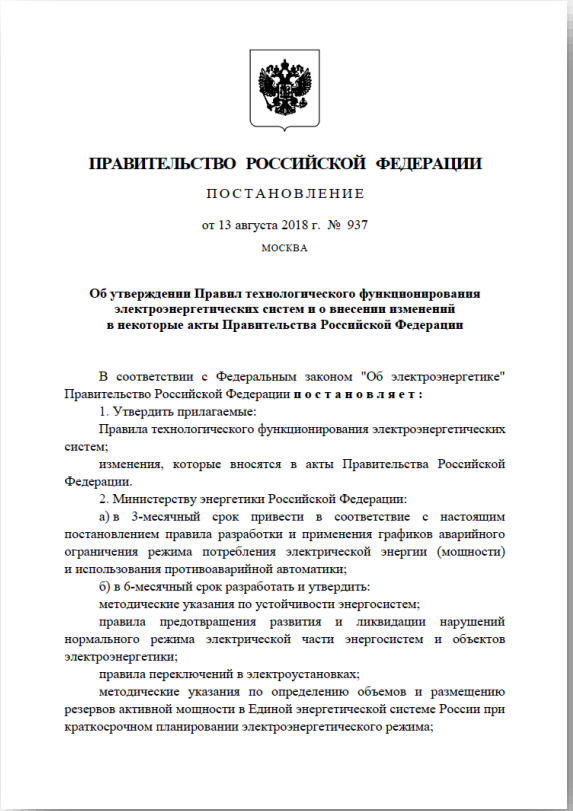
Научно-практическая конференция «Измерительные трансформаторы тока»
23 ноября 2022, ПАВИЛЬОН №55 (ВДНХ), Конференц-зал, 3 этаж

СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

Вопросы обеспечения правильной работы устройств релейной защиты в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ

Расщепляев Антон Игоревич,
Ведущий эксперт СРЗА АО «СО ЕЭС», член секции НП «НТС ЕЭС»

Постановление правительства РФ от 13.08.2018 №937



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 13 августа 2018 г. № 937

МОСКВА

Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации

В соответствии с Федеральным законом "Об электроэнергетике" Правительство Российской Федерации **п о с т а н о в л я е т :**

1. Утвердить прилагаемые:

Правила технологического функционирования электроэнергетических систем;

изменения, которые вносятся в акты Правительства Российской Федерации.

2. Министерству энергетики Российской Федерации:

а) в 3-месячный срок привести в соответствие с настоящим постановлением правила разработки и применения графиков аварийного ограничения режима потребления электрической энергии (мощности) и использования противоаварийной автоматики;

б) в 6-месячный срок разработать и утвердить:

методические указания по устойчивости энергосистем;

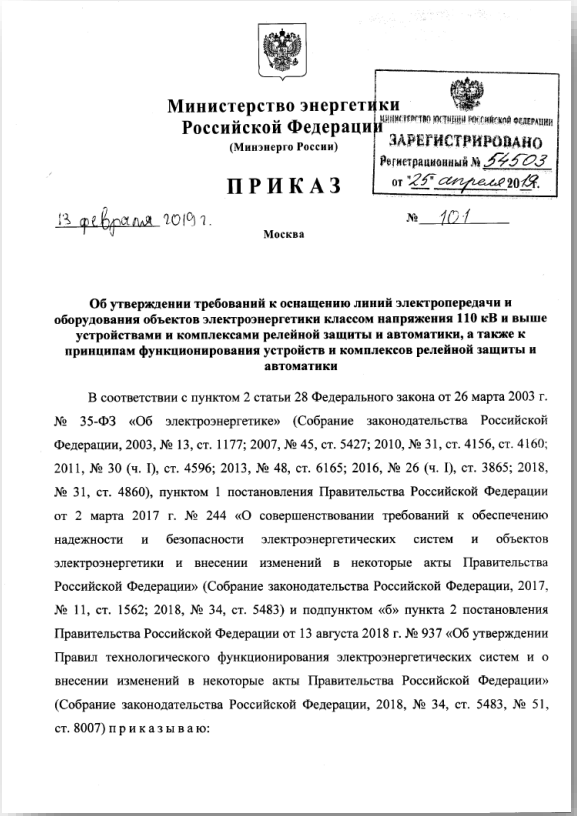
правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем и объектов электроэнергетики;

правила переключений в электроустановках;

методические указания по определению объемов и размещению резервов активной мощности в Единой энергетической системе России при краткосрочном планировании электроэнергетического режима;

128. Технические характеристики трансформаторов тока и подключенных к ним устройств релейной защиты в совокупности должны обеспечивать правильную работу устройств релейной защиты при коротких замыканиях, в том числе при возникновении апериодической составляющей тока.

Приказ Минэнерго России от 13.02.2019 №101



Министерство энергетики
Российской Федерации
(Минэнерго России)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
Регистрационный № 54503
от "25" апреля 2019 г.

ПРИКАЗ

13 февраля 2019 г. № 101

Москва

Об утверждении требований к оснащению линий электропередачи и оборудования объектов электроэнергетики классом напряжения 110 кВ и выше устройствами и комплексами релейной защиты и автоматики, а также к принципам функционирования устройств и комплексов релейной защиты и автоматики

В соответствии с пунктом 2 статьи 28 Федерального закона от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2003, № 13, ст. 1177; 2007, № 45, ст. 5427; 2010, № 31, ст. 4156, ст. 4160; 2011, № 30 (ч. I), ст. 4596; 2013, № 48, ст. 6165; 2016, № 26 (ч. I), ст. 3865; 2018, № 31, ст. 4860), пунктом 1 постановления Правительства Российской Федерации от 2 марта 2017 г. № 244 «О совершенствовании требований к обеспечению надежности и безопасности электроэнергетических систем и объектов электроэнергетики и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2017, № 11, ст. 1562; 2018, № 34, ст. 5483) и подпунктом «б» пункта 2 постановления Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 г. № 937 «Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2018, № 34, ст. 5483, № 51, ст. 8007) п р и к а з ы в а ю:

46. Технические характеристики устройства РЗА должны содержать сведения о минимально необходимом времени достоверного измерения значения тока, при котором обеспечивается правильная работа функций РЗ, реализованных в устройства РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ.

ПНСТ 283-2018. ТРАНСФОРМАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ.
Часть 2 Технические условия на трансформаторы тока

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
(Росстандарт)

ПРИКАЗ

30 октября 2018 г. № 51-пнст

Москва

Об утверждении предварительного национального стандарта Российской Федерации

В соответствии со статьей 25 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» приказываю:

1. Утвердить предварительный национальный стандарт Российской Федерации ПНСТ 283–2018 «Трансформаторы измерительные. Часть 2. Технические условия на трансформаторы тока» с датой введения в действие 1 января 2019 г. и сроком действия до 1 января 2022 г.

2. Управлению технического регулирования и стандартизации (Д.А.Тощев) обеспечить:

направление результатов мониторинга и оценки применения утвержденного настоящим приказом стандарта в технический комитет по стандартизации «Электроэнергетика» (ТК 016) не позднее 1 сентября 2021 г.;

размещение информации об утвержденном настоящим приказом стандарте на официальном сайте Росстандарта в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – официальный сайт) с учетом законодательства о стандартизации.

3. Федеральному государственному унитарному предприятию «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (В.А.Витушкин) разместить настоящий приказ и утвержденный им стандарт на официальном сайте в установленном порядке.

4. Закрепить утвержденный настоящим приказом стандарт за Управлением технического регулирования и стандартизации.

Заместитель Руководителя А.П.Шалаев

Подлинник электронного документа, подписанного ЭП, хранится в системе электронного документооборота Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.
СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП
Сертификат: 00E1D36ECAA311E7E0CA0D07183A55F1C2
Кому выдан: Шалаев Антон Павлович
Действителен: с 16.11.2017 до 16.11.2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ 283—2018

ТРАНСФОРМАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Часть 2

Технические условия на трансформаторы тока

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

СТАНДАРТИНФОРМ. Не для распространения

ГОСТ Р 58669-2019 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях»

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ (Росстандарт)

ПРИКАЗ

19 ноября 2019 г. № 1195-ст

Москва

Об утверждении национального стандарта Российской Федерации

В соответствии со статьей 24 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» приказываю:

1. Утвердить национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 58669 –2019 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях» с датой введения в действие 1 января 2020 г.

Введен впервые.

2. Управлению технического регулирования и стандартизации (И.А.Киреева) обеспечить размещение информации об утвержденном настоящим приказом стандарте на официальном сайте Росстандарта в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – официальный сайт) с учетом законодательства о стандартизации.

3. Федеральному государственному унитарному предприятию «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (А.Н.Михеев) разместить настоящий приказ и утвержденный им стандарт на официальном сайте в установленном порядке.

4. Закрепить утвержденный настоящим приказом стандарт за Управлением технического регулирования и стандартизации.

Заместитель Руководителя А.П.Шалаев

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58669—2019

Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА. ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНДУКТИВНЫЕ С ЗАМКНУТЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях

Издание официальное

Москва Стандартинформ 2020

Серия ГОСТ Р «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика…. Функциональные требования»

ГОСТ Р устанавливают основные функциональные требования к микропроцессорным устройствам релейной защиты и автоматики, реализующим функции:

- Дистанционной и токовых защит ЛЭП и оборудования классом напряжения 330 кВ и выше.
- Дистанционной и токовых защит ЛЭП и оборудования классом напряжения 110 – 220 кВ.
- Дифференциальной защиты ЛЭП классом напряжения 330 кВ и выше.
- Дифференциальной защиты ЛЭП классом напряжения 110 – 220 кВ.
- Дифференциально-фазной защиты ЛЭП классом напряжения 330 кВ и выше.
- Дифференциально-фазной защиты ЛЭП классом напряжения 110 - 220 кВ.
- Направленной высокочастотной защиты ЛЭП классом напряжения 110 - 220 кВ.
- Релейной защиты и автоматики АТ(Т), ШР, УШР, конденсаторных батарей с высшим классом напряжения 110 кВ и выше.

Устройства РЗ должны обеспечивать правильную работу при указанном в документации организации-изготовителя минимальном времени достоверного измерения значения тока в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ.

Разработка ГОСТ Р

ГОСТ Р «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Требования к работе устройств релейной защиты линий электропередачи классом напряжения 110 кВ и выше в переходных режимах, сопровождающихся насыщением трансформаторов тока».

Стандарт устанавливает:

- **основные требования к работе микропроцессорных устройств РЗА, содержащих функции устройств РЗ ЛЭП 110 кВ и выше в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ;**
- **требования к технической документации на микропроцессорные устройства РЗА;**
- **порядок и методики проведения испытаний устройств РЗ ЛЭП 110 кВ и выше для проверки их соответствия указанным требованиям.**

Требования к работе быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше в переходных режимах, сопровождающихся насыщением трансформаторов тока

- **Быстродействующие защиты ЛЭП 110 кВ и выше должны обеспечивать правильную работу при указанном в технической документации организации-изготовителя минимально необходимом времени достоверного измерения значения тока в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ.**

- **При внутренних КЗ время срабатывания быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше не должно превышать значений, заявленных производителем в технической документации:**
  - **для ДФЗ, ДЗЛ, НВЧЗ, а также для телеускоряемых ступеней ДЗ и ТНЗНП – при КЗ в пределах всей их зоны действия;**
  - **для первой ступени ДЗ – при КЗ в пределах 90 % её зоны действия;**
  - **для первой ступени ТНЗНП – при КЗ, сопровождающихся значением тока не менее 1,1 от тока срабатывания первой ступени ТНЗНП.**

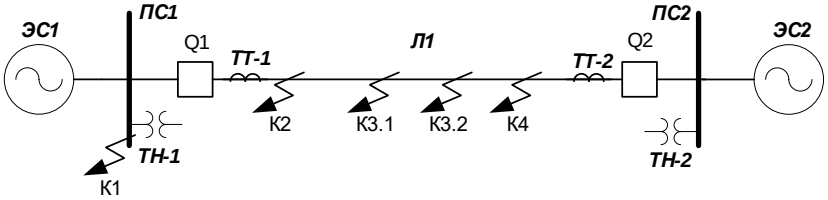
Требования к работе быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше в переходных режимах, сопровождающихся насыщением трансформаторов тока

- При переходе внешнего КЗ во внутреннее в условиях наличия насыщения ТТ время срабатывания быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше на отключение (без учета времени срабатывания выходного реле) должно составлять не более 60 мс.
- Для первых ступеней ДЗ и ТНЗНП должно быть обеспечено отсутствие излишних срабатываний при КЗ с насыщением ТТ «за спиной» защиты, а также за пределами зоны действия ступени защиты.
- Для быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше должно быть обеспечено отсутствие излишних срабатываний при внешних КЗ, сопровождающихся насыщением ТТ.
- Быстродействующие защиты ЛЭП 330 кВ и выше должны обеспечивать правильное определение поврежденной фазы в условиях насыщения ТТ.

Требования к составу информации, определяющей работу быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ, которая должна содержаться в технической документации

- минимально необходимое время достоверного измерения значения тока, при котором обеспечивается правильная работа быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше, реализованных в устройстве РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ;
- возможность подключения быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше к ТТ классов точности 5P, 10P, 5PR, 10PR, TPY, TPZ;
- возможность подключения полукомплектов устройств релейной защиты и автоматики, в которых реализованы функции ДФЗ, ДЗЛ и НВЧЗ ЛЭП 110 кВ и выше к ТТ разных классов точности: 5P, 10P, 5PR, 10PR, TPY, TPZ;
- возможность подключения быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше к ТТ разных классов точности (5P, 10P, 5PR, 10PR, TPY, TPZ) в цепях выключателей при включении данного устройства по схеме с внутренним суммированием токов;
- время срабатывания быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше.

Проведение функциональных испытаний устройств релейной защиты и автоматики, реализующих функции релейной защиты ЛЭП 110 кВ и выше, подключенных к ТТ ЛЭП



Тестовая модель для проведения функциональных испытаний устройств РЗА, реализующих функции релейной защиты ЛЭП 110 кВ и выше

- **Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при близком КЗ (точка К2)**
- **Проверка работы устройств ДЗ при КЗ на расстоянии 90 % «охвата» первой ступени ДЗ (точка К3.2)**
- **Проверка работы устройств ТНЗНП при КЗ в прямом направлении, сопровождающееся током, соответствующим 1,1 от тока срабатывания первой ступени ТНЗНП (точка К3.1)**
- **Проверка работы устройств ДЗ при КЗ на расстоянии 110 % «охвата» первой ступени ДЗ (точка К4)**
- **Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при близких КЗ «за спиной» (точка К1)**
- **Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при переходе внешнего КЗ во внутреннее с насыщением ТТ в одной из фаз (точка К1→точка К2)**
- **Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при внутреннем КЗ на фоне внешнего в другой фазе с насыщением ТТ в одной из фаз при внутреннем КЗ (точка К1 + точка К2)**
- **Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при внешнем КЗ (точка К1) с насыщением трансформатора тока в неповрежденной фазе**

Модели ТТ

Параметр	Значение
Номинальный первичный ток ТТ, А	1000
Номинальный вторичный ток ТТ, А	1
Сопротивление вторичной обмотки, Ом	5
Сопротивление нагрузки (на фазу), Ом	5
Максимальное значение коэффициента остаточной намагниченности, о.е.	0,86
Напряжение насыщения, В	100

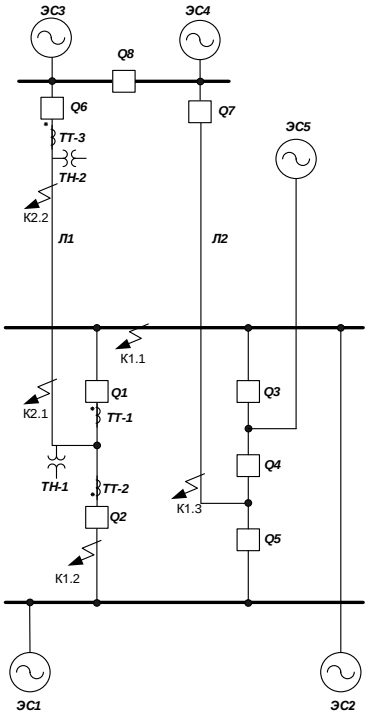
Вольтамперная характеристика (U - I)	
Напряжение U, В	0; 25; 50; 75; 80; 85; 90; 95; 99; 100
Ток I, А	0; 0,00215; 0,00430; 0,00675; 0,00750; 0,00868; 0,01100; 0,02000; 0,04400; 0,05000

$$U_{\text{нас}} = U_{2sin} \cdot K_{\text{п.р.}} \frac{1}{1 - K_r}$$

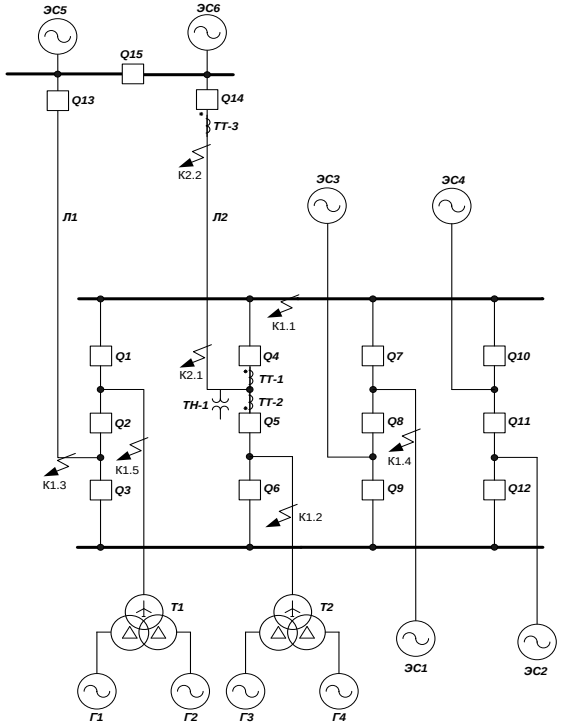
$$U_{2sin} = \frac{I_{\text{КЗ}}}{I_{1.\text{ном}}} I_{2.\text{ном}} (R_2 + R_{\text{н}})$$

$$K_{\text{п.р.}} = \omega T_{\text{а}} \left(1 - e^{-\frac{t_{\text{РЗ}}}{T_{\text{а}}}}\right) - sin(\omega t_{\text{РЗ}})$$

Проведение функциональных испытаний устройств релейной защиты и автоматики, реализующих функции релейной защиты ЛЭП 110 кВ и выше, подключенных на сумму ТТ



Тестовая модель для проведения функциональных испытаний устройств РЗА, реализующих функции релейной защиты ЛЭП 110-220 кВ

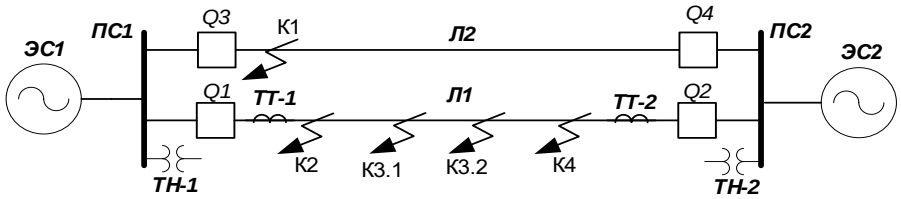


Тестовая модель для проведения функциональных испытаний устройств РЗА, реализующих функции релейной защиты ЛЭП 330 кВ и выше

Проведение функциональных испытаний устройств релейной защиты и автоматики, реализующих функции релейной защиты ЛЭП 110 кВ и выше, подключенных на сумму ТТ

- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при близких КЗ (точка К2.1).
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при удаленных внутренних КЗ (точка К2.2, 75 % от шин РУ) без насыщения ТТ с направлением токов в ветвях выключателей, характерном для режимов внешних (сквозных) КЗ.
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при близком внешнем («за спиной») КЗ (точка К1.1).
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при внешних («за спиной») КЗ на смежном присоединении (с остаточным фазным напряжением в месте установки защиты не менее 10 %) (точка К1.3, на расстоянии 5 км от шин РУ).
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при близких внешних («за спиной») КЗ с изменением значений/направлений токов в ветвях выключателей при каскадном отключении повреждения (смежного присоединения).
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при переходе внешнего КЗ во внутреннее с насыщением ТТ в одной из фаз (точка К1.2→точка К2.1)
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при внутренних КЗ на фоне внешнего в другой фазе с насыщением ТТ в одной из фаз при внутреннем КЗ (точка К1.2 + точка К2.1)
- Проверка работы устройств РЗ ЛЭП 110 кВ и выше при внешних КЗ (точка К1.1) с насыщением трансформатора тока ТТ-1 в неповрежденной фазе (за счёт перераспределения токов во вторичных цепях группы ТТ, соединенных по схеме «звезда»)

Проведение функциональных испытаний устройств релейной защиты и автоматики, реализующих функции релейной защиты ЛЭП 110 кВ и выше, подключенных к ТТ ЛЭП класса точности 5PR, 10 PR, TPY, TPZ



- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при близком внутреннем КЗ (точка К2) с неуспешным ТАПВ/ОАПВ
- Проверка работы устройств ДЗ при КЗ в прямом направлении на расстоянии 90 % «охвата» первой ступени ДЗ (точка К3.2) с неуспешным ТАПВ/ОАПВ
- Проверка работы устройств ТНЗНП при КЗ в прямом направлении, сопровождающееся током, соответствующим 1,1 от тока срабатывания первой ступени ТНЗНП (точка К3.1), с неуспешным ТАПВ/ОАПВ
- Проверка работы устройств ДЗ при КЗ в прямом направлении на расстоянии 110 % «охвата» первой ступени ДЗ (точка К4) с неуспешным ТАПВ/ОАПВ
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при близких внешних КЗ (точка К1) с неуспешным ТАПВ/ОАПВ
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при переходе внешнего КЗ во внутреннее (точка К1→точка К2)
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при развивающихся внешних КЗ (точка К1) с преобладанием в токе апериодической составляющей

Модели ТТ

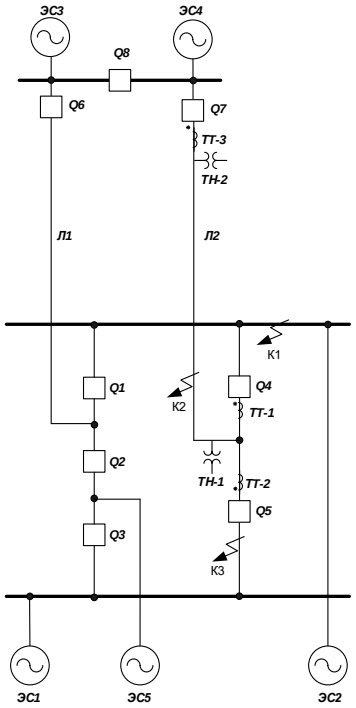
Параметр	Значение
Номинальный первичный ток ТТ, А	1000
Номинальный вторичный ток ТТ, А	1
Сопротивление вторичной обмотки, Ом	5
Сопротивление нагрузки (на фазу), Ом	5
Площадь поперечного сечения, м^2	0,000231
Длина средней линии, м	0,05
Длина воздушного зазора, м	0
Характеристика намагничивания стали	
Магнитная индукция (B), Тл	0; 0,50; 1,00; 1,50; 1,95
Напряженность поля (H), А/м	0; 9; 18; 30; 50

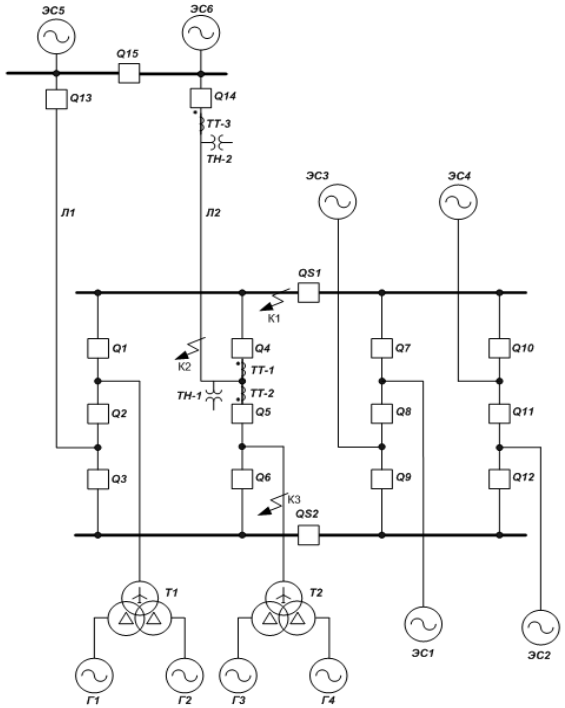
TPZ	TPZ
TPZ	TPY
TPZ	P
TPY	TPY
TPY	P
PR	PR
PR	P

$$K_{п.р.}(t) = max\left\{\frac{\omega T_a T_s}{T_a - T_s}\left(e^{-\frac{t}{T_a}} - e^{-\frac{t}{T_a}}\right) - sin\,\omega t\right\},\ t \in (0, t_{К31})$$

$$K_{п.р.}(t) = max\left\{K_{п.р.}(t) + \frac{\omega T_a T_s}{T_a - T_s}\left(e^{-\frac{t-t_2}{T_a}} - e^{-\frac{t-t_2}{T_s}}\right) - sin\,\omega\ (t - t_2)\right)\right\},\ t \in (t_2, t_2 + t_{К32})\Big)$$

Проведение функциональных испытаний устройств релейной защиты и автоматики, реализующих функции релейной защиты ЛЭП 110 кВ и выше, подключенных на сумму ТТ класса точности 5PR, 10 PR, TPY, TPZ





- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при близких внешних («за спиной») КЗ (точка К1)
- Проверка работы быстродействующих защит ЛЭП 110 кВ и выше при переходе внешнего КЗ во внутреннее с успешным ТАПВ/ОАПВ (точка К3→точка К2)

Выбор параметров ТТ

ГОСТ Р «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Методические указания по определению параметров электромагнитных трансформаторов тока для обеспечения правильного функционирования релейной защиты в переходных режимах».

Устанавливает требования к определению класса точности (5P, 10P, 5PR, 10PR, TPY, TPZ) и иных параметров электромагнитных трансформаторов тока для обеспечения правильного функционирования релейной защиты в переходных режимах.

Положения стандарта направлены на обеспечение выполнения требований Правил технологического функционирования электроэнергетических систем (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 13.08.2018 № 937) (пункт 128), в соответствии с которыми технические характеристики трансформаторов тока и подключенных к ним устройств релейной защиты в совокупности должны обеспечивать правильную работу устройств релейной защиты при коротких замыканиях, в том числе при возникновении апериодической составляющей тока.

Общие положения

Для обеспечения правильной работы устройств РЗ в переходных режимах КЗ, в том числе при наличии апериодической составляющей тока, необходимо:

- выбрать один из следующих классов точности ТТ: 5P, 10P, 5PR, 10PR TPY, TPZ;
- с учетом выбранного класса точности ТТ выбрать следующие параметры ТТ:
  - номинальный первичный ток;
  - номинальный вторичный ток;
  - номинальная вторичная нагрузка;
  - номинальная предельная кратность;
  - номинальный коэффициент переходного режима (для ТТ класса точности TPY, TPZ);
  - номинальная постоянная времени вторичного контура (для ТТ класса точности 5PR, 10PR, TPY, TPZ)

Требования к выбору класса точности трансформаторов тока

Выбор класса точности ТТ следует выполнять в зависимости от необходимости обеспечения следующих требований производителей устройств РЗА, подключенных (планируемых к подключению) к таким ТТ:

- требование к минимально необходимому времени достоверного измерения значения тока, при котором обеспечивается правильная работа функций РЗ, реализованных в устройстве РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ;
- требование (при его наличии) к точности трансформации периодической составляющей тока КЗ в переходных режимах (погрешность периодической составляющей тока в переходном режиме не более 10 %);
- требование (при его наличии) к точности трансформации полного (с учётом апериодической составляющей) тока КЗ в переходных режимах (максимальная мгновенная погрешность тока в переходном режиме не более 10 %).

Исходные данные для расчетов

- минимально необходимое время достоверного измерения значения тока, при котором обеспечивается правильная работа функций РЗ, реализованных в устройстве РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ, заявленное производителем устройства РЗА;
- длительно допустимая токовая нагрузка линии электропередачи (оборудования);
- максимальное значение тока КЗ, определенное в соответствии со следующими условиями:
  - схемно-режимные условия и расчетная точка КЗ должны быть выбраны таким образом, чтобы через выбираемый ТТ при КЗ проходил наибольший ток $I_{КЗ}$
  - при определении параметров ТТ необходимо рассматривать трехфазные КЗ, а для сетей с глухозаземленной нейтралью - трехфазные и однофазные КЗ
- эквивалентная постоянная времени Та, рассчитанная в соответствии с ГОСТ Р 58669
- время отключения КЗ (полное время ликвидации КЗ)
- время бестоковой паузы АПВ (принимается равной уставке АПВ при опробовании поврежденного сетевого элемента)
- фактическое сопротивление нагрузки ТТ

Требования к выбору номинального первичного тока, номинального вторичного тока, номинальной вторичной нагрузки трансформаторов тока

Значение номинального первичного тока ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р (1.15.016-1.097.20). При этом выбирается ближайшее значение удовлетворяющее условию:

$$I_{1.\text{ном}} \geq I_{\text{доп}}$$

Значение номинального вторичного тока ТТ необходимо принимать равным 1 А. При наличии технического обоснования значение номинального вторичного тока ТТ допускается принимать равным 5 А.

Значение номинальной вторичной нагрузки ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р (1.15.016-1.097.20). При этом выбирается ближайшее по величине значение удовлетворяющее условию:

$$z_{2\text{ном}} \geq z_{\text{н.факт}}$$

Требования к выбору номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима трансформаторов тока

Выбор значений номинальной предельной кратности для трансформаторов тока класса точности 5P, 10P, 5PR, 10PR необходимо осуществлять с соблюдением следующего требования: значение номинальной предельной кратности ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р (1.15.016-1.097.20). При этом выбирается ближайшее по величине значение удовлетворяющая условию:

$$K_{\text{ном}} \geq \frac{\omega \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_{\text{РЗ}}}{T_a}}\right) + 1}{1 - k_r} \cdot \frac{I_{\text{КЗ}}}{I_{1\text{ном}}};$$

Примечание:

Допускается скорректировать полученные значения номинальной предельной кратности или номинальной вторичной нагрузки ТТ в соответствии зависимостью коэффициента номинальной кратности ТТ от мощности нагрузки обмоток ТТ, предоставляемой производителем ТТ в эксплуатационной документации на конкретный тип ТТ в соответствии с ГОСТ Р (1.15.016-1.097.20)

Требования к выбору номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима трансформаторов тока

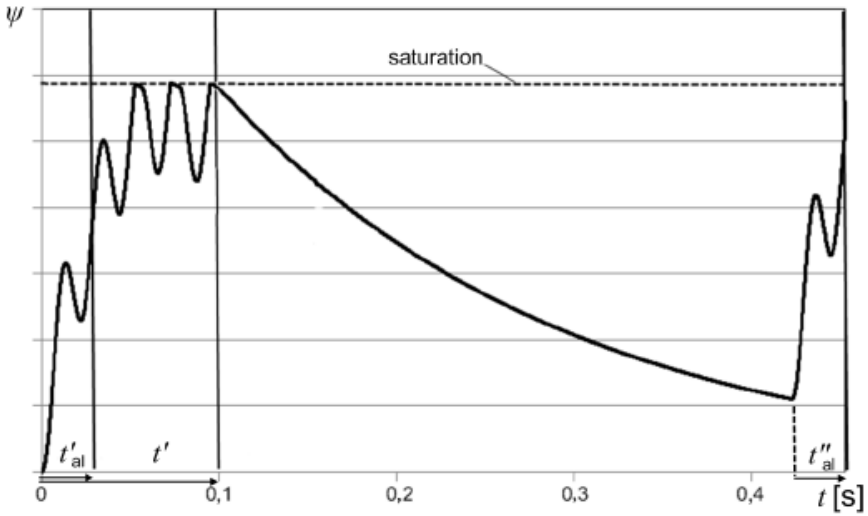
Значение номинальной постоянной времени вторичного контура Ts необходимо рассчитывать по формуле:

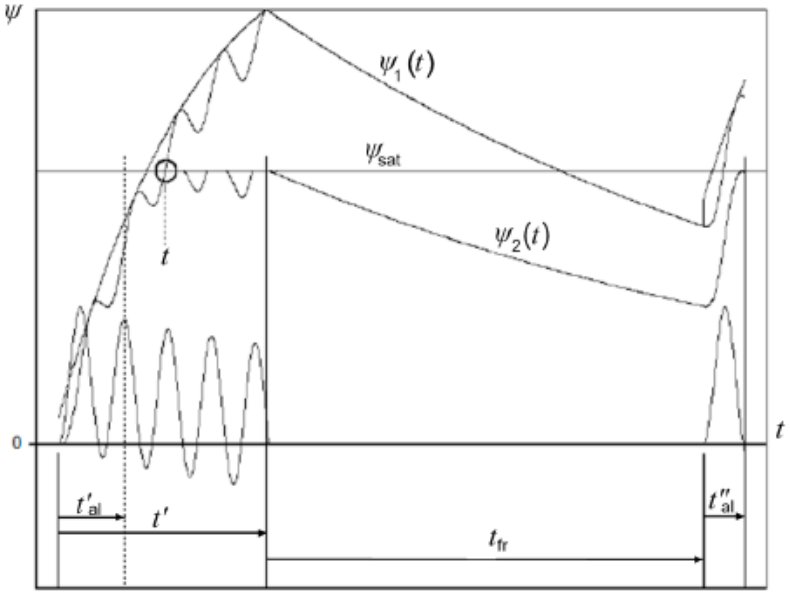
$$T_{S.ном} \leq \frac{t_{бт}}{3},$$

время бестоковой паузы АПВ (принимается равной уставке АПВ при опробовании поврежденного сетевого элемента)

Примечание:
При отсутствии АПВ на оборудовании, на котором устанавливается ТТ, в качестве $t_{бт}$ необходимо принимать уставку АПВ сетевого элемента, повторное включение которого на КЗ приведет к протеканию тока КЗ через рассматриваемый ТТ

Требования к выбору номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима трансформаторов тока





Требования к выбору номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима трансформаторов тока

Значение номинальной предельной кратности ТТ класса точности TPY, TPZ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р (1.15.016-1.097.20). При этом выбирается ближайшее по величине значение удовлетворяющее условию:

$$K_{\text{ном}} \geq \frac{1}{1-k_r} \cdot \frac{I_{\text{КЗ}}}{I_{1\text{ном}}}$$

Примечание:

Допускается скорректировать полученные значения номинальной предельной кратности или номинальной вторичной нагрузки ТТ в соответствии зависимостью коэффициента номинальной кратности ТТ от мощности нагрузки обмоток ТТ, предоставляемой производителем ТТ в эксплуатационной документации на конкретный тип ТТ в соответствии с ГОСТ Р (1.15.016-1.097.20)

Требования к выбору номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима трансформаторов тока

Значения номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ класса точности TPY и номинального коэффициента переходного режима необходимо определять итерационным способом:

Значение номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ на первом шаге итерационного процесса определяется исходя из допустимой по ГОСТ Р (1.15.016-1.097.20) угловой погрешности ТТ класса точности TPY и составляет 182 мс.

$$K_{\text{п.р.ном}} = \frac{\frac{\omega T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}}\left(e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_a}} - e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_{s.ном}}}\right) + 1}{1 - e^{-\frac{t_{бт}}{T_{s.ном}}}}$$

$$K_{\text{п.р.ном}} \leq 0{,}1 \cdot \omega \cdot T_{s.\text{ном}},$$

Если полученное значение $K_{\text{п.р.ном}}$ не удовлетворяет условию необходимо значение номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ увеличить на 5 % и повторно рассчитать номинальный коэффициент переходного режима

Требования к выбору номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима трансформаторов тока

Значения номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ класса точности TPZ и номинального коэффициента переходного режима необходимо определять с соблюдением следующих требований:

Значение номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ определяется исходя из допустимой по ГОСТ Р (1.15.016-1.097.20) угловой погрешности ТТ класса точности TPZ и составляет 61 мс.

Значение номинального коэффициента переходного режима необходимо определять в соответствии с формулой:

$$K_{\text{п.р.ном}} = \frac{\frac{\omega T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}}\left(e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_a}} - e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_{s.ном}}}\right) + 1}{1 - e^{-\frac{t_{бт}}{T_{s.ном}}}}$$

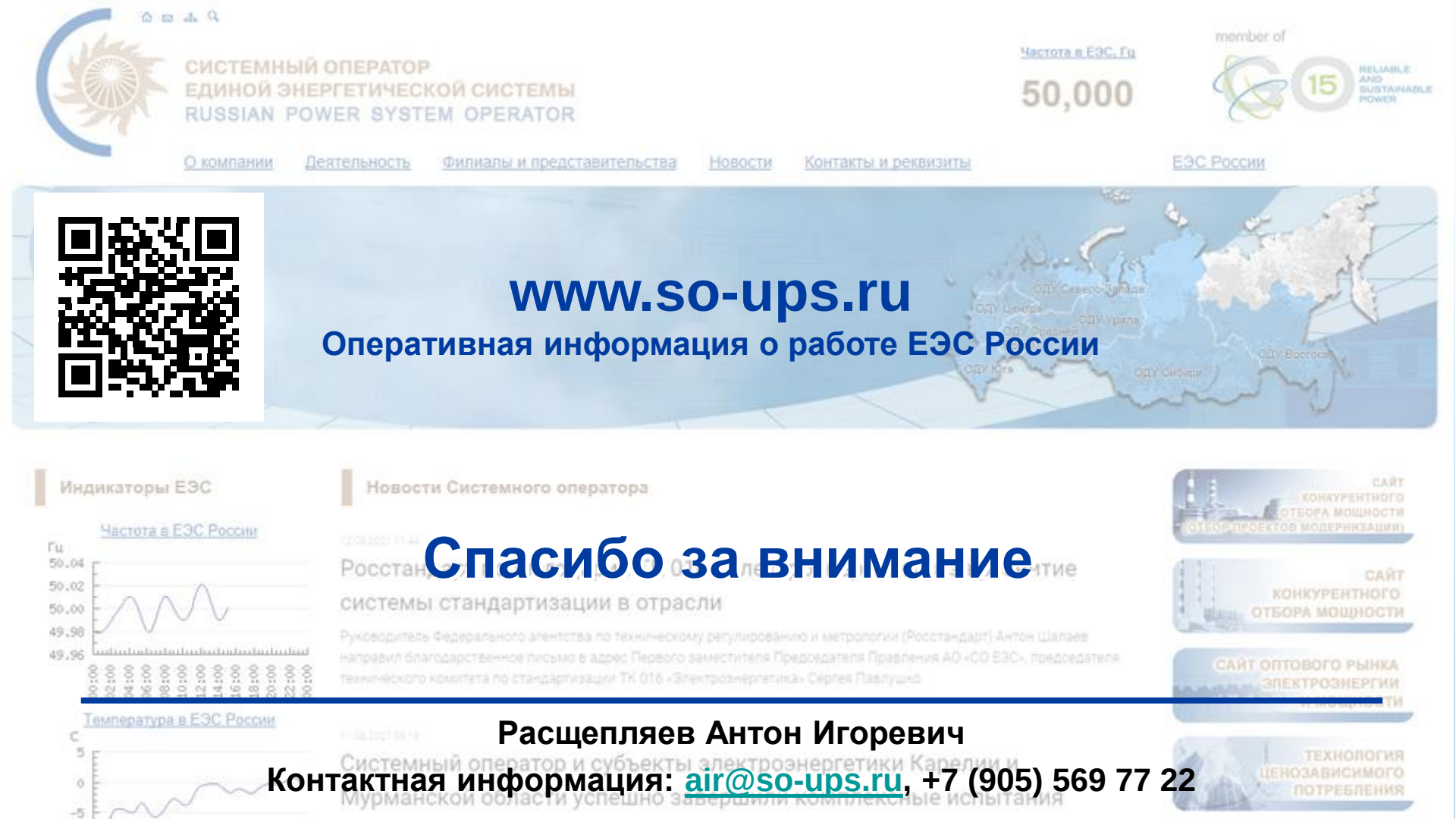
Заключение

При новом строительстве, комплексной реконструкции или только замене ТТ:

- выбор параметров ТТ в соответствии с ГОСТ Р «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Методические указания по определению параметров электромагнитных трансформаторов тока для обеспечения правильного функционирования релейной защиты в переходных режимах».

При создании (модернизации) комплексов и устройств релейной защиты и автоматики (без замены ТТ):

- должны быть проведены расчеты по определению времени до насыщения ТТ при КЗ в соответствии с ГОСТ Р 58669-2019 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях».
- технические требования к устройствам РЗА, разрабатываемые на стадии ПД, должны содержать требования к минимально необходимому времени достоверного измерения значения тока, при котором обеспечивается правильная работа функций РЗ, реализованных в устройствах РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ.



Спасибо за внимание

Расщепляев Антон Игоревич

Контактная информация: air@so-ups.ru, +7 (905) 569 77 22