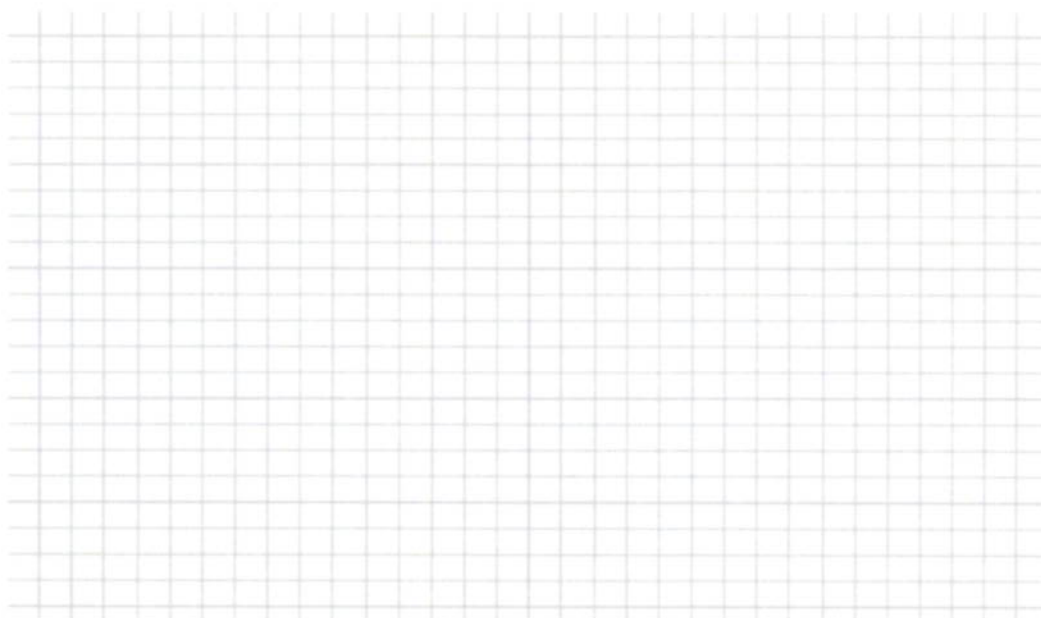


Рис.1 Вольт-амперная характеристика ТТ

Ток трехфазного короткого замыкания _____ кА

Ток однофазного короткого замыкания _____ кА

Параметры нагрузки

Схемное обозначение элемента	Наименование электротехнического изделия	Известные технические данные	Электрические параметры элемента в схеме замещения

Справочная информация: Удельное электрическое сопротивление меди, принимаемое при расчете $\rho = 0,018 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$

Схема замещения:

Изображается участником

Величина нагрузки на каждую фазу трансформатора тока при номинальном токе:

Z_a	
Z_b	
Z_c	
Z_{a0}	
Z_{b0}	
Z_{c0}	

Определение погрешности

Однофазное КЗ	Трехфазное КЗ
$I_{2расч} = \frac{I_{1расч}}{K_{тт}} =$	$I_{2расч} = \frac{I_{1расч}}{K_{тт}} =$
$U_{2расч} = I_{2расч} \cdot (Z_2 + Z_{нагр}) =$	$U_{2расч} = I_{2расч} \cdot (Z_2 + Z_{нагр}) =$
$I_{нам} = A;$	$I_{нам} = A;$
$\varepsilon = (I_{нам} / I_{2расч})100\% =$	$\varepsilon = (I_{нам} / I_{2расч})100\% =$

Ток в измерительном органе защиты:

Коэффициент чувствительности защиты

	Результат вычисления	Требование ПУЭ
Однофазное КЗ		
Трехфазное КЗ		

Вывод о допустимости применения трансформатора тока: