

Приложение  
к приказу АО «СО ЕЭС»  
от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»**

---

**СТО 59012820.27.100.001-2024**

*регистрационный номер (обозначение)*

\_\_\_\_\_  
*(дата введения)*

## **СТАНДАРТ**

### **Релейная защита и автоматика**

**Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем.**

### **ПРАВИЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОГИКИ ДЕЙСТВИЯ И НАСТРОЙКИ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ**

Издание официальное

**Москва  
2024**

### Сведения о стандарте

1. РАЗРАБОТАН: акционерным обществом «Системный оператор Единой энергетической системы».
2. ВНЕСЕН: акционерным обществом «Системный оператор Единой энергетической системы».
3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: приказом АО «СО ЕЭС» от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_.
4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения акционерного общества «Системный оператор Единой энергетической системы».

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1. Область применения .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Нормативные ссылки.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Термины, определения, обозначения и сокращения .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Общие требования .....</b>	<b>5</b>
<b>5. Правила определения допустимой токовой нагрузки защищаемого элемента .....</b>	<b>7</b>
<b>6. Требования к определению логики действия и настройки устройств АОПО ЛЭП и электросетевого оборудования, аварийная перегрузка которых на время 20 минут и менее недопустима.....</b>	<b>7</b>
<b>7. Требования к определению логики действия и настройки устройств АОПО ЛЭП и электросетевого оборудования, аварийная перегрузка которых на время 20 минут и менее допустима.....</b>	<b>9</b>
<b>8. Дополнительные требования по определению настройки устройств АОПО .....</b>	<b>10</b>
<b>9. Особенности определения вида и объема УВ, реализуемых устройством АОПО.....</b>	<b>15</b>
<b>Приложение .....</b>	<b>18</b>

## **1. Область применения**

1.1. Настоящий стандарт устанавливает требования к определению логики действия и параметров настройки (уставок) устройств автоматики ограничения перегрузки оборудования (далее – АОПО), выполненных как в виде отдельных устройств противоаварийной автоматики, так и в виде микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики с функцией автоматического ограничения перегрузки оборудования.

Примечание. По тексту стандарта указание на устройство АОПО означает, что соответствующее правило и требование к определению логики действия и настройки устройств АОПО относится как к отдельному устройству АОПО, так и к микропроцессорному устройству релейной защиты и автоматики, реализующему функцию АОПО, в части функции АОПО.

1.2. Настоящий стандарт не устанавливает требования к алгоритмам функционирования устройств АОПО.

1.3. Требования настоящего стандарта должны соблюдаться всеми диспетчерскими центрами АО «СО ЕЭС»:

- при подготовке и выдаче заданий по настройке вновь вводимых в работу (модернизируемых) устройств АОПО, а также находящихся в эксплуатации устройств АОПО в случае необходимости изменения их параметров настройки (уставок) и алгоритмов функционирования;
- при рассмотрении проектной и рабочей документации, предусматривающей создание (модернизацию) устройств АОПО.

## **2. Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий стандарт:

ГОСТ Р 57114-2022 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике и оперативно-технологическое управление. Термины и определения».

Примечание. При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочного стандарта. В случае если ссылочный стандарт заменен или изменен, необходимо использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, необходимо применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## **3. Термины, определения, обозначения и сокращения**

3.1. В настоящем стандарте применены термины в соответствии с ГОСТ Р 57114-2022 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике и оперативно-технологическое управление. Термины и определения», а также следующие термины и сокращения с соответствующими определениями и расшифровками:

<b>АДТН</b>	– аварийно допустимая токовая нагрузка;
<b>АДТН20</b>	– аварийно допустимая токовая нагрузка, допустимая на время 20 минут;
<b>АЗГ</b>	– автоматическая загрузка генерирующего оборудования электростанций в дефицитной части энергосистемы;
<b>АПВ</b>	– автоматическое повторное включение;
<b>АТ</b>	– автотрансформатор;
<b>главный диспетчер</b>	– директор по управлению режимами ЕЭС – главный диспетчер, директор по управлению режимами – главный диспетчер филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ, первый заместитель директора – главный диспетчер филиала АО «СО ЕЭС» РДУ (лицо его замещающее);
<b>ДДТН</b>	– длительно допустимая токовая нагрузка;
<b>ДРТ</b>	– длительная разгрузка турбин генерирующего оборудования электростанций в избыточной части энергосистемы;
<b>ИТ</b>	– изменение топологии электрической сети;
<b>ЛЭП</b>	– линия электропередачи;
<b>ОГ</b>	– отключение генерирующего оборудования электростанций в избыточной части энергосистемы;
<b>ОН</b>	– отключение нагрузки потребителей в дефицитной части энергосистемы;
<b>отключение</b>	– отключение защищаемого элемента с запретом АПВ;
<b>ПА</b>	– противоаварийная автоматика;
<b>ПБВ</b>	– устройство переключения без возбуждения;
<b>РПН</b>	– устройство регулирования под нагрузкой;
<b>Т</b>	– трансформатор;
<b>ТНВ</b>	– температура наружного воздуха;
<b>УВ</b>	– управляющее воздействие;
<b>УРОВ</b>	– устройство резервирования отказа выключателя.

#### **4. Общие требования**

4.1. АОПО предназначена для предотвращения недопустимой по величине и длительности токовой нагрузки ЛЭП и электросетевого оборудования (далее также – защищаемый элемент).

4.2. Величины ДДТН и АДТН защищаемого элемента должны определяться в соответствии с требованиями раздела 5<sup>1</sup> на основании информации, представляемой собственниками или иными законными

<sup>1</sup> Здесь и далее по тексту стандарта, если прямо не указано иное, даны ссылки на разделы, пункты настоящего стандарта и приложения к нему.

владельцами объектов электроэнергетики (далее – владельцы объектов электроэнергетики) в диспетчерские центры в соответствии с правилами [1].

4.3. При наличии зависимости ДДТН (АДТН) защищаемого элемента от ТНВ для соответствующего устройства АОПО должны быть заданы:

- несколько сезонных групп уставок по току;
- дополнительно для устройств АОПО с автоматическим изменением уставок при изменении ТНВ – зависимости уставок по току от ТНВ, правила определения уставок по току для промежуточных ТНВ и правила определения уставок по току для ТНВ, выходящих за заданные диапазоны.

4.4. При наличии зависимости ДДТН (АДТН) защищаемого Т (АТ) от положения РПН (ПБВ) для соответствующего устройства АОПО должны быть заданы уставки по току для каждого положения РПН (ПБВ). При отсутствии технической возможности задания уставки по току для каждого положения РПН (ПБВ) уставки по току должны определяться для характерных положений РПН (ПБВ).

4.5. При наличии зависимости ДДТН (АДТН) защищаемого элемента от схемы его подключения к электрической сети для соответствующего устройства АОПО должны быть заданы несколько групп уставок по току.

4.6. Количество групп уставок по току, задаваемых в соответствии с требованиями пунктов 4.3 и 4.5, должно определяться решением главного диспетчера диспетчерского центра, определяющего настройку устройства АОПО.

4.7. Определение логики действия и настройки устройства АОПО должно осуществляться на основании результатов расчетов установившихся режимов с использованием расчетной модели и программного комплекса расчетов установившихся режимов. Расчетная модель, используемая для расчетов установившихся режимов, должна соответствовать требованиям к созданию и актуализации расчетных моделей для расчетов установившихся режимов и статической устойчивости.

4.8. При невозможности использования в устройстве АОПО непосредственного замера токовой нагрузки защищаемого элемента, значения уставок по току должны определяться с учетом фактических промежуточных отборов активной и реактивной мощности на связях между защищаемым элементом и местом замера токовой нагрузки, используемого в устройстве АОПО, при которых обеспечивается максимальная загрузка по току защищаемого элемента.

4.9. Определение логики действия и параметров настройки устройств АОПО должно осуществляться в следующем порядке:

- определение предварительной настройки в соответствии с требованиями разделов 6 или 7;
- определение результирующей настройки в соответствии с требованиями разделов 8 и 9;

- проверка результирующей настройки в части обеспечения отсутствия недопустимой по величине и длительности токовой нагрузки защищаемого элемента с выполнением при необходимости ее корректировки, в том числе первых и промежуточных выдержек времени.

## **5. Правила определения допустимой токовой нагрузки защищаемого элемента**

5.1. ДДТН Т(АТ) должна определяться на основании величин:

- допустимой длительной (без ограничения по длительности) перегрузки по току обмотки Т(АТ), определенной на основании величины номинального тока обмотки Т(АТ) для соответствующего положения РПН (ПБВ) и коэффициентов допустимой длительной (без ограничения по длительности) перегрузки Т(АТ);
- ДДТН ошиновки и оборудования на объекте электроэнергетики, ограничивающего пропускную способность соответствующей обмотки Т(АТ).

5.2. АДТН Т(АТ) должна определяться на основании величин:

- допустимой аварийной перегрузки по току обмотки Т(АТ), определенной на основании величины номинального тока обмотки Т(АТ) для соответствующего положения РПН (ПБВ) и коэффициентов допустимой аварийной перегрузки Т(АТ);
- АДТН ошиновки и оборудования на объекте электроэнергетики, ограничивающего пропускную способность соответствующей обмотки Т(АТ).

5.3. ДДТН ЛЭП должна определяться на основании величин длительно допустимого тока каждого из участков ЛЭП, ошиновки и оборудования в ячейках ЛЭП на объектах электроэнергетики.

5.4 АДТН ЛЭП должна определяться на основании величин аварийно допустимого тока каждого из участков ЛЭП, ошиновки и оборудования в ячейках ЛЭП на объектах электроэнергетики.

5.5. Допустимая длительность работы ЛЭП и электросетевого оборудования с токовой нагрузкой, превышающей значение АДТН, определенное в соответствии с пунктами 5.2 и 5.4, превышающая 20 секунд, должна быть согласована с владельцами объектов электроэнергетики.

## **6. Требования к определению логики действия и настройки устройств АОПО ЛЭП и электросетевого оборудования, аварийная перегрузка которых на время 20 минут и менее недопустима**

6.1. В устройстве АОПО должно быть задано две ступени с контролем величины токовой нагрузки защищаемого элемента. Для каждой ступени должны быть заданы одна или несколько выдержек времени на срабатывание.

## 6.2. Настройка первой (сигнальной) ступени.

6.2.1. Уставка по току первой (сигнальной) ступени должна задаваться равной 0,9 ДДТН (но не более чем на 100 А меньше ДДТН).

6.2.2. Выдержка времени первой (сигнальной) ступени должна быть отстроена с запасом 1 секунда от времени:

- цикла (циклов при использовании многократного АПВ) АПВ ЛЭП (электросетевого оборудования) с учетом полного времени включения выключателей, аварийное отключение которой в нормальной, единичной или двойной ремонтной схеме может привести к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току второй ступени АОПО, определенной в соответствии с требованиями пункта 6.3.1, с учетом полного времени отключения выключателей;
- действия резервных защит и УРОВ защищаемого элемента, а также прилегающей электрической сети, короткое замыкание в которой приводит к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току второй ступени, определенной в соответствии с требованиями пункта 6.3.1, с учетом полного времени отключения выключателей.

Примечание. Допускается не выполнять отстройку от действия резервных защит на электросетевых элементах, короткое замыкание на которых приводит к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току второй ступени, при наличии на указанных электросетевых элементах двух комплектов основных защит.

6.2.3. Первая (сигнальная) ступень с выдержкой времени должна действовать на сигнал на объекте электроэнергетики, на котором установлено устройство АОПО.

## 6.3. Настройка второй ступени.

6.3.1. Уставка по току второй ступени должна задаваться равной ДДТН.

6.3.2. Последняя выдержка времени второй ступени не должна превышать 20 секунд или разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, определенное в соответствии с требованиями пункта 5.5.

6.3.3. Количество выдержек времени второй ступени должно определяться видом, объемом и эффективностью реализации УВ, обеспечивающих снижение токовой нагрузки защищаемого элемента.

6.3.4. Значения промежуточных выдержек времени второй ступени должны обеспечивать полную реализацию УВ (за исключением АЗГ и ДРТ при невозможности полной реализации указанных УВ за время, соответствующее последней выдержке времени второй ступени) с предшествующей выдержкой времени второй ступени. При этом полученная первая выдержка времени второй ступени не должна быть менее величины, определенной в соответствии с требованиями пункта 6.2.2.



## **7. Требования к определению логики действия и настройки устройств АОПО ЛЭП и электросетевого оборудования, аварийная перегрузка которых на время 20 минут и менее допустима**

7.1. Количество ступеней должно определяться на основании информации о допустимой величине и длительности перегрузки защищаемого элемента.

Для каждой ступени должны быть заданы одна или несколько выдержек времени на срабатывание.

7.2. Настройка первой (сигнальной) ступени.

7.2.1. Уставка по току первой (сигнальной) ступени должна задаваться:

- при величине ДДТН меньше или равной 0,9 от АДТН20 – равной ДДТН;
- при величине ДДТН больше 0,9 от АДТН20 – равной 0,9 от АДТН20, но не более чем на 100 А меньше АДТН20.

7.2.2. Выдержка времени первой (сигнальной) ступени должна быть отстроена с запасом 1 секунда от времени:

- цикла (циклов при использовании многократного АПВ) АПВ ЛЭП (электросетевого оборудования), аварийное отключение которой в нормальной, единичной и двойной ремонтной схеме может привести к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току рабочей ступени с минимальной уставкой по току, с учетом полного времени включения и отключения выключателей;
- действия резервных защит и УРОВ защищаемого элемента, а также прилегающей электрической сети, короткое замыкание в которой приводит к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току рабочей ступени с минимальной уставкой по току, с учетом полного времени отключения выключателей.

Примечание. Допускается не выполнять отстройку от действия резервных защит на электросетевых элементах, короткое замыкание на которых приводит к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току рабочей ступени с минимальной уставкой по току, при наличии на указанных электросетевых элементах двух комплектов основных защит.

7.2.3. Первая (сигнальная) ступень с выдержкой времени должна действовать на сигнал на объекте электроэнергетики, на котором установлено устройство АОПО.

7.3. Настройка второй и последующих (далее – *i*-х) ступеней (далее при совместном упоминании – рабочие ступени).

7.3.1. Уставка по току второй ступени должна приниматься равной:

- ближайшей меньшей величине АДТН относительно величины АДТН20 (или равной АДТН20 при АДТН для любой длительности перегрузки более 20 минут равной АДТН20);

- ДДТН, если аварийная перегрузка на время более 20 минут недопустима.

7.3.2. Уставка по току  $i$ -й ступени должна приниматься равной ближайшей большей величине АДТН, относительно величины АДТН, соответствующей уставке по току  $(i-1)$ -й ступени.

7.3.3. Уставка по току последней ступени должна соответствовать максимальной величине АДТН.

7.3.4. Последняя выдержка времени рабочих ступеней должна соответствовать максимальному разрешенному времени работы с токовой нагрузкой соответствующей уставке по току  $(i+1)$ -й ступени.

7.3.5. Последняя выдержка времени последней ступени не должна превышать 20 секунд или разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, определенное в соответствии с пунктом 5.5.

7.3.6. Количество промежуточных выдержек времени рабочих ступеней должно определяться видом, объемом и эффективностью реализации УВ, обеспечивающих снижение токовой нагрузки защищаемого элемента.

7.3.7. Значения промежуточных выдержек времени рабочих ступеней должны обеспечивать:

- максимальное использование допустимой длительности перегрузки с учетом времени реализации УВ;
- полную реализацию УВ (за исключением АЗГ и ДРТ при невозможности полной реализации указанных УВ за время, соответствующее последней выдержке времени соответствующей ступени) с предшествующей выдержкой времени соответствующей ступени, при этом полученная первая выдержка времени не должна быть менее величины, определенной в соответствии с пунктом 7.2.2.

## **8. Дополнительные требования по определению настройки устройств АОПО**

8.1. Если по результатам предварительной настройки для различных значений ТНВ получено различное количество рабочих ступеней:

8.1.1. Количество рабочих ступеней результирующей настройки должно соответствовать количеству отличающихся последних выдержек времени, полученных для предварительной настройки, для всех ТНВ.

8.1.2. Последняя выдержка времени каждой рабочей ступени результирующей настройки должна соответствовать отличающимся последним выдержкам времени, полученным для предварительной настройки для всех ТНВ, в порядке их возрастания (первой рабочей ступени должна соответствовать наибольшая выдержка времени, последней – наименьшая).

8.1.3. Уставки по току рабочих ступеней, имеющиеся в предварительной настройке для последних выдержек времени результирующей настройки, должны задаваться в результирующей настройке.

8.1.4. Уставки по току рабочих ступеней, отсутствующие в предварительной настройке для последних выдержек времени результирующей настройки, должны задаваться равными уставкам по току рабочих ступеней предварительной настройки, соответствующим ближайшим меньшим последним выдержкам времени предварительной настройки.

8.2. При отсутствии технической возможности задания в устройстве АОПО количества ступеней, определенного в соответствии с требованиями разделов 6 или 7, хотя бы для одного из значений ТНВ настройка устройства АОПО должна определяться в соответствии со следующими требованиями:

8.2.1. Сигнальная ступень не задается для всех ТНВ.

8.2.2. Количество ступеней результирующей настройки должно соответствовать техническим возможностям устройства АОПО.

8.2.3. Если для ТНВ количество рабочих ступеней предварительной настройки равно количеству ступеней результирующей настройки, результирующая настройка для данной ТНВ должна соответствовать предварительной настройке.

8.2.4. Если для ТНВ количество рабочих ступеней предварительной настройки меньше количества ступеней результирующей настройки, результирующая настройка для данной ТНВ определяется в соответствии со следующими принципами:

8.2.4.1. Уставка по току последней ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.3.

8.2.4.2. Уставка по току первой ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.1.

8.2.4.3. Уставки по току  $(i-1)$ -й ступени, имеющиеся в предварительной настройке, должны задаваться для  $(i-1)$ -й ступени в результирующей настройке.

8.2.4.4. Уставки по току  $(i-1)$ -й ступени, отсутствующие в предварительной настройке, должны задаваться равными уставке по току  $i$ -й ступени результирующей настройки.

8.2.4.5. Последняя выдержка времени  $i$ -й ступени результирующей настройки, имеющейся в предварительной настройке, должна соответствовать последней выдержке времени  $i$ -й ступени для предварительной настройки для соответствующей уставки по току.

8.2.4.6. Последняя выдержка времени  $i$ -й ступени, отсутствующая в результирующей настройке после выполнения пункта 8.2.4.5, принимается равной последней выдержке времени  $(i-1)$ -й ступени результирующей настройки (при ее отсутствии – 20 минутам).

8.2.5. Если для ТНВ количество рабочих ступеней предварительной настройки больше количества ступеней результирующей настройки:

- ступень по току с выдержкой времени, равной 20 минут (при наличии), не задается;

- результирующая настройка для данной ТНВ определяется в соответствии с одним из принципов, указанных в подпунктах 8.2.5.1 и 8.2.5.2.

8.2.5.1. При использовании только УВ с малым временем реализации (ОН, ОГ) предпочтительным является следующий способ настройки:

- уставка по току последней ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.3;
- уставка по току  $(i-1)$ -й ступени (за исключением первой) должна соответствовать уставке по току  $(i-1)$ -й ступени для предварительной настройки относительно величины уставки по току полученной для  $i$ -й ступени результирующей настройки;
- уставка по току первой ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.1 (или уставке по току второй рабочей ступени предварительной настройки если последняя выдержка времени первой рабочей ступени предварительной настройки равна 20 минутам);
- последняя выдержка времени последней ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.5;
- последняя выдержка времени  $(i-1)$ -й ступени должна соответствовать последней выдержке времени  $(i-1)$ -й ступени для предварительной настройки относительно выдержки времени полученной для  $i$ -й ступени результирующей настройки.

8.2.5.2. При использовании в том числе УВ с длительным временем реализации (ДРТ, АЗГ) предпочтительным является следующий способ настройки:

- уставка по току первой ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.1 (или уставке по току второй рабочей ступени предварительной настройки, если последняя выдержка времени первой рабочей ступени предварительной настройки равна 20 минутам);
- уставки по току  $i$ -й ступени должны соответствовать требованиям пункта 7.3.2;
- последняя выдержка времени  $i$ -й ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.4;
- последняя выдержка времени последней ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.5.

8.3. При отсутствии технической возможности задания в устройстве АОПО индивидуальных выдержек времени для каждой ТНВ уставки по току и последние выдержки времени рабочих ступеней должны определяться в соответствии со следующими требованиями:

8.3.1. Предварительная настройка для каждой ТНВ должна определяться в соответствии с требованиями пунктов 6.3 или 7.3.

8.3.2. Определяется требуемое количество ступеней в соответствии с требованиями пункта 8.1.1:

- для предварительной настройки;
- для предварительной настройки с учетом исключения сигнальной ступени;
- для предварительной настройки с учетом исключения сигнальной ступени и ступени с последней выдержкой времени, равной 20 минут (при наличии).

Выполняется последовательная проверка технической возможности задания в устройстве АОПО требуемого количества ступеней для вышеуказанных вариантов предварительной настройки.

При наличии технической возможности задания в устройстве АОПО требуемого количества ступеней для какого-либо из вышеуказанных вариантов предварительной настройки результирующая настройка выполняется в соответствии с требованиями пункта 8.1 на основании соответствующего варианта предварительной настройки.

8.3.3. При отсутствии технической возможности задания в устройстве АОПО требуемого количества ступеней для предварительной настройки с учетом исключения сигнальной ступени и ступени с последней выдержкой времени, равной 20 минут (при наличии), результирующая настройка определяется в соответствии с одним из принципов, указанных в подпунктах 8.3.3.1 и 8.3.3.2.

8.3.3.1. При использовании в том числе УВ с длительным временем реализации (ДРТ, АЗГ) предпочтительным является способ настройки в соответствии со следующими принципами, применяемыми для предварительной настройки:

- сигнальная ступень и ступень по току с выдержкой времени, равной 20 минут (при наличии), не задаются;
- количество ступеней результирующей настройки должно соответствовать техническим возможностям устройства АОПО;
- последняя выдержка первой ступени должна приниматься равной максимальной выдержке времени (за исключением 20 минут), полученной для предварительной настройки для всех ТНВ;
- последняя выдержка времени  $i$ -й ступени (за исключением последней) должна приниматься равной ближайшей меньшей выдержке времени относительно выдержки времени  $(i-1)$ -й ступени, имеющейся в предварительной настройке (для любой ступени предварительной настройки и любой ТНВ);
- последняя выдержка последней ступени должна приниматься равной минимальной выдержке времени, полученной для предварительной настройки для всех ТНВ;
- уставки по току ступеней (за исключением последней) для каждой ТНВ принимаются равными уставкам по току предварительной

настройки для соответствующей ТНВ для соответствующей выдержки времени ступени результирующей настройки;

- уставка по току последней ступени для каждой ТНВ должна приниматься равной минимальной из уставок по току для соответствующей ТНВ, имеющихся в предварительной настройке (за исключением сигнальной ступени и ступени по току с последней выдержкой времени, равной 20 минут), но отсутствующих в результирующей настройке;
- уставка по току ступени, отсутствующая в полученной результирующей настройке должна приниматься равной уставке по току ступени результирующей настройки для выдержки времени, ближайшей меньшей относительно выдержки времени данной ступени результирующей настройки, для соответствующей ТНВ.

8.3.3.2. При использовании только УВ с малым временем реализации (ОН, ОГ) предпочтительным является способ настройки в соответствии со следующими принципами, применяемыми для предварительной настройки:

- сигнальная ступень и ступень по току с выдержкой времени, равной 20 минут (при наличии), не задаются;
- количество ступеней результирующей настройки должно соответствовать техническим возможностям устройства АОПО;
- последняя выдержка последней ступени должна приниматься равной минимальной выдержке времени, полученной для предварительной настройки для всех ТНВ;
- последняя выдержка времени ( $i-1$ )-й ступени должна приниматься равной ближайшей большей выдержке времени относительно выдержки времени  $i$ -й ступени, имеющейся в предварительной настройке (для любой ступени предварительной настройки и любой ТНВ);
- уставки по току первой ступени для каждой ТНВ принимаются равными уставкам по току первой рабочей ступени для соответствующей ТНВ, полученным для предварительной настройки (или уставке по току второй рабочей ступени предварительной настройки, если последняя выдержка времени первой рабочей ступени предварительной настройки равна 20 минутам);
- уставки по току ступеней (за исключением первой) для каждой ТНВ принимаются равными уставкам по току предварительной настройки для соответствующей ТНВ для соответствующей выдержки времени ступени результирующей настройки;
- уставка по току ступени, отсутствующая в полученной результирующей настройке должна приниматься равной уставке по току ступени результирующей настройки для выдержки времени,

ближайшей меньшей относительно выдержки времени данной ступени результирующей настройки, для соответствующей ТНВ.

8.4. Если для результирующей настройки объемы УВ, реализуемые действием  $i$ -й ступени с любой из выдержек времени, содержат объединенные в группы УВ с целью снижения избыточности объема реализуемых УВ допускается задание дополнительных ступеней по току. Количество дополнительных ступеней по току определяется техническими возможностями устройства АОПО, имеющимся объемом УВ и временем их реализации, при этом:

- уставка каждой дополнительной ступени определяется как величина уставки первой рабочей ступени результирующей настройки, увеличенная на величину, соответствующую величине фактического снижения токовой загрузки защищаемого элемента по факту реализуемых действием данной дополнительной ступени УВ;
- время окончания реализации УВ, реализуемых действием дополнительной ступени, не должно превышать:
  - разрешенное время работы с токовой нагрузкой соответствующей уставке по току  $(i+1)$ -й ступени результирующей настройки (если оптимизация объема УВ производится для  $i$ -й ступени результирующей настройки);
  - разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, определенное в соответствии с пунктом 5.5 (если оптимизация объема УВ производится для последней ступени результирующей настройки).

## **9. Особенности определения вида и объема УВ, реализуемых устройством АОПО**

9.1. Виды и объемы УВ, реализуемых устройством АОПО, должны обеспечивать отсутствие недопустимой по величине и длительности токовой нагрузки защищаемого элемента.

9.2. Приоритетная реализация УВ вида «ИТ» или «Отключение защищаемого элемента» должна предусматриваться при недопустимой токовой нагрузке защищаемого элемента, обусловленной транзитными перетоками активной и (или) реактивной мощности.

9.3. Действием каждой рабочей ступени должен реализовываться полный объем УВ с выдержками времени, определенными в соответствии с требованиями разделов 6–8, с контролем отсутствия недопустимой по величине и длительности токовой нагрузки защищаемого элемента при последовательной реализации УВ.

9.4. При реализации от рабочей ступени УВ с длительным временем реализации (вида АЗГ или ДРТ) и с малым временем реализации (вида ОН или

ОГ), при невозможности отстройки по времени реализации УВ с малым временем реализации от УВ с большим временем реализации, реализация УВ с малым временем реализации должна осуществляться одновременно с реализацией УВ с длительным временем реализации.

9.5. Особенности реализации УВ вида «Отключение защищаемого элемента»:

9.5.1. УВ вида «Отключение защищаемого элемента» должно реализовываться действием каждой рабочей ступени с последней выдержкой времени.

9.5.2. Действие УВ вида «Отключение защищаемого элемента» по решению главного диспетчера диспетчерского центра, определяющего настройку устройства АОПО, допускается задавать нормально выведенным при выполнении любого из следующих условий:

- реализация данного УВ приводит к отделению на изолированную работу энергорайона (в том числе в результате каскадного действия устройств АОПО);
- требуются дополнительные режимные ограничения для исключения реализации данного УВ в целях обеспечения отсутствия недопустимого изменения параметров электроэнергетического режима при его реализации.

9.5.3. При отсутствии технической возможности индивидуального задания в рабочей ступени нормально выведенным только УВ вида «Отключение защищаемого элемента»:

- при наличии технической возможности реализации в устройстве АОПО отдельной ступени необходимо задать такую ступень с параметрами настройки, аналогичными параметрам настройки последней ступени, определенной в соответствии с требованиями пунктов 6.3.1, 6.3.2, 7.3.3, 7.3.5 и раздела 8, с реализацией УВ вида «Отключение защищаемого элемента», при этом указанная ступень задается нормально выведенной, а реализация УВ вида «Отключение защищаемого элемента» от остальных ступеней не предусматривается;
- при отсутствии технической возможности задания отдельной ступени реализация УВ вида «Отключение защищаемого элемента» не предусматривается.

9.6. Действие устройства АОПО на отключение защищаемого АТ должно производиться:

9.6.1. На отключение выключателей АТ со всех сторон с последней выдержкой времени.

9.6.2. На отключение выключателей АТ со стороны обмотки высокого напряжения или среднего напряжения с выдержкой времени, предшествующей выдержке времени, определенной в соответствии с требованиями пункта 9.6.1.



9.7. При установке устройств АОПО на нескольких ЛЭП транзитных связей необходимо обеспечить отстройку (не менее 1 секунды) по времени реализации УВ вида «ИТ» и «Отключение защищаемого элемента» указанных устройств АОПО, при этом с меньшей выдержкой времени необходимо реализовывать УВ вида «ИТ» и «Отключение защищаемого элемента» от устройства АОПО, обеспечивающие перевод большего объема нагрузки на электроснабжение от избыточной части энергосистемы.

## Примеры настройки устройств АОПО

### 1. Пример 1

Определение предварительной настройки устройства АОПО ЛЭП для ТНВ +35°C.

Информация о перегрузочной способности ЛЭП приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Допустимые токовые нагрузки ЛЭП

	Температура наружного воздуха, °С									
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
ДДТН ЛЭП, А	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1927	1773
АДТН ЛЭП, А/ длительность, мин	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2074 /20	1927 /20	1773 /20

Поскольку для ТНВ +35°C АДТН ЛЭП равна ДДТН ЛЭП, определение предварительной настройки выполняется в соответствии с разделом 6.

В соответствии с требованиями пункта 6.1 в устройстве АОПО должно быть задано две ступени.

Ступень	Уставка по току (+35°C), А	Выдержка времени
1		
2		

#### Настройка первой (сигнальной) ступени

В соответствии с требованиями пункта 6.2.1 уставка по току первой (сигнальной) ступени должна задаваться равной 0,9 ДДТН (но не более чем на 100 А меньше ДДТН).

Поскольку величина 0,9ДДТН (1734 А) более чем на 100 А ниже ДДТН, в качестве уставки по току первой (сигнальной) ступени принимается величина, на 100 А меньшая ДДТН (1827 А).

Ступень	Уставка по току (+35°C), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1827	
2		

В соответствии с требованиями пункта 6.2.2 выдержка времени первой (сигнальной) ступени должна быть отстроена от времени:

– цикла (циклов при использовании многократного АПВ) АПВ ЛЭП (электросетевого оборудования) с учетом полного времени включения выключателей, аварийное отключение которой в нормальной, единичной или

двойной ремонтной схеме может привести к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току второй ступени, определенной в соответствии с требованиями пункта 6.3.1, с учетом полного времени отключения выключателей;

– действия резервных защит и УРОВ защищаемого элемента, а также прилегающей электрической сети, короткое замыкание в которой приводит к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току второй ступени, определенной в соответствии с требованиями пункта 6.3.1, с учетом полного времени отключения выключателей.

*В качестве исходных данных для настройки устройства АОПО приняты:*

– *время цикла АПВ ЛЭП, аварийное отключение которой приводит к недопустимой токовой нагрузке защищаемого элемента: 11 секунд;*

– *время действия резервных защит в прилегающей электрической сети, короткое замыкание в которой приводит к увеличению токовой нагрузки защищаемого сетевого элемента выше уставки по току сигнальной ступени: 4 секунды.*

С учетом необходимости отстройки от времени цикла АПВ ЛЭП, аварийное отключение которой может привести к недопустимой токовой нагрузке защищаемого элемента (11 секунд), величина выдержки времени первой (сигнальной) ступени принимается равной 12 секунд.

Ступень	Уставка по току (+35°C), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1827	12 секунд

#### Настройка второй (рабочей) ступени

В соответствии с требованиями пункта 6.3.1 уставка по току второй ступени должна задаваться равной ДДТН (1927 А).

Ступень	Уставка по току (+35°C), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1827	12 секунд
2	1927	

В соответствии с требованиями пункта 6.3.2 последняя выдержка времени второй ступени не должна превышать 20 секунд или разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, определенное в соответствии с пунктом 5.5.

*Разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, предоставленное собственником ЛЭП, составляет 20 секунд.*

С учетом информации собственника последняя выдержка времени второй ступени задается равной 20 секундам.

Ступень	Уставка по току (+35°C), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1827	12 секунд
2	1927	20 секунд

В соответствии с требованиями пункта 6.3.3 количество выдержек времени второй ступени должно определяться видом, объемом и эффективностью реализации УВ, обеспечивающих снижение токовой нагрузки защищаемого элемента.

В соответствии с пунктом 6.3.4 значения промежуточных выдержек времени второй ступени должны обеспечивать полную реализацию УВ (за исключением АЗГ и ДРТ при невозможности полной реализации указанных УВ за время, соответствующее последней выдержке времени второй ступени) с предшествующей выдержкой времени второй ступени. При этом полученная первая выдержка времени второй ступени не должна быть менее величины, определенной в соответствии с требованиями пункта 6.2.2.

*Для снижения токовой нагрузки ЛЭП могут использоваться следующие УВ:*

– *ОН-1, ОН-2, ОН-3, ОН-4, ОН-5 с временем реализации каждого объема ОН 2 секунды;*

– *«отключение защищаемого элемента».*

*Суммарный объем ОН (ОН-1, ОН-2, ОН-3, ОН-4, ОН-5) достаточен для снижения токовой нагрузки ЛЭП от величины возможной перегрузки до уставки первой рабочей ступени, равной ДДТН.*

*С целью исключения избыточной реализации УВ требуется последовательная реализация УВ на ОН с различными (промежуточными) выдержками времени.*

*Поскольку время реализации каждого объема ОН составляет 2 секунды, промежуточные выдержки времени должны отличаться на 2 секунды. Так как последняя выдержка времени составляет 20 секунд, промежуточные выдержки времени должны задаваться равными 18 секунд (ОН-5), 16 секунд (ОН-4), 14 секунд (ОН-3), 12 секунд (ОН-2) и 10 секунд (ОН-1).*

*В соответствии с требованием пункта 6.3.4, полученная первая выдержка времени должна соответствовать требованиям пункта 6.2.2, то есть не должна быть менее 12 секунд.*

*С учетом указанного ограничения выдержки времени с реализацией ОН должны составлять 12, 14, 16 и 18 секунд, при этом с выдержкой времени 18 секунд должен реализовываться весь не реализованный с предшествующими выдержками времени объем УВ (ОН-4 и ОН-5).*

В соответствии с требованиями пункта 9.4 действием рабочей ступени с последней выдержкой времени должно реализовываться УВ вида «Отключение защищаемого элемента».

Ступень	Уставка по току (+35°C), А	Выдержка времени	Действие
1 (сигнальная)	1827	12 секунд	Сигнал
2	1927	12 секунд	ОН-1
		14 секунд	ОН-2
		16 секунд	ОН-3
		18 секунд	ОН-4, ОН-5
		20 секунд	Отключение

Результирующая настройка устройства АОПО приведена в таблице 1.2:

Таблица 1.2

Ступень	Уставка по току (+35°C), А	Выдержка времени	Действие
1 (сигнальная)	1827	12 секунд	Сигнал
2	1927	12 секунд	ОН-1
		14 секунд	ОН-2
		16 секунд	ОН-3
		18 секунд	ОН-4, ОН-5
		20 секунд	Отключение

## 2. Пример 2

Определение предварительной настройки устройства АОПО ЛЭП для ТНВ +30°C.

Информация о перегрузочной способности ЛЭП приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Допустимые токовые нагрузки ЛЭП

	Температура наружного воздуха, °С										
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
ДДТН ЛЭП, А	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1927	1773	
АДТН ЛЭП, А/ длительность, мин	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2100 /20	2074 /20	1927 /20	1773 /20

Поскольку для ТНВ +30°C АДТН ЛЭП превышает ДДТН ЛЭП, определение предварительной настройки устройства АОПО выполняется в соответствии с разделом 7.

### Настройка первой (сигнальной) ступени

В соответствии с требованиями пункта 7.2.1 уставка по току первой (сигнальной) ступени должна задаваться:

- при величине ДДТН меньше или равной 0,9 от АДТН<sub>20</sub> – равной ДДТН;
- при величине ДДТН больше 0,9 от АДТН<sub>20</sub> – равной 0,9 от АДТН<sub>20</sub>, но не более чем на 100 А меньше АДТН<sub>20</sub>.

Поскольку величина ДДТН (2000 А) составляет 0,96 от АДТН20, в качестве уставки по току первой (сигнальной) ступени принимается большая из величин:

- 0,9 от АДТН20 (1867 А);
- на 100 А меньшая АДТН20 (1974 А).

Ступень	Уставка по току (+30°С), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1974	

В соответствии с требованиями пункта 7.2.2 выдержка времени первой (сигнальной) ступени должна быть отстроена от времени:

- цикла (циклов при использовании многократного АПВ) АПВ ЛЭП (электросетевого оборудования), аварийное отключение которой в нормальной, единичной и двойной ремонтной схеме может привести к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току рабочей ступени с минимальной уставкой по току, с учетом полного времени включения и отключения выключателей;

- действия резервных защит и УРОВ защищаемого элемента, а также прилегающей электрической сети, короткое замыкание в которой приводит к увеличению токовой нагрузки защищаемого элемента выше уставки по току рабочей ступени с минимальной уставкой по току, с учетом полного времени отключения выключателей.

*В качестве исходных данных для настройки устройства АОПО приняты:*

- *время цикла АПВ ЛЭП, аварийное отключение которой приводит к недопустимой токовой нагрузке защищаемого элемента: 11 секунд;*
- *время действия резервных защит в прилегающей электрической сети, короткое замыкание в которой приводит к увеличению токовой нагрузки защищаемого сетевого элемента выше уставки по току сигнальной ступени: 4 секунды.*

С учетом необходимости отстройки от времени цикла АПВ ЛЭП, аварийное отключение которой может привести к недопустимой токовой нагрузке защищаемого элемента (11 секунд), величина выдержки времени первой (сигнальной) ступени принимается равной 12 секунд.

#### Настройка рабочих ступеней

В соответствии с требованиями пункта 7.3.1 уставка по току второй ступени должна приниматься равной:

- ближайшей меньшей величине АДТН относительно величины АДТН20 (или равной АДТН20 при АДТН для любой длительности перегрузки более 20 минут равной АДТН20);
- ДДТН, если аварийная перегрузка на время более 20 минут недопустима.

Так как аварийная перегрузка на время более 20 минут не разрешена, уставка по току второй ступени принимается равной АДТН.

Ступень	Уставка по току (+30°C), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1974	12 секунд
2	2000	

В соответствии с требованиями пункта 7.2.2 уставка по току  $i$ -й ступени должна приниматься равной ближайшей большей величине АДТН относительно величины допустимой токовой нагрузки соответствующей уставке по току  $(i-1)$ -й ступени.

Поскольку ближайшей большей величиной допустимой токовой нагрузки относительно АДТН является АДТН20, уставка по току третьей ступени должна приниматься равной АДТН20 (2074 А).

Ступень	Уставка по току (+30°C), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1974	12 секунд
2	2000	
3	2074	

В соответствии с требованиями пункта 7.3.3 уставка по току последней ступени должна соответствовать максимальной величине АДТН (в рассматриваемом примере указанная величина соответствует АДТН20), что обеспечивается указанной выше настройкой.

В соответствии с требованиями пункта 7.3.4 последняя выдержка времени рабочих ступеней должна соответствовать максимальному разрешенному времени работы с токовой нагрузкой соответствующей уставке по току  $(i+1)$ -й ступени.

*Для второй ступени последняя выдержка времени должна соответствовать допустимому времени работы ЛЭП с токовой нагрузкой, соответствующей уставке по току третьей ступени (2074 А) – 20 минут.*

Ступень	Уставка по току (+30°C), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1974	12 секунд
2	2000	20 минут
3	2074	

В соответствии с требованиями пункта 7.3.5 последняя выдержка времени последней ступени не должна превышать 20 секунд или разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, определенное в соответствии с пунктом 5.5.

*Разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, предоставленное собственником ЛЭП, составляет 20 секунд.*



С учетом информации собственника последняя выдержка времени третьей ступени задается равной 20 секундам.

Ступень	Уставка по току (+30°C), А	Выдержка времени
1 (сигнальная)	1974	12 секунд
2	2000	20 минут
3	2074	20 секунд

В соответствии с пунктом 7.3.6 количество промежуточных выдержек времени рабочих ступеней должно определяться видом, объемом и эффективностью реализации УВ, обеспечивающих снижение токовой нагрузки защищаемого элемента.

В соответствии с требованиями пункта 7.3.7 значения промежуточных выдержек времени рабочих ступеней должны обеспечивать:

- максимальное использование допустимой длительности перегрузки с учетом времени реализации УВ;

- полную реализацию УВ (за исключением АЗГ и ДРТ при невозможности полной реализации указанных УВ за время, соответствующее последней выдержке времени соответствующей ступени) с предшествующей выдержкой времени соответствующей ступени, при этом полученная первая выдержка времени не должна быть менее величины, определенной в соответствии с пунктом 7.2.2.

*Для снижения токовой нагрузки ЛЭП могут использоваться следующие УВ:*

- АЗГ с максимальным временем реализации 3 минуты;
- ОН-1, ОН-2, ОН-3, ОН-4, ОН-5 с временем реализации каждого объема ОН 2 секунды;
- «отключение защищаемого элемента».

*Суммарный объем ОН (ОН-1, ОН-2, ОН-3, ОН-4, ОН-5) достаточен для снижения токовой нагрузки ЛЭП от величины возможной перегрузки до ДДТН.*

*С целью исключения избыточной реализации УВ вида ОН целесообразна реализация УВ типа АЗГ с первой выдержкой времени с последующей последовательной реализацией УВ типа ОН с промежуточными выдержками времени. Поскольку время реализации каждого объема ОН составляет 2 секунды, промежуточные выдержки времени с которыми реализуется действие на ОН должны отличаться на 2 секунды.*

*Таким образом, в настройке устройства АОПО необходимо задать:*

- для третьей ступени три промежуточные выдержки времени: 14, 16 и 18 секунд. Первая выдержка времени (реализация АЗГ и ОН-1) составляет 12 секунд, что соответствует требованиям пункта 7.2.2;



– для второй ступени три промежуточные выдержки времени: 1190, 1192, 1194, 1196, 1198 секунд. Первая выдержка времени (реализация АЗГ) составляет 1010 секунд, что соответствует требованиям пункта 7.2.2.

Ступень	Уставка по току (+30°C), А	Выдержка времени	Действие
1 (сигнальная)	1974	12 секунд	Сигнал
2	2000	1010 секунд	АЗГ
		1190 секунд	ОН-1
		1192 секунд	ОН-2
		1194 секунд	ОН-3
		1196 секунд	ОН-4
		1198 секунд	ОН-5
		1200 секунд	Отключение
3	2074	12 секунд	АЗГ, ОН-1
		14 секунд	ОН-2
		16 секунд	ОН-3
		18 секунд	ОН-4, ОН-5
		20 секунд	Отключение

Результирующая настройка устройства АОПО приведена в таблице 2.2:

Таблица 2.2

Ступень	Уставка по току (+30°C), А	Выдержка времени	Действие
1 (сигнальная)	1974	12 секунд	Сигнал
2	2000	1010 секунд	АЗГ
		1190 секунд	ОН-1
		1192 секунд	ОН-2
		1194 секунд	ОН-3
		1196 секунд	ОН-4
		1198 секунд	ОН-5
		1200 секунд	Отключение
3	2074	12 секунд	АЗГ, ОН-1
		14 секунд	ОН-2
		16 секунд	ОН-3
		18 секунд	ОН-4, ОН-5
		20 секунд	Отключение

### 3. Пример 3

Определение настройки устройства АОПО автотрансформатора, характеризующегося перегрузочной способностью, приведенной в таблице 3.1, для температур наружного воздуха -25°C, 0°C, +30°C.

## Перегрузочная способность АТ

Продолжительность допустимой токовой нагрузки	Допустимая токовая нагрузка при температуре наружного воздуха, А							
	-25°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
20 секунд	1800	1700	1700	1700	1700	1700	1500	1400
1 минута	1800	1700	1700	1700	1700	1700	1500	1400
5 минут	1800	1700	1600	1600	1500	1500	1500	1300
10 минут	1800	1700	1500	1500	1500	1400	1400	1200
20 минут	1700	1700	1500	1500	1500	1300	1200	1100
30 минут	1600	1600	1500	1400	1400	1300	1100	1000
1,0 час	1600	1600	1500	1400	1400	1200	1100	1000
2,0 час	1600	1600	1500	1400	1400	1200	1100	1000
без ограничения длительности	1300	1300	1200	1200	1100	1000	900	700

Выполняется определение предварительной настройки индивидуально для каждой ТНВ в соответствии с требованиями, приведенными в разделе 7.

Предварительная настройка для каждой ТНВ приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2

## Предварительная настройка устройства АОПО

Уставка по току, Последняя выдержка времени		
-25°C	0°C	30°C
<b>1 ступень</b> 1300 А (12 секунд)	<b>1 ступень</b> 1200 А (12 секунд)	<b>1 ступень</b> 900 А (12 секунд)
<b>2 ступень</b> 1600 А (20 минут)	<b>2 ступень</b> 1400 А (20 минут)	<b>2 ступень</b> 1100 А (20 минут)
<b>3 ступень</b> 1700 А (10 минут)	<b>3 ступень</b> 1500 А (5 минут)	<b>3 ступень</b> 1200 А (10 минут)
<b>4 ступень</b> 1800 А (20 секунд)	<b>4 ступень</b> 1600 А (1 минута)	<b>4 ступень</b> 1400 А (5 минут)
-	<b>5 ступень</b> 1700 А (20 секунд)	<b>5 ступень</b> 1500 А (20 секунд)

Выполняется определение требуемого количества ступеней в устройстве АОПО.

В соответствии с требованиями пункта 8.1.1 количество рабочих ступеней должно соответствовать количеству отличающихся последних выдержек времени, полученных для предварительной настройки для всех ТНВ.

Количество отличающихся последних выдержек времени в предварительной настройке для всех ТНВ равно 5 (20 секунд, 1 минута, 5 минут, 10 минут, 20 минут), следовательно, требуется настройка пяти рабочих ступеней (со второй по шестую ступень).

Ступень	Уставка по току, А			Последняя выдержка времени
	-25°C	0°C	30°C	
2				
3				
4				
5				
6				

В соответствии с требованиями пункта 8.1.2 последняя выдержка времени каждой рабочей ступени должна соответствовать отличающимся последним выдержкам времени, полученным для предварительной настройки в порядке их возрастания (первой рабочей ступени должна соответствовать наибольшая выдержка времени, последней – наименьшая).

Ступень	Уставка по току, А			Последняя выдержка времени
	-25°C	0°C	30°C	
2				20 мин
3				10 мин
4				5 мин
5				1 мин
6				20 сек

В соответствии с требованиями пункта 8.1.3 уставки по току рабочих ступеней, имеющиеся в предварительной настройке для последних выдержек времени результирующей настройки, должны задаваться в результирующей настройке.

*В предварительной настройке для ТНВ -25°C и +30°C имеются уставки по току для выдержки времени 10 минут, следовательно, данные уставки по току задаются для указанных температур для третьей ступени (с последней выдержкой времени 10 минут). Так как для ТНВ 0°C уставка по току для выдержки времени 10 минут отсутствует, указанная уставка по току для третьей ступени АОПО для ТНВ 0°C на данном этапе не задается.*

Ступень	Уставка			Последняя выдержка времени
	-25°C	0°C	30°C	
2	1600 А	1400 А	1100 А	20 мин
3	1700 А		1200 А	10 мин
4		1500 А	1400 А	5 мин
5		1600 А		1 мин
6	1800 А	1700 А	1500 А	20 сек

В соответствии с требованиями пункта 8.1.4 уставки по току рабочих ступеней, отсутствующие в предварительной настройке для последних выдержек времени результирующей настройки, должны задаваться равными уставкам по току, соответствующим ближайшим меньшим последним выдержкам времени предварительной настройки.

*В предварительной настройке для ТНВ 0°C уставка по току для выдержки времени результирующей настройки 10 минут отсутствует. Соответствующая уставка по току для третьей ступени результирующей настройки для ТНВ 0°C должна задаваться равной уставке по току, соответствующей ближайшей меньшей последней выдержки времени (5 минут) предварительной настройки (1500 А).*

Ступень	Уставка			Последняя выдержка времени
	-25°C	0°C	30°C	
2	1600 А	1400 А	1100 А	20 мин
3	1700 А	1500 А	1200 А	10 мин
4	1800 А	1500 А	1400 А	5 мин
5	1800 А	1600 А	1500 А	1 мин
6	1800 А	1700 А	1500 А	20 сек

Результирующая настройка устройства АОПО приведена в таблице 3.3:

Таблица 3.3

Ступень	Уставка			Последняя выдержка времени
	-25°C	0°C	30°C	
1 (Сигнальная)	1300 А	1200 А	900 А	12 сек
2	1600 А	1400 А	1100 А	20 мин
3	1700 А	1500 А	1200 А	10 мин
4	1800 А	1500 А	1400 А	5 мин
5	1800 А	1600 А	1500 А	1 мин
6	1800 А	1700 А	1500 А	20 сек

#### 4. Пример 4

Определение настройки устройства АОПО автотрансформатора, характеризующегося перегрузочной способностью, приведенной в таблице 4.1, для температур наружного воздуха -25°C, 0°C, +30°C.

В устройстве АОПО возможно только задание только трех ступеней.

Перегрузочная способность АТ

Продолжительность допустимой токовой нагрузки	Допустимая токовая нагрузка при температуре наружного воздуха, А							
	-25°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
20 секунд	1800	1800	1700	1700	1600	1600	1500	1400
1 минута	1800	1800	1700	1700	1600	1600	1500	1300
5 минут	1800	1700	1700	1700	1600	1500	1400	1200
10 минут	1800	1700	1600	1600	1500	1500	1300	1100
20 минут	1800	1700	1600	1600	1500	1400	1200	1000
30 минут	1700	1600	1600	1500	1400	1400	1100	900
1,0 час	1700	1600	1500	1500	1400	1300	1100	900
2,0 час	1600	1500	1500	1400	1400	1200	1100	800
без ограничения длительности	1300	1300	1200	1200	1100	1000	900	700

Выполняется определение предварительной настройки индивидуально для каждой ТНВ в соответствии с требованиями, приведенными в разделе 7.

Предварительная настройка для каждой ТНВ приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Предварительная настройка устройства АОПО

Уставка по току, Последняя выдержка времени		
-25°C	0°C	30°C
<b>1 ступень</b> 1300 А (12 секунд)	<b>1 ступень</b> 1200 А (12 секунд)	<b>1 ступень</b> 900 А (12 секунд)
<b>2 ступень</b> 1700 А (20 минут)	<b>2 ступень</b> 1500 А (20 минут)	<b>2 ступень</b> 1100 А (20 минут)
<b>4 ступень</b> 1800 А (20 секунд)	<b>3 ступень</b> 1600 А (5 минут)	<b>3 ступень</b> 1200 А (10 минут)
-	<b>4 ступень</b> 1700 А (20 секунд)	<b>4 ступень</b> 1300 А (5 минут)
-	-	<b>5 ступень</b> 1400 А (1 минута)
-	-	<b>6 ступень</b> 1500 А (20 секунд)

Выполняется определение требуемого количества ступеней в устройстве АОПО.

В соответствии с требованиями пунктов 8.2.1 и 8.2.2, при отсутствии технической возможности задания в устройстве АОПО количества ступеней, определенного в соответствии с требованиями разделов 6 или 7, хотя бы для одного из значений ТНВ:

- сигнальная ступень не задается для всех ТНВ;
- количество рабочих ступеней определяется техническими возможностями устройства АОПО.

*Поскольку в устройстве АОПО имеется возможность задания только трех ступеней (в соответствии с предварительной настройкой для ТНВ 0°C и +30°C требуется задание большего количества ступеней):*

- *сигнальная ступень не выполняется;*
- *задается три рабочие ступени.*

Ступень	Уставка по току, А			Последняя выдержка времени
	-25°C	0°C	30°C	
1				
2				
3				

Результирующая настройка для ТНВ, для которой количество рабочих ступеней предварительной настройки равно количеству ступеней результирующей настройки выполняется в соответствии с требованиями пункта 8.2.3. В соответствии с требованиями пункта 8.2.3 результирующая настройка для данной ТНВ должна соответствовать предварительной настройке.

*Для ТНВ 0°C количество рабочих ступеней предварительной настройки равно количеству ступеней результирующей настройки (три ступени). Результирующая настройка для ТНВ 0°C должна соответствовать предварительной.*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1		1500 (20 минут)	
2		1600 (5 минут)	
3		1700 (20 секунд)	

Результирующая настройка для ТНВ, для которой количество рабочих ступеней предварительной настройки меньше количества ступеней результирующей настройки выполняется в соответствии с требованиями пункта 8.2.4.

Для ТНВ  $-25^{\circ}\text{C}$  количество рабочих ступеней предварительной настройки (две ступени) меньше количества ступеней результирующей настройки (три ступени).

В соответствии с требованиями пункта 8.2.4.1 уставка по току последней ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.3 (должна соответствовать максимальной величине АДТН).

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	$-25^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C}$	$30^{\circ}\text{C}$
1		1500 (20 минут)	
2		1600 (5 минут)	
3	1800	1700 (20 секунд)	

В соответствии с требованиями пункта 8.2.4.2 уставка по току первой ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.1 (должна соответствовать ближайшей меньшей величине АДТН относительно АДТН20).

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	$-25^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C}$	$30^{\circ}\text{C}$
1	1700	1500 (20 минут)	
2		1600 (5 минут)	
3	1800	1700 (20 секунд)	

В соответствии с требованиями пункта 8.2.4.4 уставки по току ( $i-1$ )-й ступени результирующей настройки, отсутствующие в предварительной настройке, должны задаваться равными уставке по току  $i$ -й ступени результирующей настройки.

Предварительная настройка для ТНВ  $-25^{\circ}\text{C}$  содержит только две рабочие ступени, которые соответствуют первой и третьей ступеням результирующей настройки. Уставка по току второй ступени результирующей настройки (отсутствующая в предварительной настройке) принимается равной уставке по току третьей ступени результирующей настройки (1800 А).

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700	1500 (20 минут)	
2	1800	1600 (5 минут)	
3	1800	1700 (20 секунд)	

В соответствии с требованиями пункта 8.2.4.5 последняя выдержка времени  $i$ -й ступени результирующей настройки, имеющейся в предварительной настройке, должна соответствовать последней выдержке времени  $i$ -й ступени для предварительной настройки для соответствующей уставки по току.

*Предварительная настройка для ТНВ -25С содержит только две рабочие ступени, которые соответствуют первой и третьей ступеням результирующей настройки. В соответствии с требованиями пункта 8.2.4.5 последние выдержки времени результирующей настройки для первой и третьей ступеней задаются равными последним выдержкам времени предварительной настройки для ступеней, уставки по току которых соответствуют уставкам по току первой и третьей ступеней результирующей настройки.*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	
2	1800	1600 (5 минут)	
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	

В соответствии с требованиями пункта 8.2.4.6 последняя выдержка времени  $i$ -й ступени отсутствующая в результирующей настройке принимается равной последней выдержке времени  $(i-1)$ -й ступени результирующей настройки (при ее отсутствии – 20 минутам).

*Для второй ступени в результирующей настройке отсутствует последняя выдержка времени. Для указанной ступени последняя выдержка времени принимается равной последней выдержке времени предшествующей (первой) ступени результирующей настройки (20 минут).*



Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	

Результирующая настройка для ТНВ, для которой количество рабочих ступеней предварительной настройки больше количества ступеней результирующей настройки выполняется в соответствии с требованиями пункта 8.2.5.

*Для ТНВ 30°C количество рабочих ступеней предварительной настройки (четыре ступени) больше количества ступеней результирующей настройки (три ступени).*

В соответствии с требованиями пункта 8.2.5:

- ступень по току с выдержкой времени 20 минут не задается;
- параметры результирующей настройки в зависимости от вида используемых УВ определяются в соответствии с двумя различными принципами (пункты 8.2.5.1 и 8.2.5.2).

Вариант настройки в соответствии с требованиями пункта 8.2.5.1

Уставка по току последней ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.3 (максимальной величине АДТН).

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1500

Уставка по току ( $i-1$ )-й ступени (за исключением первой) результирующей настройки должна соответствовать уставке по току ( $i-1$ )-й ступени для предварительной настройки относительно величины уставки по току определенной для  $i$ -й ступени результирующей настройки.

*В соответствии с данным принципом должна определяться уставка по току второй ступени результирующей настройки. Уставке по току третьей ступени результирующей настройки (1500 А) соответствует уставка по току шестой ступени предварительной настройки. Поэтому уставка*

по току второй ступени результирующей настройки должна приниматься равной уставке по току пятой ступени предварительной настройки (1400 А).

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	1400
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1500

Уставка по току первой ступени результирующей настройки должна соответствовать требованиям пункта 7.3.1 (или уставке по току второй рабочей ступени предварительной настройки, если последняя выдержка времени первой рабочей ступени предварительной настройки равна 20 минутам).

Поскольку последняя выдержка времени первой рабочей ступени предварительной настройки равна 20 минутам, уставка по току первой ступени результирующей настройки должна приниматься равной уставке по току второй рабочей ступени предварительной настройки (1200 А).

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	1200
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	1400
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1500

Последняя выдержка времени последней ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.5, что соответствует 20 секундам.

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	1200
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	1400
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1500 (20 секунд)

Последняя выдержка времени  $(i-1)$ -й ступени результирующей настройки должна соответствовать последней выдержке времени  $(i-1)$ -й

ступени для предварительной настройки относительно выдержки времени определенной для  $i$ -й ступени результирующей настройки.

*В соответствии с данным принципом должна определяться последняя выдержка времени первой и второй ступеней результирующей настройки. Последней выдержке времени третьей ступени результирующей настройки (20 секунд) соответствует последняя выдержка времени шестой ступени предварительной настройки. Поэтому последняя выдержка времени второй ступени результирующей настройки должна приниматься равной последней выдержке времени пятой ступени предварительной настройки (1 минута), а последняя выдержка времени первой ступени результирующей настройки должна приниматься равной последней выдержке времени четвертой ступени предварительной настройки (5 минут).*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	1200 (5 минут)
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	1400 (1 минута)
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1500 (20 секунд)

#### Вариант настройки в соответствии с требованиями пункта 8.2.5.2

Уставка по току первой ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.1 (или уставке по току второй рабочей ступени предварительной настройки, если последняя выдержка времени первой рабочей ступени предварительной настройки равна 20 минутам), что соответствует уставке по току третьей ступени предварительной настройки.

*Поскольку последняя выдержка времени первой рабочей ступени предварительной настройки равна 20 минутам, уставка по току первой ступени результирующей настройки должна приниматься равной уставке по току второй рабочей ступени предварительной настройки (1200 А).*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	1200
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	

Уставки по току  $i$ -й ступени результирующей настройки должны соответствовать требованиям пункта 7.3.2 (должны приниматься равными

ближайшей большей величине АДТН, относительно величины АДТН соответствующей уставке по току ( $i-1$ )-й ступени).

*Уставка по току первой ступени результирующей настройки (1200 А) соответствует уставке по току третьей ступени предварительной настройки. Поэтому уставки по току второй и третьей ступеней результирующей настройки должны соответствовать уставкам по току четвертой и пятой ступеней предварительной настройки (1300 А и 1400 А соответственно).*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	1200
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	1300
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1400

Последняя выдержка времени  $i$ -й ступени результирующей настройки должна соответствовать требованиям пункта 7.3.4 (максимальному разрешенному время работы с токовой нагрузкой соответствующей уставке по току ( $i+1$ )-й ступени результирующей настройки).

*Поскольку работа с токовой нагрузкой, соответствующей уставке по току второй ступени результирующей настройки (1300 А) допустима в течение 10 минут, последняя выдержка времени первой ступени результирующей настройки должна задаваться равной 10 минутам. Поскольку работа с токовой нагрузкой, соответствующей уставке по току третьей ступени результирующей настройки (1400 А) допустима в течение 5 минут, последняя выдержка времени второй ступени результирующей настройки должна задаваться равной 5 минутам.*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	1200 (10 минут)
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	1300 (5 минут)
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1400

Последняя выдержка времени последней ступени должна соответствовать требованиям пункта 7.3.5 (не должна превышать разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей максимальное значение АДТН), что соответствует 20 секундам.

Степень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1700 (20 минут)	1500 (20 минут)	1200 (10 минут)
2	1800 (20 минут)	1600 (5 минут)	1300 (5 минут)
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1400 (20 секунд)

### 5. Пример 5

Определение настройки устройства АОПО АТ, характеризующегося перегрузочной способностью, приведенной в таблице 5.1, для температур наружного воздуха -25°C, 0°C, +30°C.

В устройстве АОПО имеется возможность задания трех ступеней по току и отсутствует техническая возможность задания индивидуальных выдержек времени для каждой ТНВ.

Таблица 5.1

Перегрузочная способность АТ

Продолжительность допустимой токовой нагрузки	Допустимая токовая нагрузка при температуре наружного воздуха, А							
	-25°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
20 секунд	1800	1800	1700	1700	1600	1600	1500	1400
1 минута	1800	1800	1700	1700	1600	1600	1500	1300
5 минут	1800	1700	1700	1700	1600	1500	1400	1200
10 минут	1800	1700	1600	1600	1500	1500	1300	1100
20 минут	1800	1700	1600	1600	1500	1400	1200	1000
30 минут	1700	1600	1600	1500	1400	1400	1100	900
1,0 час	1700	1600	1500	1500	1400	1300	1100	900
2,0 час	1600	1500	1500	1400	1400	1200	1100	800
без ограничения длительности	1300	1300	1200	1200	1100	1000	900	700

Варианты настройки данного устройства АОПО при использовании УВ различных видов, определены в примере 4.

В соответствии с определенными вариантами настройки для каждого случая требуется задание индивидуальных выдержек времени для различных ТНВ в рамках одной ступени по току.

Ввиду отсутствия технической возможности задания в устройстве АОПО индивидуальных выдержек времени для каждой ТНВ, требуется выполнение настройки в соответствии с пунктом 8.3.

В соответствии с требованиями пункта 8.3.1 предварительная настройка определяется в соответствии с требованиями пункта 7.3. Определенная в соответствии с требованиями пункта 7.3 предварительная настройка приведена в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Предварительная настройка устройства АОПО

Уставка по току, Последняя выдержка времени		
-25°C	0°C	30°C
<b>1 ступень</b> 1300 А (12 секунд)	<b>1 ступень</b> 1200 А (12 секунд)	<b>1 ступень</b> 900 А (12 секунд)
<b>2 ступень</b> 1700 А (20 минут)	<b>2 ступень</b> 1500 А (20 минут)	<b>2 ступень</b> 1100 А (20 минут)
<b>3 ступень</b> 1800 А (20 секунд)	<b>3 ступень</b> 1600 А (5 минут)	<b>3 ступень</b> 1200 А (10 минут)
-	<b>4 ступень</b> 1700 А (20 секунд)	<b>4 ступень</b> 1300 А (5 минут)
-	-	<b>5 ступень</b> 1400 А (1 минута)
-	-	<b>6 ступень</b> 1500 А (20 секунд)

В соответствии с требованиями пункта 8.3.2 определяется требуемое количество ступеней.

Поскольку требуемое количество ступеней (четыре ступени) превышает технические возможности устройства АОПО (три ступени), в соответствии с пунктом 8.3.3 параметры результирующей настройки в зависимости от вида используемых УВ определяются в соответствии с двумя различными принципами (пункты 8.3.3.1 и 8.3.3.2).

*Вариант настройки в соответствии с требованиями пункта 8.3.3.1*

Количество ступеней результирующей настройки должно соответствовать техническим возможностям устройства АОПО.

Сигнальная ступень и ступень по току с выдержкой времени, равной 20 минут, не задаются.

Последняя выдержка первой ступени должна приниматься равной максимальной выдержке времени (за исключением 20 минут), полученной для предварительной настройки для всех ТНВ, что соответствует 10 минутам.

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	(10 минут)	(10 минут)	(10 минут)
2			
3			

Последняя выдержка времени  $i$ -й ступени (за исключением последней) должна приниматься равной ближайшей меньшей выдержке времени относительно выдержки времени  $(i-1)$ -й ступени, имеющейся в предварительной настройке (для любой ступени предварительной настройки и любой ТНВ).

*Поскольку для ТНВ 0°C и 30°C в предварительной настройке имеется выдержка времени 5 минут, указанная выдержка времени должна приниматься для второй ступени результирующей настройки.*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	(10 минут)	(10 минут)	(10 минут)
2	(5 минут)	(5 минут)	(5 минут)
3			

Последняя выдержка последней ступени должна приниматься равной минимальной выдержке времени, полученной для предварительной настройки для всех ТНВ, что соответствует 20 секундам.

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	(10 минут)	(10 минут)	(10 минут)
2	(5 минут)	(5 минут)	(5 минут)
3	(20 секунд)	(20 секунд)	(20 секунд)

Уставки по току ступеней (за исключением последней) для каждой ТНВ принимаются равными уставкам по току, полученным для предварительной настройки для соответствующей выдержки времени ступени результирующей настройки.

Для ТНВ 30°С в предварительной настройке определены уставки по току для последних выдержек времени 10 минут (1200 А) и 5 минут (1300 А). Данные уставки должны задаваться в результирующей настройке для соответствующих выдержек времени.

Для ТНВ -25°С в предварительной настройке отсутствуют уставки по току для последних выдержек времени 5 минут и 10 минут, поэтому на данном этапе указанные уставки по току не задаются.

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°С	0°С	30°С
1	- (10 минут)	- (10 минут)	1200 (10 минут)
2	- (5 минут)	1600 (5 минут)	1300 (5 минут)
3	- (20 секунд)	- (20 секунд)	- (20 секунд)

Уставка по току последней ступени должна приниматься равной минимальной из уставок по току для соответствующего значения ТНВ, имеющихся в предварительной настройке (за исключением сигнальной ступени и ступени по току с последней выдержкой времени, равной 20 минут), но отсутствующих в результирующей настройке.

Для ТНВ 30°С в полученную результирующую настройку не попали уставки пятой и шестой ступеней предварительной настройки, для ТНВ -25°С – уставки третьей ступени предварительной настройки, для ТНВ 0°С – уставки четвертой ступени предварительной настройки.

Таким образом, для третьей ступени результирующей настройки необходимо задать: для ТНВ 30°С – меньшую из уставок пятой и шестой ступеней предварительной настройки (1400 А), для ТНВ -25°С и 0°С – уставки третьей и четвертой ступеней предварительной настройки соответственно.

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°С	0°С	30°С
1	- (10 минут)	- (10 минут)	1200 (10 минут)
2	- (5 минут)	1600 (5 минут)	1300 (5 минут)
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1400 (20 секунд)

Уставка по току, отсутствующая в полученной результирующей настройке, должна приниматься равной уставке по току ступени результирующей настройки для выдержки времени, ближайшей меньшей



относительно выдержки времени данной ступени результирующей настройки, для соответствующей ТНВ.

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1800 (10 минут)	1600 (10 минут)	1200 (10 минут)
2	1800 (5 минут)	1600 (5 минут)	1300 (5 минут)
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1400 (20 секунд)

Вариант настройки в соответствии с требованиями пункта 8.3.3.2

Количество ступеней результирующей настройки должно соответствовать техническим возможностям устройства АОПО.

Последняя выдержка последней ступени должна приниматься равной минимальной выдержке времени, полученной для предварительной настройки для всех ТНВ, что соответствует 20 секундам.

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1			
2			
3	(20 секунд)	(20 секунд)	(20 секунд)

Последняя выдержка времени ( $i-1$ )-й ступени должна приниматься равной ближайшей большей выдержке времени относительно выдержки времени  $i$ -й ступени, имеющейся в предварительной настройке (для любой ступени предварительной настройки и любой ТНВ).

*Ближайшими большими выдержками времени относительно выдержки времени 20 секунд являются выдержки времени 1 минута и 5 минут. Следовательно, для второй ступени результирующей настройки должна приниматься последняя выдержка времени 1 минута, для первой ступени результирующей настройки – последняя выдержка времени 5 минут.*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	(5 минут)	(5 минут)	(5 минут)
2	(1 минута)	(1 минута)	(1 минута)
3	(20 секунд)	(20 секунд)	(20 секунд)

Сигнальная ступень и ступень по току с выдержкой времени, равной 20 минут (при наличии), не задаются.

Уставки по току первой ступени для каждой ТНВ принимаются равными уставкам по току первой ступени для каждой ТНВ, полученным для предварительной настройки (или уставке по току второй рабочей ступени предварительной настройки, если последняя выдержка времени первой рабочей ступени предварительной настройки равна 20 минутам).

*Так как для предварительной настройки первой ступенью является сигнальная ступень, а второй ступенью – ступень с последней выдержкой времени, равной 20 минутам, то уставки по току первой ступени результирующей настройки должны приниматься равными уставкам по току третьей ступени предварительной настройки.*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1800 (5 минут)	1600 (5 минут)	1200 (5 минут)
2	(1 минута)	(1 минута)	(1 минута)
3	(20 секунд)	(20 секунд)	(20 секунд)

Уставки по току (кроме первой) ступеней для каждой ТНВ принимаются равными уставкам по току, полученным для предварительной настройки для выдержки времени ступени результирующей настройки.

*Для ТНВ 30°C в предварительной настройке имеются уставки по току для выдержек времени 1 минута и 5 минут, поэтому соответствующие уставки по току должны задаваться для второй ступени (1400 А) и третьей ступени (1500 А) результирующей настройки.*

*Для ТНВ 0°C в предварительной настройке имеется уставка по току для выдержки времени 20 секунд и отсутствует уставка по току для выдержки времени 1 минута, поэтому на данном этапе в результирующей настройке задается только уставка третьей ступени (1700 А).*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°C	0°C	30°C
1	1800 (5 минут)	1600 (5 минут)	1200 (5 минут)
2	- (1 минута)	- (1 минута)	1400 (1 минута)
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1500 (20 секунд)

Уставка по току ступени, отсутствующая в полученной результирующей настройке, должна приниматься равной уставке по току ступени

результатирующей настройки для выдержки времени, ближайшей меньшей относительно выдержки времени данной ступени результирующей настройки, для соответствующей ТНВ.

*Уставки второй ступени результирующей настройки для ТНВ -25°С и 0°С принимаются равными уставкам по току ступени результирующей настройки для выдержки времени, ближайшей меньшей относительно выдержки времени данной ступени результирующей настройки, то есть равными уставкам по току третьей ступени результирующей настройки.*

Ступень	Уставка по току, А		
	Последняя выдержка времени		
	-25°С	0°С	30°С
1	1800 (5 минут)	1600 (5 минут)	1200 (5 минут)
2	1800 (1 минута)	1700 (1 минута)	1400 (1 минута)
3	1800 (20 секунд)	1700 (20 секунд)	1500 (20 секунд)

## 6. Пример 6

Задание дополнительных ступеней по току для снижения избыточности реализуемых УВ.

Для защищаемого электросетевого элемента с ДДТН, равной 2000 А при любой ТНВ, аварийная перегрузка которого недопустима (АДТН = ДДТН), определена настройка устройства АОПО, приведенная в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Ступень	Уставка по току (+35°С), А	Выдержка времени	Действие
1 (сигнальная)	1900	10 секунд	Сигнал
2	2000	10 секунд	РТ-1+РТ-2+РТ-3
		30 секунд	Отключение

Максимальное разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, представленное собственником оборудования составляет 30 секунд.

Для снижения токовой нагрузки защищаемого электросетевого элемента могут использоваться следующие УВ:

- быстродействующая разгрузка блоков АЭС тремя ступенями (РТ-1, РТ-2, РТ-3) по 200 МВт с максимальным временем реализации каждой ступени 20 секунд;
- отключение защищаемого элемента.

Объем УВ, реализуемых действием второй ступени, обеспечивает снижение токовой нагрузки защищаемого элемента от величины возможной перегрузки ниже ДДТН за допустимое время.

Обеспечение полной последовательной реализации каждой ступени УВ с отстройкой по времени невозможно, поскольку допустимое время перегрузки электросетевого элемента (30 секунд) меньше выдержки времени первой (сигнальной) ступени (10 секунд) и времени реализации двух ступеней УВ (40 секунд).

С целью снижения избыточности реализуемых УВ необходимо задание дополнительных ступеней в соответствии с требованиями пункта 8.4.

Уставка по току каждой дополнительной ступени определяется как величина уставки первой рабочей ступени результирующей настройки, увеличенная на величину, соответствующую величине фактического снижения токовой загрузки защищаемого элемента по факту реализуемых действием данной дополнительной ступени УВ.

*Уставка по току третьей (дополнительной) ступени должна определяться как уставка первой рабочей ступени (2000 А), увеличенная на величину фактического снижения токовой загрузки защищаемого элемента при реализации одной ступени УВ (РТ-2).*

*Уставка по току четвертой (дополнительной) ступени должна определяться как уставка первой рабочей ступени (2000 А), увеличенная на величину фактического снижения токовой загрузки защищаемого элемента при реализации двух ступеней УВ (РТ-2+РТ-3).*

Настройка устройства АОПО с учетом задания дополнительных ступеней приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Ступень	Уставка по току (+35°C), А	Выдержка времени	Действие
1 (сигнальная)	1900	10 секунд	Сигнал
2	2000	10 секунд	РТ-1
		30 секунд	Отключение
3	2000+kэф*РТ(200 МВт)	10 секунд	РТ-1+РТ-2
		30 секунд	Отключение
4	2000+kэф*РТ(400 МВт)	10 секунд	РТ-1+РТ-2+РТ-3
		30 секунд	Отключение

Время окончания реализации УВ, реализуемых действием каждой рабочей и дополнительной ступени, не превышает максимальное разрешенное время работы с токовой нагрузкой, превышающей АДТН, представленное собственником оборудования (30 секунд).

## Библиография

[1] Правила предоставления информации, необходимой для осуществления оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, утвержденные приказом Минэнерго России от 20.12.2022 № 1340.

