ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71403— 2024

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

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС»), Обществом с ограниченной ответственностью «Эльмаш (УЭТМ)» (ООО «Эльмаш (УЭТМ)»).

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 июля 2024 г. № 892-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Общие положения 2
5 Требования к выбору класса точности трансформаторов тока 2
6 Общие требования к выбору иных параметров трансформаторов тока 3
7 Требования к выбору номинального первичного тока, номинального вторичного тока, номинальной вторичной нагрузки трансформаторов тока 4
8 Требования к выбору номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима трансформаторов тока . . . 4
Приложение А (справочное) Примеры выбора электромагнитных трансформаторов тока 9
Библиография 12

Введение

Положения настоящего стандарта направлены на обеспечение выполнения требований правил [1] (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.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

United power system and isolated power systems. Relay protection and automation. Guidelines by defining parameters of electromagnetic current transformers to ensure the proper functioning of relay protection during transients

Дата введения — 2024—08—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт 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.

1.2 Требования настоящего стандарта распространяются на субъекты электроэнергетики и потребителей электрической энергии, владеющих на праве собственности или ином законном основании объектами по производству электрической энергии, объектами электросетевого хозяйства и (или) энергопринимающими установками, входящими в состав электроэнергетической системы или присоединяемыми к ней, субъекта оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, проектные и научно-исследовательские организации.

1.3 Требования настоящего стандарта следует учитывать при строительстве, реконструкции, модернизации и техническом перевооружении объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии, замене установленного на них оборудования, разработке и реализации технических мероприятий, направленных на обеспечение правильной работы устройств релейной защиты в переходных процессах, подготовке необходимой для этого технической и закупочной документации.

1.4 Требования настоящего стандарта не распространяются на трансформаторы тока в случае, если ТТ:

- установлены на объектах электроэнергетики до вступления в силу настоящего стандарта;
- подлежат установке на объектах электроэнергетики в соответствии с проектной (рабочей) документацией на строительство, реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок потребителей электрической энергии, согласованной и утвержденной в установленном порядке до вступления в силу настоящего стандарта.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 58669 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

ГОСТ Р 70507.2 Трансформаторы измерительные. Часть 2. Технические условия на трансформаторы тока

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агент-

Издание официальное

ства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 58669, ГОСТ Р 70507.2.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АПВ — автоматическое повторное включение;

КЗ — короткое замыкание;

РЗ — релейная защита;

РЗА — релейная защита и автоматика;

ТТ — трансформатор тока.

4 Общие положения

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

а) выбрать один из следующих классов точности ТТ: 5P, 10P, 5PR, 10PR TPY, TPZ;

б) с учетом выбранного класса точности ТТ выбрать следующие параметры ТТ:

$I_{1ном}$ — номинальный первичный ток;

$I_{2ном}$ — номинальный вторичный ток;

$z_{2ном}$ — номинальная вторичная нагрузка (или $S_{н.ном}$ — номинальная мощность вторичной нагрузки);

$K_{ном}$ — номинальная предельная кратность;

$K_{п.р.ном}$ — номинальный коэффициент переходного режима[1)];

$T_{s.ном}$ — номинальная постоянная времени вторичного контура[2)].

4.2 При выборе класса точности ТТ и параметров ТТ, указанных в 4.1 б), должны учитываться требования к ТТ, предъявляемые производителями устройств РЗ, подключенных (планируемых к подключению) к этим ТТ.

4.3 Выбор типа (марки) ТТ, устанавливаемого на объекте электроэнергетики, осуществляется с учетом необходимости соответствия его характеристик, указанных организацией — изготовителем ТТ, классу точности и параметрам, указанным в 4.1 б), определенным в соответствии с настоящим стандартом.

5 Требования к выбору класса точности трансформаторов тока

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

[1)] Для ТТ класса точности TPY, TPZ.

[2)] Для ТТ класса точности 5PR, 10PR, TPY, TPZ.

а) требование к минимально необходимому времени достоверного измерения значения тока[1)], при котором обеспечивается правильная работа функций РЗ, реализованных в устройстве РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ;

б) требование (при его наличии) к точности трансформации периодической составляющей тока КЗ в переходных режимах (погрешность периодической составляющей тока в переходном режиме не более 10 %);

в) требование (при его наличии) к точности трансформации полного (с учетом апериодической составляющей) тока КЗ в переходных режимах (максимальная мгновенная погрешность тока в переходном режиме не более 10 %).

5.2 Если не требуется выполнение требований 5.1, перечисления б)—в), а выполнение требования, указанного в 5.1 а), обеспечивается выбором номинальной предельной кратности[2)] ТТ, необходимо применять ТТ класса точности 5P или 10P. По решению владельца объекта электроэнергетики допускается применять ТТ класса точности 5PR, 10PR, TPY или TPZ.

5.3 Если не требуется выполнение требований 5.1, перечисления б)—в), а выполнение требования, указанного в 5.1 а), обеспечивается ограничением остаточной намагниченности магнитопроводов ТТ (не более 10 %), необходимо применять ТТ класса точности 5PR или 10PR. По решению владельца объекта электроэнергетики допускается применять ТТ класса точности TPY или TPZ.

5.4 Если выполнение требования, указанного в 5.1 а), не обеспечивается только ограничением остаточной намагниченности магнитопроводов ТТ (не более 10 %) или к ТТ осуществляется (планируется) подключение устройств РЗА с наличием требования по 5.1 б), необходимо применять ТТ класса точности TPZ.

5.5 Если выполнение требования, указанного в 5.1 а), не обеспечивается только ограничением остаточной намагниченности магнитопроводов ТТ (не более 10 %) или к ТТ осуществляется (планируется) подключение устройств РЗА с наличием требования по 5.1 в), необходимо применять ТТ класса точности TPY.

5.6 Совместное использование ТТ разных классов точности (в цепях микропроцессорных устройств РЗА с абсолютной селективностью или при включении защит на сумму вторичных токов ТТ, установленных в ветвях выключателей или встроенных в высоковольтные ввода оборудования) допускается только при наличии в технической документации на устройство РЗА указания о наличии такой возможности, подтвержденного испытаниями, проведенными в соответствии с методикой испытаний, приведенной в национальных стандартах, устанавливающих требования к работе микропроцессорных устройств релейной защиты в переходных режимах, сопровождающихся насыщением трансформаторов тока.

6 Общие требования к выбору иных параметров трансформаторов тока

6.1 Для выбора параметров ТТ, указанных в 4.1 б), необходимо подготовить исходные данные для расчетов.

6.2 К исходным данным для расчетов относятся:

$t_{РЗ}$[3)] — 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;

$I_{доп}$ — длительно допустимая токовая нагрузка линии электропередачи (оборудования);

$I_{КЗ}$ — 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;

[1)] При отсутствии информации о минимально необходимом времени достоверного измерения значений тока, при котором обеспечивается правильная работа функций РЗ, реализованных в устройстве РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ, в качестве его значения необходимо принимать время отключения КЗ (срабатывание быстродействующих защит и отключение выключателей).

[2)] Значение номинальной предельной кратности ТТ не должно превышать указанного в ГОСТ Р 70507.2.

[3)] Принимается максимальное из значений времен, предъявляемых производителем устройства РЗА для каждой из применяемых в устройстве функций РЗ для внешних и внутренних КЗ.

T_a — эквивалентная постоянная времени, рассчитанная в соответствии с ГОСТ Р 58669;

$t_{кз1}$ — время отключения КЗ (полное время ликвидации КЗ);

$t_{бт}$ — время бестоковой паузы АПВ (принимается равной уставке АПВ при опробовании поврежденного сетевого элемента)[1];

$z_{н.факт}$ — фактическое сопротивление нагрузки ТТ[2].

6.3 Методика выбора значений номинального первичного тока ТТ ($I_{1ном}$), номинального вторичного тока ТТ ($I_{2ном}$), номинальной вторичной нагрузки ТТ ($z_{2ном}$) не зависит от выбранного класса точности ТТ.

6.4 Методика, используемая для выбора значений номинальной предельной кратности ТТ ($K_{ном}$), номинального коэффициента переходного режима ТТ ($K_{п.р.ном}$) и номинальной постоянной времени вторичного контура ($T_{s.ном}$), должна определяться в соответствии с настоящим стандартом в зависимости от выбранного класса точности ТТ.

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

7.1 Значение номинального первичного тока ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р 70507.2. При этом выбирается ближайшее по величине к $I_{доп}$ значение $I_{1ном}$, удовлетворяющее условию

$$I_{1ном} \geq I_{доп}. \quad (1)$$

7.2 Значение номинального вторичного тока ТТ $I_{2ном}$ необходимо принимать равным 1 А. При наличии технического обоснования значение номинального вторичного тока ТТ допускается принимать равным 5 А.

7.3 Значение номинальной вторичной нагрузки ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р 70507.2. При этом выбирается ближайшее по величине значение $z_{2ном}$, удовлетворяющее условию

$$z_{2ном} \geq z_{н.факт}. \quad (2)$$

8 Требования к выбору номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура[3] и номинального коэффициента переходного режима[4] трансформаторов тока

8.1 Выбор значений номинальной предельной кратности для трансформаторов тока класса точности 5P, 10P необходимо осуществлять с соблюдением следующего требования: значение номинальной предельной кратности ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р 70507.2. При этом выбирается ближайшее по величине значение $K_{ном}$, удовлетворяющее условию[5]

---

[1] 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.

[2] Расчет нагрузок во вторичных цепях ТТ, используемых в схемах защит ($z_{н.факт}$), необходимо выполнять с использованием расчетных формул в соответствии с ГОСТ Р 58669.

[3] Для ТТ класса точности 5PR, 10PR, TPY, TPZ.

[4] Для ТТ класса точности TPY, TPZ.

[5] Допускается скорректировать полученные значения номинальной предельной кратности или номинальной вторичной нагрузки ТТ в соответствии с 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 70507.2.

$$K_{\text{ном}} \geq \frac{\omega \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_{\text{РЗ}}}{T_a}}\right) + 1}{1 - k_r} \cdot \frac{I_{\text{КЗ}}}{I_{1\text{ном}}}, \quad (3)$$

где k_r — коэффициент остаточной намагниченности; для ТТ класса точности 5Р, 10Р равен 0,86.

В целях уточнения расчетов допускается выбирать ближайшее по величине значение $K_{\text{ном}}$, удовлетворяющее условию[1)]

$$K_{\text{ном}} \geq \max\left\{\frac{\omega \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T_a}}\right) - \sin(\omega \cdot t)}{1 - k_r} \cdot \frac{I_{\text{КЗ}}}{I_{1\text{ном}}}\right\}, \text{ где } t \in (0, t_{\text{РЗ}}). \quad (4)$$

При этом должно выполняться условие

$$\omega \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T_a}}\right) - \sin(\omega \cdot t) \geq 1. \quad (5)$$

В случае, если условие (5) не выполняется, необходимо значение $\omega \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T_a}}\right) - \sin(\omega \cdot t)$ в формуле (4) принять равным 1.

При получении значения $K_{\text{ном}}$ больше максимального (в соответствии с ГОСТ Р 70507.2) необходимо скорректировать номинальный ток и пересчитать $K_{\text{ном}}$ по формуле в правой части неравенств (3) или (4).

8.2 Выбор значений номинальной предельной кратности и номинальной постоянной времени вторичного контура для трансформаторов тока класса точности 5PR, 10PR необходимо осуществлять с соблюдением следующих требований:

а) значение номинальной предельной кратности ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р 70507.2. При этом выбирается ближайшее по величине значение $K_{\text{ном}}$, удовлетворяющее условию (3)[1)], где k_r для ТТ класса точности 5PR, 10PR в соответствии с ГОСТ Р 70507.2 принимается равным 0,1.

В целях уточнения расчетов допускается выбирать ближайшее по величине значение $K_{\text{ном}}$, удовлетворяющее условию (4)[1)], где k_r для ТТ класса точности 5PR, 10PR в соответствии с ГОСТ Р 70507.2 принимается равным 0,1.

При этом должно выполняться условие (5). В случае, если условие (5) не выполняется, необходимо значение $\omega \cdot T_a \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T_a}}\right) - \sin(\omega \cdot t)$ в формуле (4) принять равным 1;

б) значение номинальной постоянной времени вторичного контура T_s необходимо рассчитывать по формуле

$$T_{s.\text{ном}} \leq \frac{t_{\text{бт}}}{3}. \quad (6)$$

[1)] Допускается скорректировать полученные значения номинальной предельной кратности или номинальной вторичной нагрузки ТТ в соответствии с 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 70507.2.

8.3 Выбор значений номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима для трансформаторов тока класса точности TPY необходимо осуществлять с соблюдением следующих требований:

а) значение номинальной предельной кратности ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р 70507.2. При этом выбирается ближайшее по величине значение $K_{ном}$, удовлетворяющее условию[1)]

$$K_{ном} \geq \frac{1}{1-k_r} \cdot \frac{I_{КЗ}}{I_{1ном}}, \tag{7}$$

где k_r — коэффициент остаточной намагниченности; для TPY в соответствии с ГОСТ Р 70507.2 равен 0,1.

При получении значения $K_{ном}$ больше максимального (в соответствии с ГОСТ Р 70507.2) необходимо скорректировать номинальный ток и пересчитать $K_{ном}$ по формуле в правой части неравенства (7);

б) Значения номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ ($T_{s.ном}$) и номинального коэффициента переходного режима ($K_{п.р.ном}$) необходимо определять итерационным способом;

в) значение номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ ($T_{s.ном}$) на первом шаге итерационного процесса определяется исходя из допустимой по ГОСТ Р 70507.2 угловой погрешности ТТ класса точности TPY и составляет 182 мс;

г) при отсутствии АПВ, если выполняется условие

$$t_{РЗ} \leq \frac{T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}} \ln \frac{T_a}{T_{s.ном}}, \tag{8}$$

то номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р.ном}$ необходимо рассчитывать по формуле

$$K_{п.р.ном} = \frac{\omega T_a T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}} \left(e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_a}} - e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_{s.ном}}} \right) + 1. \tag{9}$$

В целях уточнения расчетов номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р.ном}$ допускается определять по формуле

$$K_{п.р.ном} = \max \left\{ \frac{\omega T_a T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}} \left(e^{-\frac{t}{T_a}} - e^{-\frac{t}{T_{s.ном}}} \right) - \sin(\omega \cdot t) \right\}, \text{ где } t \in (0, t_{РЗ}). \tag{10}$$

При этом значение $K_{п.р.ном}$ должно удовлетворять условию

$$K_{п.р.ном} \geq 1. \tag{11}$$

В случае если условие (11) не выполняется, необходимо значение $K_{п.р.ном}$, определенное по формуле (10), принять равным 1.

Если условие (8) не выполняется, то номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р.ном}$ необходимо определять по формуле

$$K_{п.р.ном} = \frac{\omega \cdot T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}} \left[\left(\frac{T_a}{T_{s.ном}} \right)^{\frac{T_{s.ном}}{T_{s.ном} - T_a}} - \left(\frac{T_a}{T_{s.ном}} \right)^{\frac{T_a}{T_{s.ном} - T_a}} \right] + 1; \tag{12}$$

[1)] Допускается скорректировать полученные значения номинальной предельной кратности или номинальной вторичной нагрузки ТТ в соответствии с 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 70507.2.

д) при наличии АПВ, если выполняется условие (8), то номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р.ном}$ необходимо определять по формуле

$$K_{п.р.ном} = \frac{\frac{\omega T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}}\left(e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_a}} - e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_{s.ном}}}\right) + 1}{1 - e^{-\frac{t_{бт}}{T_{s.ном}}}}. \quad (13)$$

В целях уточнения расчетов номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р.ном}$ допускается определять по формуле

$$K_{п.р.ном} = \max\left\{\frac{\frac{\omega T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}}\left(e^{-\frac{t}{T_a}} - e^{-\frac{t}{T_{s.ном}}}\right) - \sin(\omega \cdot t)}{1 - e^{-\frac{t_{бт}}{T_{s.ном}}}}\right\}, \text{ где } t \in (0, t_{РЗ}). \quad (14)$$

При этом значение $K_{п.р.ном}$ должно удовлетворять условию

$$K_{п.р.ном} \geq 1. \quad (15)$$

В случае если условие (15) не выполняется, необходимо значение $K_{п.р.ном}$, определенное по формуле (14), принять равным 1.

Если условие (8) не выполняется, то номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р.ном}$ необходимо определять по формуле

$$K_{п.р.ном} = K_{п.р}(t_2) + \frac{\omega \cdot T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}}\left[\left(\frac{T_a}{T_{s.ном}}\right)^{\frac{T_{s.ном}}{T_{s.ном} - T_a}} - \left(\frac{T_a}{T_{s.ном}}\right)^{\frac{T_a}{T_{s.ном} - T_a}}\right] + 1, \quad (16)$$

где $K_{п.р.}(t_2)$ — значение коэффициента переходного режима на момент возникновения второго КЗ (в цикле неуспешного АПВ), которое необходимо определять по формуле

$$K_{п.р}(t_2) = K_{п.р.}(t_{к31}) \cdot e^{-\frac{t_{бт}}{T_{s.ном}}}, \quad (17)$$

где $K_{п.р.}(t_{К31})$ — значение коэффициента переходного режима на момент отключения первого КЗ, которое необходимо определять по формуле

$$K_{п.р.}(t_{К31}) = \frac{\omega \cdot T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}}\left(e^{-\frac{t_{К31}}{T_a}} - e^{-\frac{t_{К31}}{T_{s.ном}}}\right) - \sin(\omega \cdot t_{К31}); \quad (18)$$

е) если полученное значение $K_{п.р.ном}$ не удовлетворяет условию (19), необходимо $T_{s.ном}$ увеличить на 5 % и повторно рассчитать $K_{п.р.ном}$ в соответствии с 8.3 г) или д)

$$K_{п.р.ном} \leq 0{,}1 \cdot \omega \cdot T_{s.ном}. \quad (19)$$

8.4 Выбор значений номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима для трансформаторов тока класса точности TPZ необходимо осуществлять с соблюдением следующих требований:

а) значение номинальной предельной кратности ТТ необходимо выбирать из возможных значений указанного параметра ТТ, приведенных в ГОСТ Р 70507.2. При этом выбирается ближайшее по величине значение $K_{ном}$, удовлетворяющее условию[1)] (7);

б) значение номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ ($T_{s.ном}$) определяется исходя из допустимой по ГОСТ Р 70507.2 угловой погрешности ТТ класса точности TPZ и составляет 61 мс;

в) значение номинального коэффициента переходного режима $K_{п.р.ном}$ необходимо определять в соответствии с 8.3 г).

Расчет $K_{п.р.ном}$ при наличии АПВ не требуется ввиду того, что при $T_{s.ном}$ = 61 мс к моменту окончания бестоковой паузы переходные процессы в ТТ завершатся.

[1)] Допускается скорректировать полученные значения номинальной предельной кратности или номинальной вторичной нагрузки ТТ в соответствии с 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 70507.2.

Приложение А
(справочное)

Примеры выбора электромагнитных трансформаторов тока

А.1 Исходные данные

$t_{РЗ}$ = 25 мс;
$I_{доп.}$ = 1597 А;
$I_{КЗ}$ = 10 000 А;
T_a = 0,05*с*;
$t_{бт}$ = 1*с*;
$z^{(3)}_{н.факт} = 6{,}3$ Ом;
$z^{(1)}_{н.факт} = 12{,}6$ Ом.

А.2 Выбор номинального первичного тока, номинального вторичного тока, номинальной вторичной нагрузки трансформаторов тока

А.2.1 Определение номинального первичного тока ТТ по формуле (1):

$$I_{1ном} \geq I_{доп.} = 1597 \text{ А}. \quad (А.1)$$

Выбирают в соответствии с рекомендуемыми значениями основных параметров ТТ, приведенных в ГОСТ Р 70507.2, $I_{1ном}$ = 2000 А.

А.2.2 Определение номинальной вторичной нагрузки ТТ по формуле (2):

$$z_{2ном} \geq z_{н.факт} = 12{,}6 \text{ Ом}. \quad (А.2)$$

Выбирают в соответствии с рекомендуемыми значениями основных параметров ТТ, приведенных в ГОСТ Р 70507.2, $z_{2ном}$ = 15 Ом.

А.3 Выбор номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима трансформаторов тока

А.3.1 Выбор номинальной предельной кратности для трансформаторов тока класса точности 10Р:

$$K_{ном} \geq \frac{314 \cdot 0{,}05 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0{,}025}{0{,}05}}\right) + 1}{1 - 0{,}86} \cdot \frac{10000}{2000} = 256{,}34. \quad (А.3)$$

Полученное значение $K_{ном}$ превышает максимальное значение номинальной предельной кратности для трансформаторов тока класса точности 10Р, приведенное в ГОСТ Р 70507.2. В связи с этим трансформатор тока класса точности 10Р не обеспечит правильного функционирования релейной защиты в переходных режимах.

А.3.2 Выбор значений номинальной предельной кратности и номинальной постоянной времени вторичного контура для трансформаторов тока класса точности 10PR:

а) Определение значения номинальной предельной кратности ТТ по формуле (3):

$$K_{ном} \geq \frac{314 \cdot 0{,}05 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0{,}025}{0{,}05}}\right) + 1}{1 - 0{,}1} \cdot \frac{10000}{2000} = 39{,}87. \quad (А.4)$$

В соответствии с приведенными в ГОСТ Р 70507.2 значениями номинальной предельной кратности принимают $K_{ном}$ = 40;

б) Определение максимального значения номинальной постоянной времени вторичного контура T_s по формуле (6):

$$T_{s.ном} \le \frac{1}{3} = 0{,}33 \text{ с}. \quad (A.5)$$

А.3.3 Выбор значений номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима для трансформаторов тока класса точности TPY:

а) Определение минимального значения номинальной предельной кратности ТТ по формуле (7):

$$K_{ном} \ge \frac{1}{1-0{,}1} \cdot \frac{10000}{2000} = 5{,}6. \quad (A.6)$$

В соответствии с приведенными в ГОСТ Р 70507.2 значениями номинальной предельной кратности принимают $K_{ном} = 10$;

б) Значение номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ ($T_{s.ном}$) на первом шаге итерационного процесса в соответствии с 8.3 б) составляет 182 мс.

Проверка выполнения условия (8):

$$t_{РЗ} = 0{,}025\text{с} \le t_{max} = \frac{T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}} \ln\frac{T_a}{T_{s.ном}} = \frac{0{,}05 \cdot 0{,}182}{0{,}05 - 0{,}182} \ln\frac{0{,}05}{0{,}182} = 0{,}089 \text{ с}. \quad (A.7)$$

Т. к. условие (8) выполняется, $K_{п.р.ном}$ рассчитывается в соответствии с формулой (13):

$$K_{п.р.ном} = \frac{\frac{\omega T_a T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}} \left(e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_a}} - e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_{s.ном}}} \right) + 1}{1 - e^{-\frac{t_{бт}}{T_{s.ном}}}} = \frac{\frac{314 \cdot 0{,}05 \cdot 0{,}182}{0{,}05 - 0{,}182} \cdot \left(e^{-\frac{0{,}025}{0{,}05}} - e^{-\frac{0{,}025}{0{,}182}} \right) + 1}{1 - e^{-\frac{1}{0{,}182}}} = 6{,}76. \quad (A.8)$$

А.3.4 Проверка выполнения условия (19):

$$6{,}77 \le 0{,}1 \cdot 314 \cdot 0{,}182 = 5{,}71. \quad (A.9)$$

Т. к. условие (19) не выполняется, необходимо $T_{s.ном}$ увеличить на 5 % ($T_{s.ном} = 1{,}05 \cdot 0{,}182 = 0{,}1911$ с) и повторить расчет $K_{п.р.ном}$.

Значения $K_{п.р.ном}$ и $T_{s.ном}$ для каждой итерации приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

Номер итерации	$T_{s.ном}$, с	$K_{п.р.ном}$	$0{,}1 \cdot \omega \cdot T_{s.ном}$	Выполнение условия (16)
1	0,1820	6,7669	5,7148	нет
2	0,1911	6,7953	6,0005	нет
3	0,2007	6,8249	6,3006	нет
4	0,2107	6,8559	6,6156	нет
5	0,2212	6,8888	6,9464	да

По результатам итерационного процесса принимаем $T_{s.ном} = 0{,}23$ с. При этом $K_{п.р.ном} = 7$.

А.3.5 Выбор значений номинальной предельной кратности, номинальной постоянной времени вторичного контура и номинального коэффициента переходного режима для трансформаторов тока класса точности TPZ:

а) Определение минимального значения номинальной предельной кратности ТТ по формуле (7):

$$K_{ном} \ge \frac{1}{1-0{,}1} \cdot \frac{10000}{2000} = 5{,}6. \quad (A.10)$$

В соответствии с приведенными в ГОСТ Р 70507.2 значениями номинальной предельной кратности принимают $K_{ном} = 10$;

б) Значение номинальной постоянной времени вторичного контура ТТ ($T_{s.ном}$) в соответствии с 8.4 б) равно 61 мс;

в) Определение номинального коэффициента переходного режима $K_{п.р.ном}$.

Проверка выполнения условия (8):

$$t_{РЗ} = 0{,}025\text{с} \le t_{max} = \frac{T_a \cdot T_{s.ном}}{T_a - T_{s.ном}} \ln\frac{T_a}{T_{s.ном}} = \frac{0{,}05 \cdot 0{,}061}{0{,}05 - 0{,}061} \ln\frac{0{,}05}{0{,}061} = 0{,}055 \text{ с.} \quad (A.11)$$

Т. к. условие (8) выполняется, $K_{п.р.ном}$ рассчитывается по формуле

$$K_{п.р.ном} = \frac{\omega \cdot T_a \cdot T_{s.ном}\left(e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_a}} - e^{-\frac{t_{РЗ}}{T_{s.ном}}}\right)}{\left(T_a - T_{s.ном}\right)} + 1 = \frac{314 \cdot 0{,}05 \cdot 0{,}061 \cdot \left(e^{-\frac{0{,}025}{0{,}05}} - e^{-\frac{0{,}025}{0{,}061}}\right)}{\left(0{,}05 - 0{,}061\right)} + 1 = 5{,}98. \quad (A.12)$$

Принимаем $K_{п.р.ном}$ = 6.

Библиография

[1] Правила технологического функционирования электроэнергетических систем (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 г. № 937)

УДК 621.311:006.354 ОКС 27.010

Ключевые слова: релейная защита, трансформатор тока для защиты, насыщение, короткое замыкание

Редактор *М.А. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 03.07.2024. Подписано в печать 26.07.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч-изд. л. 1,58.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru