

Общество с ограниченной ответственностью  
«ЛипецкЭнергоПроект»

Установка двух линейных ячеек 35кВ на ПС 110/35/10кВ  
“Промышленная” для технологического присоединения  
убойного производства в Тамбовском районе Тамбовской  
области, мощностью 350 голов в час (1573 тысячи голов в  
год) с глубокой переработкой и цехом утилизации  
(заявитель – ООО “Тамбовский декон”)

РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

48-2013-23-ПЗ

Общество с ограниченной ответственностью  
«ЛипецкЭнергоПроект»

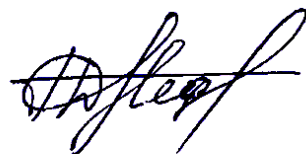
Установка двух линейных ячеек 35кВ на ПС 110/35/10кВ  
"Промышленная" для технологического присоединения  
удойного производства в Тамбовском районе Тамбовской  
области, мощностью 350 голов в час (1573 тысячи голов в  
год) с глубокой переработкой и цехом утилизации  
(заявитель – ООО "Тамбовский декон")

РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

48-2013-23-ПЗ

Заместитель директора по  
проектированию



Д.А. Неведов

## Состав проекта





| Обозначение     | Наименование                      | Примечание |
|-----------------|-----------------------------------|------------|
| 48-2013-023-ЭС  | Электроснабжение, оперативный ток |            |
| 48-2013-023-РЗА | Релейная защита и автоматика.     |            |
| 48-2013-023-ЭП  | Электрооборудование 35 кВ         |            |
| 48-2013-023-АС  | Архитектурно-строительные решения |            |
| 48-2013-023-ПЗ  | Пояснительная записка             |            |
| 48-2013-023-ПЗ  | Грозозащита и заземление          |            |

Технические решения принятые в рабочих чертежах, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных рабочими чертежами мероприятий.

Главный инженер проекта



С.В. Фролов

|                |     |             |                    |      |   |   |           |  |        |      |        |
|----------------|-----|-------------|--------------------|------|---|---|-----------|--|--------|------|--------|
| Взам. инв. №   |     |             |                    |      |   |   |           |  |        |      |        |
|                |     |             |                    |      |   |   |           |  |        |      |        |
| Подпись и дата |     |             |                    |      |   |   |           | 48-2013-023-ПЗ   |        |      |        |
|                |     |             |                    |      |   |   |           | филиал ОАО «МРСК Центра»-«Тамбовэнерго»  |        |      |        |
| Инв. № подл.   |     | Изм         | Кол                | Лист | № док   | Подпись   | Дата      |  |        |      |        |
|                |     | Разработал  | Самохвалов-Котиков |      |   |  |           | Установка двух линейных ячеек 35кВ на ПС 110/35/10кВ "Промышленная" для технологического присоединения убойного производства в Тамбовском районе Тамбовской области, мощностью 350 голов в час (1573 тысячи голов в год) с глубокой переработкой и цехом утилизации (заявитель - ООО "Тамбовский декан") | Стадия | Лист | Листов |
|                |     | Проверил    | Фролов             |      |   |  |           | Р  | 1      | 29   |        |
|                |     | Нач.сектора |                    |      |   |   |           | Пояснительная записка  |        |      |        |
|                |     | Нач.отдела  |                    |      |   |   |           |  |        |      |        |
|                |     | Н.контр.    | Нефедов            |      |   |  |           |  |        |      |        |
|                | ГИП | Фролов      |                    |      |  |   | ООО "ЛЭП" |  |        |      |        |

## 1. Общая часть

Рабочий документация «Установка двух линейных ячеек 35кВ на ПС 110/35/10кВ "Промышленная" для технологического присоединения удобного производства в Тамбовском районе Тамбовской области, мощностью 350 голов в час (1573 тысячи голов в год) с глубокой переработкой и цехом утилизации (заявитель – ООО "Тамбовский декон")» разработан на основании следующих исходных документов и материалов:

- Техническое задание на выполнение проектных работ;
- Исходные данные, предоставленные заказчиком.

Основание для проектирования:

– Реализация инвестиционной программы филиала ОАО «МРСК Центра» – «Тамбовэнерго» на 2013 год.

Проектом предусматривается:

- Монтаж выключателя вакуумного колонкового 35 кВ, 1600 А, ВБС-35III-25/1600 УХ/Л1 в количестве 2-х штук;
- Монтаж трансформатора тока опорного литого 35 кВ, 150/5, ТОЛ-35 III-V-4 УХ/Л1 в количестве 6-х штук;
- Монтаж разъединителя горизонтального 35 кВ, 1000 А, 20 кА, РГП2-35/1000 УХ/Л1 в количестве 2-х штук;
- Монтаж разъединителя горизонтального 35 кВ, 1000 А, 20 кА, РГП1б-35/1000 УХ/Л1 в количестве 2-х штук;
- Монтаж ограничителя перенапряжений ОПН-35, ОПН-А-35/40,5-10/650(III) УХ/Л1 в количестве 6-х штук;
- Монтаж панели защит двух присоединений 35 кВ в количестве 1-ой штуки.

|              |                |              |      |         |      |        |         |      |                |      |
|--------------|----------------|--------------|------|---------|------|--------|---------|------|----------------|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № |      |         |      |        |         |      | 48-2013-023-ПЗ | Лист |
|              |                |              |      |         |      |        |         |      |                | 2    |
|              |                |              | Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |                |      |

## 2. Грозозащита, заземление, изоляция

Защита устанавливаемого оборудования от прямых ударов молнии осуществляется существующими молниеотводами установленными на подстанции и дополнительной защиты не требуют.

Заземление вновь устанавливаемого оборудования выполняется согласно ПУЭ, 7 издание, раздел 7, 2003 года.

Оборудование с уровнем изоляции – «б» по ГОСТ 1516.3–96. Выдерживаемые испытательные напряжения:

- |  |              |
|--|--------------|
| – Полного грозового импульса                               | –190 кВ пик; |
| – Одноминутного переменного напряжения в сухом состоянии   | –95 кВ;      |
| – Одноминутного переменного напряжения при росе (не менее) | –80 кВ;      |
| – Длина пути утечки (не менее)                             | –620 мм      |

При установке выключателей соблюдены требования ПУЭ по минимально допустимым расстояниям в свету между неизолированными токоведущими частями разных фаз, от неизолированных токоведущих частей до заземленных конструкций и ограждений, пола и земли, а также между неогражденными токоведущими частями разных цепей, согласно ПУЭ, 7 издание, раздел 4, 2003 года. Дополнительных мероприятий по организации изоляции оборудования не требуется.

|              |                |              |                |         |      |        |         |      |      |
|--------------|----------------|--------------|----------------|---------|------|--------|---------|------|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № |                |         |      |        |         |      | Лист |
|              |                |              | 48-2013-023-ПЗ |         |      |        |         |      |      |
|              |                |              | Изм.           | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |      |

### 3. Расчетная проверка трансформаторов тока на 10% полную погрешность.

Расчет ведем исходя из паспортных данных трансформаторов тока.

Технические характеристики используемых трансформаторов тока приведены в таблице 1.

Таблица 1.

|                                |                     |     |    |    |
|--------------------------------|---------------------|-----|----|----|
| Тип трансформатора тока        | ТОЛ-35 III-V-4 УХЛ1 |     |    |    |
| Коэффициент трансформации      | 150/5               |     |    |    |
| Класс точности                 | 0,2S                | 0,5 | 3P | 3P |
| Мощность вторичных обмоток, ВА | 30                  | 30  | 30 | 30 |

Определим номинальное полное сопротивление обмоток для каждого класса точности:

$$Z_{H3TA(0,2S)} = \frac{S_{2HOM}}{I_{2HOM}^2} = \frac{30}{25} = 1,2 \text{ Ом}$$

$$Z_{H3TA(0,5)} = \frac{S_{2HOM}}{I_{2HOM}^2} = \frac{30}{25} = 1,2 \text{ Ом}$$

$$Z_{H3TA(3P)} = \frac{S_{2HOM}}{I_{2HOM}^2} = \frac{30}{25} = 1,2 \text{ Ом}$$

$$Z_{H3TA(3P)} = \frac{S_{2HOM}}{I_{2HOM}^2} = \frac{30}{25} = 1,2 \text{ Ом}$$

Суммарное сопротивление  $Z_{H(расч.)}$  приборов подключённых к обмоткам ТТ, рассчитывается по суммарной мощности присоединяемых устройств:

$$Z_{1H \text{ расч.}} = 2 r_{пр} + Z_{р. ф.} + Z_{обр} + r_{пер}$$

$$Z_{2H \text{ расч.}} = r_{пр} + Z_{р. ф.} + r_{пер}$$

$$r_{пр} = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,0175 \cdot \frac{100}{4,0} = 0,4375 \text{ Ом}$$

где,  $r_{пр}$  – сопротивление соединительного провода из меди сечением 4,0 мм<sup>2</sup>;

$Z_{р.ф.}$  – фактическое рассчитываемое сопротивление приборов;

$r_{пер}$  – сопротивление контактов принимается 0,05 Ом при двух-трех приборах;

$Z_{обр}$  – сопротивление обратной последовательности.

|                |  |
|----------------|--|
| Взам. инв. №   |  |
| Подпись и дата |  |
| Инв. № подл.   |  |

|      |         |      |        |         |      |                |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|----------------|------|
|      |         |      |        |         |      | 48-2013-023-ПЗ | Лист |
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |                | 4    |
|      |         |      |        |         |      |                |      |

0,25;

$$Z_{\text{p.}\phi.} = Z_{PIC}$$

$$Z_{PIC} = \frac{S_{nomp}}{I_{2HOM}^2} = \frac{0,1}{25} = 0,004 \text{ } OM$$

зде,

$Z_{PIС}$  – сопротивление аналоговых входов прибора учёта.

$$Z_{\text{н фак. расч.}} = 2 \cdot 0,4375 + 0,004 + 0,05 = 0,929 \text{ } O_M$$

что меньше величины номинального полного сопротивления обмотки  $Z_H$ .

0,5;

$$Z_{\text{p.f.}} = Z_{ZU}$$

$$Z_{ZU} = \frac{S_{nomp}}{I_{Z\text{ HOM}}^2} = \frac{0,5}{25} = 0,02 \text{ } O_M$$

зде,

$Z_{zu}$  – сопротивление аналоговых входов измерительного прибора.

$$Z_{\text{н фак. расч.}} = 2 \cdot 0,4375 + 0,02 + 0,05 = 0,945 \text{ } O_M$$

что меньше величины номинального полного сопротивления обмотки  $Z_H$ .

3P;

$$Z_{\text{p.}\phi.} = Z_{\text{Суиуе-2-}\mathcal{L}}$$

$$Z_{Cupuyc-2-II} = \frac{S_{nomp}}{I_{2HOM}^2} = \frac{0,5}{25} = 0,02 \text{ } O_M$$

зде,

$Z_{\text{Ирпуг-2-л}}$  – сопротивление аналоговых входов устройства защиты.

$$Z_{\text{н фак. расч.}} = 2 \cdot 0,4375 + 0,02 + 0,05 = 0,945 \text{ } O_M$$

что меньше величины номинального полного сопротивления обмотки  $Z_H$ .

3P;

$$Z_{\text{p.ф.}} = Z_{\text{Орион}} - \text{БПМ} - 2$$

$$Z_{\text{Орион-БПМ-2}} = \frac{S_{\text{nomp}}}{I_{2\text{HOM}}^2} = \frac{1,5}{25} = 0,06 \text{ Ом}$$

зде,

$Z_{\text{орион-БПМ-2}}$  – сопротивление аналоговых входов блока питания защит.

$$Z_{\text{н фак. расч.}} = 2 \cdot 0,4375 + 0,06 + 0,05 = 0,985 \text{ } O_M$$

что меньше величины номинального полного сопротивления обмотки  $Z_H$ .

Рассчитаем фактическое сопротивление приборов подключенных к обмотке классом точности 3Р;

$$Z_{p.ф.} = Z_{\text{Орион - БПМ - 2}}$$

$$Z_{\text{Орион - БПМ - 2}} = \frac{S_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}^2} = \frac{1,5}{25} = 0,06 \text{ Ом}$$

где,

$Z_{\text{Орион-БПМ-2}}$  – сопротивление аналоговых входов блока питания защит.

$$Z_{\text{н фак.расч.}} = 2 \cdot 0,4375 + 0,06 + 0,05 = 0,985 \text{ Ом}$$

что меньше величины номинального полного сопротивления обмотки  $Z_{\text{н}}$ .

#### 4. Проверочный расчёт селективности автоматических выключателей.

На стороне питания установлен автоматический выключатель АП-50 In-6,4А.

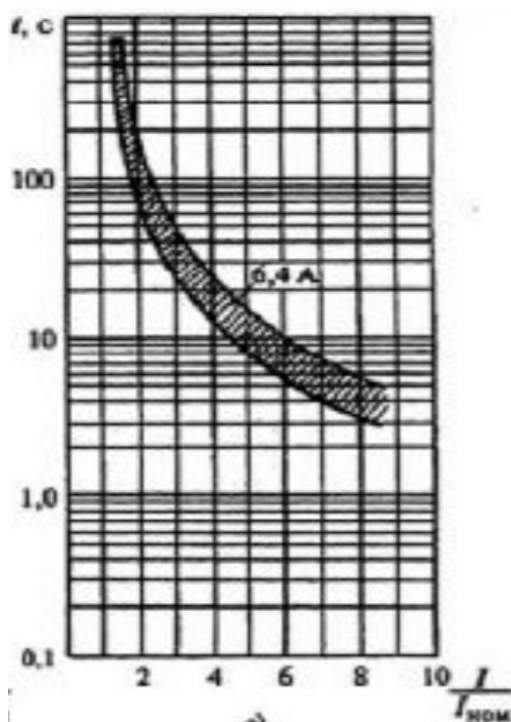
На стороне нагрузки установлен автоматический выключатель серии S200 In-4А.

Данные автоматические выключатели оснащены тепловым и электромагнитным расцепителем а, следовательно, возможно реализовать только токовую селективность.

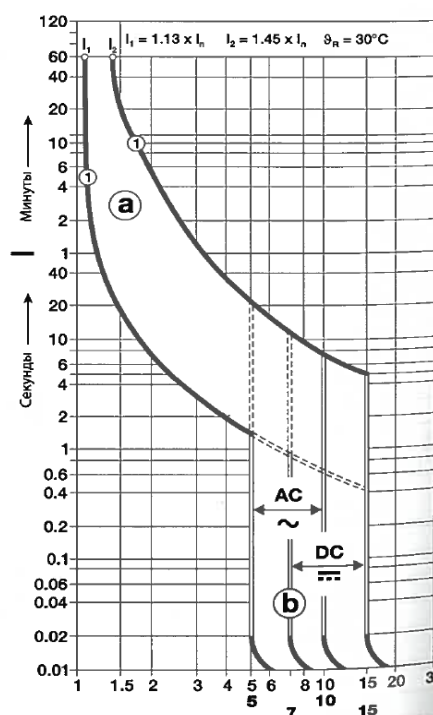
Расчёт производится согласно сравнения времятоковых характеристик рассматриваемых автоматических выключателей .

Тепловые расцепители автоматического выключателя АП-50 при температуре окружающего воздуха 25° с холодного состояния при прохождении переменного однофазного тока частоты 50 Гц одновременно во всех полюсах допускают, не отключаясь в течение 1 ч, работу автомата при токе 1,1 In и отключают автомат при токе 1,35 In в течение не более 30 мин, а при токе 6In – за время от 1,5 до 10 с.

Тепловые расцепители автоматического выключателя S200, при температуре окружающего воздуха 30° с холодного состояния при прохождении переменного однофазного тока частоты 50 Гц одновременно во всех полюсах допускают, не отключаясь в течение 1 ч, работу автомата при токе 1,13 In и отключают автомат при токе 1,45 In в течение не более 40 сек.



Времятоковые характеристики автоматических выключателей АП-50



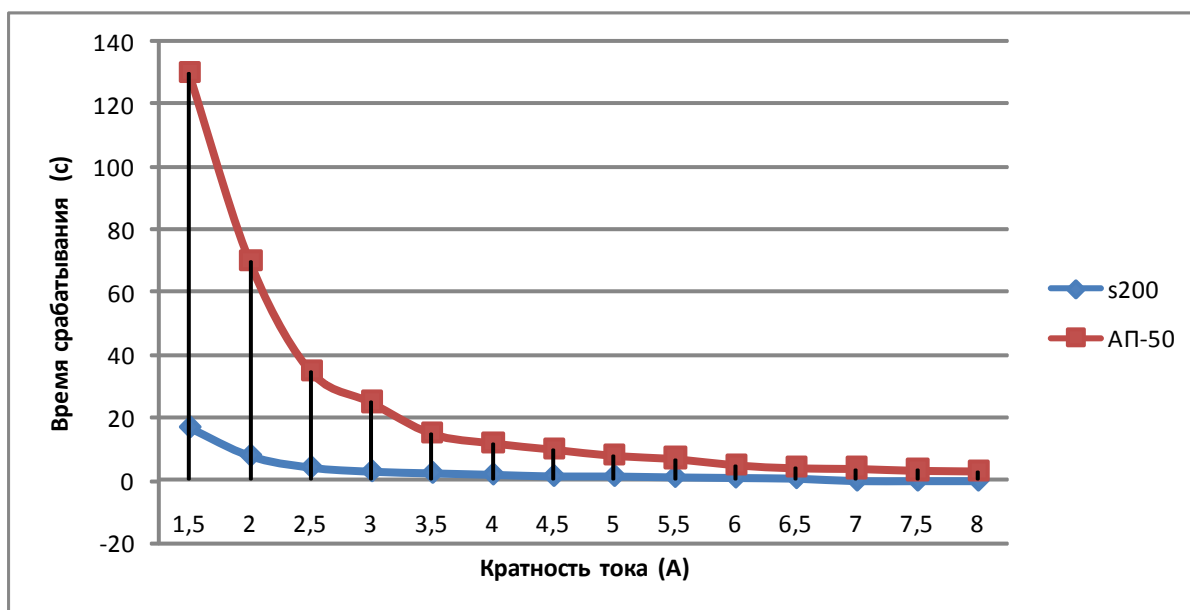
Времятоковые характеристики автоматических выключателей S200

|                |  |
|----------------|--|
| Взам. инв. №   |  |
| Подпись и дата |  |
| Инв. № подл.   |  |

|      |         |      |        |         |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |
|      |         |      |        |         |      |



| Крат. Тока | 1,5 | 2  | 2,5 | 3  | 3,5 | 4  | 4,5 | 5   | 5,5 | 6 | 6,5 | 7    | 7,5   | 8    |
|------------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|---|-----|------|-------|------|
| s200       | 17  | 8  | 4,3 | 3  | 2,5 | 2  | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,8 | 0,02 | 0,015 | 0,01 |
| АП-50      | 130 | 70 | 35  | 25 | 15  | 12 | 10  | 8   | 7   | 5 | 4   | 3,8  | 3,2   | 3    |



Совмещенные времятоковые характеристики  
автоматических выключателей АП-50 и S200

Результат анализа времятоковых характеристик показал:

- кривые срабатывания устройств автоматических выключателей АП-50 и S 200, не пересекаются на всем токовом диапазоне;
- кривая автоматического выключателя АП-50 лежит выше кривой автоматического выключателя S 200.

Поэтому, селективность между этими двумя аппаратами обеспечивается.

|                |              |
|----------------|--------------|
| Инф. № подл.   | Взам. инф. № |
| Подпись и дата |              |

|      |         |      |        |         |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |
|      |         |      |        |         |      |

5. Выбор сечения жил контрольных кабелей в токовых цепях защиты

$$S_{PACЧ} = 2,5 \cdot \frac{l_{действ}}{l_{баз.}}$$

$$l_{баз.} = 143 \cdot \frac{(1-n)}{\alpha} \cdot Z_{дон.}$$

$$n = \frac{Z_{\phi.} + r_{пер.}}{Z_{дон.}}$$

Рассчитаем минимально допустимое сечение жил контрольных кабелей в токовых цепях защиты, подключенных к обмотке классом точности 0,2S, при однофазном замыкании;

$$n = \frac{0,004 + 0,05}{1,2} = 0,045$$

$$l_{баз.} = 143 \cdot \frac{(1-0,045)}{2} \cdot 1,2 = 81,939 \text{ м}$$

$$S_{PACЧ} = 2,5 \cdot \frac{100}{81,939} = 3,05 \text{ мм}^2$$

Минимально допустимое сечение жилы контрольных кабелей 4,0 мм<sup>2</sup> медь.

Рассчитаем минимально допустимое сечение жил контрольных кабелей в токовых цепях защиты, подключенных к обмотке классом точности 0,5, при однофазном замыкании;

$$n = \frac{0,02 + 0,05}{1,2} = 0,058$$

$$l_{баз.} = 143 \cdot \frac{(1-0,058)}{2} \cdot 1,2 = 80,824 \text{ м}$$

$$S_{PACЧ} = 2,5 \cdot \frac{100}{80,824} = 3,09 \text{ мм}^2$$

Минимально допустимое сечение жилы контрольных кабелей 4,0 мм<sup>2</sup> медь.

Рассчитаем минимально допустимое сечение жил контрольных кабелей в токовых цепях защиты, подключенных к обмотке классом точности ЗР, при однофазном замыкании;

$$n = \frac{0,02 + 0,05}{1,2} = 0,058$$

$$l_{баз.} = 143 \cdot \frac{(1-0,058)}{2} \cdot 1,2 = 80,824 \text{ м}$$

$$S_{PACЧ} = 2,5 \cdot \frac{100}{80,824} = 3,09 \text{ мм}^2$$

|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
|--------------|----------------|--------------|--------|---------|------|----------------|--|--|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инф. № |        |         |      |                |  |  | Лист |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
| Изм.         | Кол. уч        | Лист         | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ |  |  | 8    |

Минимально допустимое сечение жилы контрольных кабелей 4,0 мм<sup>2</sup> медь.

Рассчитаем минимально допустимое сечение жил контрольных кабелей в токовых цепях защиты, подключенных к обмотке классом точности ЗР, при однофазном замыкании;

$$n = \frac{0,06 + 0,05}{1,2} = 0,092$$

$$l_{баз.} = 143 \cdot \frac{(1 - 0,092)}{2} \cdot 1,2 = 77,906 \text{ м}$$

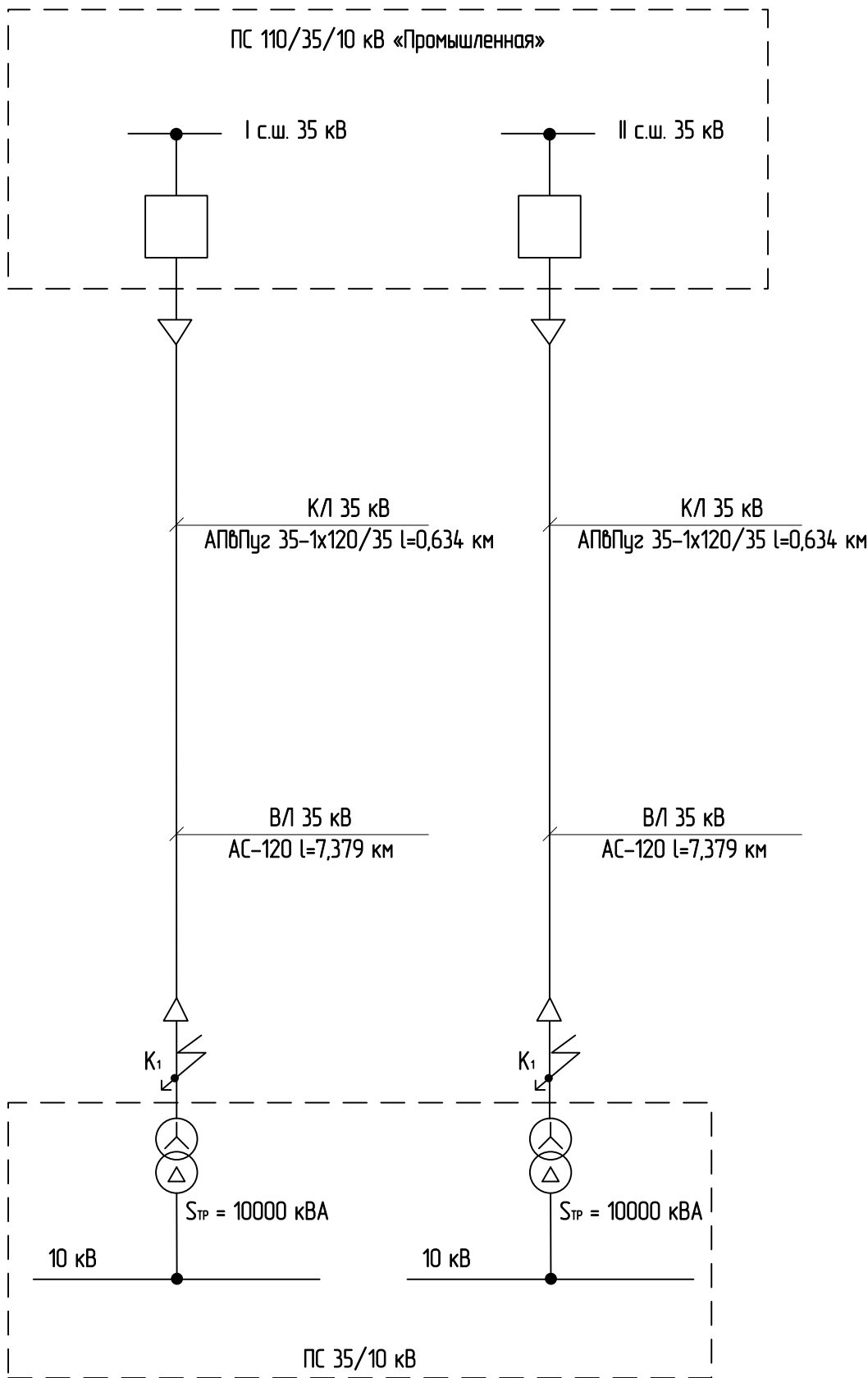
$$S_{РАСЧ} = 2,5 \cdot \frac{100}{77,906} = 3,21 \text{ мм}^2$$

Минимально допустимое сечение жилы контрольных кабелей 4,0 мм<sup>2</sup> медь.

|              |                |              |      |         |      |        |         |      |                |      |
|--------------|----------------|--------------|------|---------|------|--------|---------|------|----------------|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инф. № |      |         |      |        |         |      | 48-2013-023-ПЗ | Лист |
|              |                |              |      |         |      |        |         |      |                | 9    |
|              |                |              | Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |                |      |

6. Расчет токов короткого замыкания

СХЕМА ПОЯСНЯЮЩАЯ



|                |  |
|----------------|--|
| Взам. инв. №   |  |
| Подпись и дата |  |
| Инв. № подл.   |  |

|      |         |      |        |         |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|
|      |         |      |        |         |      |
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |

48-2013-023-ПЗ

Лист

10

Для расчета токов КЗ составляется схема замещения электрической сети

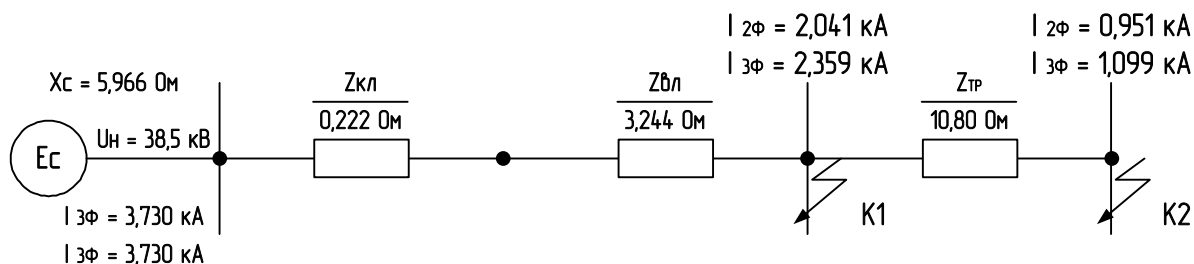


Таблица №1. Расчет токов короткого замыкания

| № п/п |  | Наименование                    |             | Обозначение и расчетная формула                  | Ед. изм. | Числовое значение |
|-------|--|---------------------------------|-------------|--|----------|-------------------|
| 1     | Данные системы                             | Ток КЗ тах на шинах 35 кВ       |             | $I_{кз}$   | кА       | 1,47              |
| 2     |  | Сопротивление системы тах режим |             | $Z_c = X_c = \frac{U_n}{\sqrt{3} I_{кз}}$        | Ом       | 5,966             |
| 3     | Номинальное напряжение                     |                                 |             | $U_n$  | кВ       | 38,5              |
| 4     | КЛ   | Активное сопротивление          | На 1 км     | $r$  | Ом/км    | 0,325             |
|       |  |                                 | На 0,634 км | $R_{кл}$   | Ом       | 0,206             |
|       |  | Реактивное сопротивление        | На 1 км     | $x$  | Ом/км    | 0,132             |
|       |  |                                 | На 0,634 км | $X_{кл}$   | Ом       | 0,084             |
|       |  | Сопротивление кабельной линии   |             | $Z_{кл} = \sqrt{R_{кл}^2 + X_{кл}^2}$            | Ом       | 0,222             |
| 5     | ВЛ   | Активное сопротивление          | На 1 км     | $r$  | Ом/км    | 0,245             |
|       |  |                                 | На 7,379 км | $R_{вл}$   | Ом       | 1,808             |
|       |  | Реактивное сопротивление        | На 1 км     | $x$  | Ом/км    | 0,365             |
|       |  |                                 | На 7,379 км | $X_{вл}$   | Ом       | 2,693             |
|       |  | Сопротивление воздушной линии   |             | $Z_{вл} = \sqrt{R_{вл}^2 + X_{вл}^2}$            | Ом       | 3,244             |
| 6     | Полное сопротивление до точки К1 тах режим |                                 |             | $Z_1 = Z_c + Z_{кл} + Z_{вл}$                    | Ом       | 9,432             |
| 7     | Трехфазное КЗ в точке К1                   |                                 |             | $I_{К1}^{(3)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} Z_1}$        | кА       | 2,359             |
| 8     | Двухфазное КЗ в точке К1                   |                                 |             | $I_{К1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} I_{К1}^{(3)}}{2}$ | кА       | 2,041             |
| 6     | Полное сопротивление до точки К2 тах режим |                                 |             | $Z_1 = Z_c + Z_{кл} + Z_{вл} + Z_{лр}$           | Ом       | 20,232            |
| 7     | Трехфазное КЗ в точке К2                   |                                 |             | $I_{К1}^{(3)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} Z_1}$        | кА       | 1,099             |
| 8     | Двухфазное КЗ в точке К2                   |                                 |             | $I_{К1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} I_{К1}^{(3)}}{2}$ | кА       | 0,951             |

|              |  |              |                |          |      |        |         |      |      |
|--------------|--|--------------|----------------|----------|------|--------|---------|------|------|
| Взам. инд. № |  | Инф. № подл. |                |          |      |        |         |      | Лист |
|              |  |              | 48-2013-023-ПЗ |          |      |        |         |      |      |
|              |  |              | Изм.           | Кол. уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата |      |

## 7. Проектный выбор уставок

## 1. Выбор уставок максимальной токовой защиты

$$I_{c.з.} = \frac{k_H \cdot k_{c.з.п.}}{k_{\epsilon}} \cdot I_{p.макс} = \frac{1,1 \cdot 1,1}{0,96} \cdot 150,14 = 189,24 A$$

Принимаем  $I_{с.з.}=189 \text{ А}$

Определяем ток срабатывания реле:

$$I_{cp} = \frac{I_{C3.} \cdot k_{cx}}{n_{TT}} = \frac{189 \cdot 1}{30} = 6,3 A$$

Проверяем коэффициент чувствительности:

$$k_{\text{чувст.}} = \frac{I_{K3.K1}^{(2)}}{I_{C3}} = \frac{2041}{189} = 10,8 \geq 1,5; \quad k_{\text{чувст.}} = \frac{I_{K3.K2}^{(2)}}{I_{C3}} = \frac{947}{189} = 5,0 \geq 1,2;$$

Выбираем время срабатывания защиты:

$$T_{\text{ср}} = t_{\text{српосл}} - \Delta t = 2,5 - 0,5 = 2,0 \text{ с}$$

Принимаем  $T_{ср.} = 2,0$  сек.

## 2. Выбор токовой отсечки

Отстройка токовой отсечки от ее несрабатывания при бросках тока намагничивания силовых трансформаторов

$$I_{C.O.} \geq k_H \cdot \sum I_{\text{ном. тр.}} = 4 \cdot 150,14 = 600,56 \text{ A}$$

Принимаем  $I_{с.о.} = 600 \text{ А}$ ,  $T_{ср.} = 0,0 \text{ сек.}$

Отстройка токовой отсечки от тока короткого замыкания за силовым трансформатором строящейся подстанции 35 кВ.

$$I_{C.O.} = k_H \cdot I_{3\text{кЗ.МАКС}} = 1,1 \cdot \frac{U_{\text{НОМ.}}}{\sqrt{3} \cdot (Z_C + Z_{KL} + Z_{BL} + Z_{TP})} = 1,1 \cdot \frac{38,5}{1,73 \cdot (5,966 + 0,222 + 3,244 + 10,8)} = 1210 \text{ A}$$

Принимаем  $I_{с.о.} = 1209 \text{ А}$ ,  $T_{ср.} = 0,0 \text{ сек.}$

Окончательно принимаем:

l.c.o. = 1209 A;

$T_{\text{ср.}} = 0,0 \text{ сек.}$

Определяем ток срабатывания реле:

$$I_{cp} = \frac{I_{C.3.} \cdot k_{cx}}{n_{TT}} = \frac{1209 \cdot 1}{30} = 40,3 A$$

Проверяем коэффициент чувствительности:

$$k_{\text{чувст.}} = \frac{I_{K3.}^{(2)}}{I_{C3}} = \frac{3226,45}{1209} = 2,67 \geq 2$$

|                |      |          |      |        |         |   |
|----------------|------|----------|------|--------|---------|---|
| Взам. инв. №   |      |          |      |        |         | Ис.о. =1209 А;<br>Тср. = 0,0 сек.   |
|                |      |          |      |        |         |   |
| Подпись и дата |      |          |      |        |         | <p>Определяем ток срабатывания реле:</p> $I_{cp} = \frac{I_{C.3.} \cdot k_{cx}}{n_{TT}} = \frac{1209 \cdot 1}{30} = 40,3 A$ <p>Проверяем коэффициент чувствительности:</p> $k_{чувст.} = \frac{I_{КЗ.}^{(2)}}{I_{C.3.}} = \frac{3226,45}{1209} = 2,67 \geq 2$ |
|                |      |          |      |        |         |   |
| Инв. № подл.   |      |          |      |        |         | 48-2013-023-ПЗ  |
|                |      |          |      |        |         |   |
|                | Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата  |
|                |      |          |      |        |         |   |

Таблица №2. Бланк задания уставок  
микропроцессорного терминала релейной защиты «Сириус-2-Л»

| Группа уставок | Уставка                        | Набор 1         | Набор 2 |
|----------------|--------------------------------|-----------------|---------|
| Общие          | U <sub>ном</sub> , кВ          | 38,5            |         |
|                | I <sub>ном</sub> , А           | 150             |         |
|                | Z <sub>уд</sub> , Ом/км        | –               |         |
|                | Z <sub>системы</sub> , Ом      | 0,385           |         |
|                | Режим сигнализации             | Непрерывно      |         |
|                | ТТ фазы В                      | Включено        |         |
|                | Чередование фаз                | Прямое          |         |
|                | Контакт автомата ШП            | НЗ              |         |
|                | Цвет В/О                       | Красный зеленый |         |
|                |                                |                 |         |
| МТЗ-1          | Функция                        | Включено        |         |
|                | I, А                           | 40,3            |         |
|                | T, с                           | 0               |         |
|                | Ускорение                      | Отключено       |         |
|                | АПВ                            | Включено        |         |
|                |                                |                 |         |
| МТЗ-2          | Функция                        | Включено        |         |
|                | I, А                           | 6,3             |         |
|                | T, с                           | 0,5             |         |
|                | Характеристика                 | Независимая     |         |
|                | Ускорение                      | Включено        |         |
|                | АПВ                            | Включено        |         |
| МТЗ-3          | Функция                        | Включено        |         |
|                | I, А                           | 6,3             |         |
|                | T, с                           | 0,5             |         |
|                | Характеристика                 | Независимая     |         |
|                | Ускорение                      | Включено        |         |
|                | АПВ                            | Включено        |         |
| МТЗ-4          | Функция                        | Отключено       |         |
|                | Действие                       |                 |         |
|                | I, А                           |                 |         |
|                | T <sub>откл</sub> , с          |                 |         |
|                | T <sub>сигнал</sub> , с        |                 |         |
|                |                                |                 |         |
| 30Ф            | Функция                        | Отключено       |         |
|                | Действие                       |                 |         |
|                | I <sub>2</sub> /I <sub>1</sub> |                 |         |
|                | T, с                           |                 |         |
|                | АПВ                            |                 |         |
|                |                                |                 |         |

|              |                |
|--------------|----------------|
| Инф. № подл. | Взам. инф. №   |
|              | Подпись и дата |

Продолжение таблицы №2

|                |  |              |  |
|----------------|--|--------------|--|
| Защита от 033  | Функция                                | Отключено    |  |
|                | Действие                               |              |  |
|                | З <sub>до 1г</sub>                     |              |  |
|                | З <sub>до вг</sub>                     |              |  |
|                | З <sub>до 1г, А</sub>                  |              |  |
|                | З <sub>до вг, А</sub>                  |              |  |
|                | Характеристика                         |              |  |
|                | Т, с                                   |              |  |
|                | АПВ                                    |              |  |
|                |  |              |  |
| Дуговая защита | Контроль по I                          | Отключено    |  |
|                | I <sub>контр, А</sub>                  |              |  |
|                |  |              |  |
| Газовая защита | Функция                                | Отключено    |  |
|                |  |              |  |
| АПВ            | Функция                                | Включено     |  |
|                | T <sub>АПВ1, с</sub>                   |              |  |
|                | T <sub>АПВ2, с</sub>                   |              |  |
|                | Фиксация блокир. АПВ                   |              |  |
|                | АПВ при несанкционированном отключении |              |  |
|                |  |              |  |
| АЧР/ЧАПВ       | Функция АЧР                            | Отключено    |  |
|                | Функция ЧАПВ                           | Внешнее      |  |
|                | T <sub>ЧАПВ, с</sub>                   |              |  |
|                | T <sub>ЧАПВ, с</sub>                   |              |  |
| УРОВ           | Функция                                | Отключено    |  |
|                | I, А                                   |              |  |
|                | T, с                                   |              |  |
|                |  |              |  |
| Вход 1         | Функция                                | Внеш. сигнал |  |
|                | Актив. уровень                         | «1»          |  |
|                | T, с                                   |              |  |
|                | УРОВ                                   |              |  |
|                | АПВ                                    |              |  |
|                | Имя                                    |              |  |
| Вход 2         | Функция                                | Внеш. сигнал |  |
|                | Актив. уровень                         | «1»          |  |
|                | T, с                                   |              |  |
|                | УРОВ                                   |              |  |
|                | АПВ                                    |              |  |
|                | Имя                                    |              |  |
| Вход 3         | Функция                                | Блок. АПВ    |  |
|                | Актив. уровень                         | «1»          |  |
|                | T, с                                   | 0,02         |  |
|                | УРОВ                                   |              |  |
|                | АПВ                                    |              |  |
|                | Имя                                    |              |  |

|                |  |
|----------------|--|
| Взам. инв. №   |  |
| Подпись и дата |  |
| Инв. № подл.   |  |



Продолжение таблицы №2

|                      |                        |              |  |
|----------------------|------------------------|--------------|--|
| Вход 4               | Функция                | Внешн. откл. |  |
|                      | Актив. уровень         | «1»          |  |
|                      | T, с                   | 0,02         |  |
|                      | УРОВ                   |              |  |
|                      | АПВ                    |              |  |
|                      | Имя                    |              |  |
| Вход 5               | Функция                | Внешн. откл. |  |
|                      | Актив. уровень         |              |  |
|                      | T, с                   |              |  |
|                      | УРОВ                   |              |  |
|                      | АПВ                    |              |  |
|                      | Имя                    |              |  |
| Вход 6               | Функция                | Не подкл.    |  |
|                      | Актив. уровень         | «1»          |  |
|                      | T, с                   | 0,02         |  |
|                      | УРОВ                   |              |  |
|                      | АПВ                    |              |  |
|                      | Имя                    |              |  |
| Реле 1               | Точка                  | –            |  |
|                      | T <sub>сраб</sub> , с  |              |  |
|                      | T <sub>возвр</sub> , с |              |  |
|                      | Режим                  |              |  |
| Реле 2               | Точка                  | –            |  |
|                      | T <sub>сраб</sub> , с  |              |  |
|                      | T <sub>возвр</sub> , с |              |  |
|                      | Режим                  |              |  |
| Реле 3               | Точка                  | РПО          |  |
|                      | T <sub>сраб</sub> , с  | 0,0          |  |
|                      | T <sub>возвр</sub> , с | 0,0          |  |
|                      | Режим                  | Без фиксации |  |
| Реле 4               | Точка                  | РПВ          |  |
|                      | T <sub>сраб</sub> , с  | 0,0          |  |
|                      | T <sub>возвр</sub> , с | 0,0          |  |
|                      | Режим                  | Без фиксации |  |
| Светодиод «Сигнал 1» | Точка                  | –            |  |
|                      | T <sub>сраб</sub> , с  |              |  |
|                      | Режим                  |              |  |
|                      | Мигание                |              |  |
| Светодиод «Сигнал 2» | Точка                  | –            |  |
|                      | T <sub>сраб</sub> , с  |              |  |
|                      | Режим                  |              |  |
|                      | Мигание                |              |  |
| Блокировка 1         | Точка                  | –            |  |
|                      | T <sub>сраб</sub> , с  |              |  |
|                      | Режим                  |              |  |
|                      | Мигание                |              |  |
| Блокировка 2         | Точка                  | –            |  |
|                      | T <sub>сраб</sub> , с  |              |  |
|                      | Режим                  |              |  |
|                      | Мигание                |              |  |

|                |  |
|----------------|--|
| Взам. инв. №   |  |
| Подпись и дата |  |
| Инв. № подл.   |  |

|      |         |      |        |         |      |                |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|----------------|------|
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ | Лист |
|      |         |      |        |         |      |                | 15   |

Окончание таблицы №2

|                     |                              |           |  |
|---------------------|------------------------------|-----------|--|
| Блокировка 3        | Точка                        | –         |  |
|                     | T <sub>сраб</sub> , с        |           |  |
|                     | Режим                        |           |  |
|                     | Мигание                      |           |  |
|                     |                              |           |  |
| Уставки выключателя | Управление                   | Вкл.      |  |
|                     | T <sub>включения</sub> , с   | 0,1       |  |
|                     | Ограничение Вкл.             | Отключено |  |
|                     | Ограничение Откл.            | Отключено |  |
|                     | T <sub>макс. вкл.</sub> , с  | 0,1       |  |
|                     | T <sub>макс. откл.</sub> , с | 0,1       |  |
|                     | TУ по ЛС                     | Вкл.      |  |
|                     | Квитирование (Для ТУ)        | Вкл.      |  |
|                     | Разрешение ТУ                | Всегда    |  |
|                     |                              |           |  |

|                |              |
|----------------|--------------|
| Инф. № подл.   | Взам. инф. № |
| Подпись и дата |              |

|      |         |      |        |         |      |                |      |
|------|---------|------|--------|---------|------|----------------|------|
| Изм. | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ | Лист |
|      |         |      |        |         |      |                | 16   |

## 8. Релейная защита, автоматика и вторичная коммутация.

В разделе РЗА выполнена обвязка микропроцессорных устройств РЗА «Сириус» ЗАО «Радиус Автоматика» и цепей приводов выключателей ВБС-35III-25/1600 ОАО «НПП «Контакт».

Устройства «Сириус» установлены на панели в ОПУ.

Функции терминалов «Сириус», задействованные по данному разделу проекта, внутренняя конфигурация и предварительный выбор уставок РЗА отражены в таблице №2 бланка задания уставок терминалов.

Проектом предусмотрена стыковка вторичных цепей приводов выключателей и МП терминалов с существующими цепями устройств РЗА, аварийной и предупредительной сигнализации.

Управление приводом выключателя осуществляется в двух режимах: «Местное» и «Дистанционное». В режиме местного управления выключатель управляется от кнопок «Вкл», «Откл» на лицевой панели «Сириус». В режиме дистанционного управления через дискретные входы «Включение от ключа», «Отключение от ключа» (кнопки местного управления при этом не действуют). Переключение режимов работы управления осуществляется тумблером на лицевой панели «Сириус».

|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
|--------------|----------------|--------------|--------|---------|------|----------------|--|--|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инф. № |        |         |      |                |  |  | Лист |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
| Изм.         | Кол. уч        | Лист         | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ |  |  | 17   |

## 9. Учет электроэнергии и измерения.

Учет электроэнергии осуществляется счётчиками электрической энергии «СЭТ-4ТМ.03М». Измерение тока осуществляется с помощью многофункциональных приборов ЩМ-120, стрелочными амперметрами Э42702, а также по микропроцессорным терминалам «Сириус-2-Л».

|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |    |
|--------------|----------------|--------------|--------|---------|------|----------------|--|--|------|----|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инф. № |        |         |      |                |  |  | Лист |    |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |    |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |    |
| Изм.         | Кол. уч        | Лист         | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ |  |  |      | 18 |

## 10. Сигнализация.

Предусмотрены штатная, местная и центральная сигнализации. Штатная сигнализация обеспечивает информацию о положении выключателя, внешние отключения и внутренние неисправности цепей управления в шкафу. Кроме этого, блоки «Сириус-2-1» имеют собственную местную сигнализацию: сообщение на дисплее и светодиоды на лицевой линии.

На панели сформированы цепи центральной сигнализации, выходящие на обобщенные линии предупредительной и аварийной сигнализации.

|              |                |              |      |         |      |        |                |         |
|--------------|----------------|--------------|------|---------|------|--------|----------------|---------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № |      |         |      |        | 48-2013-023-ПЗ | Лист    |
|              |                |              |      |         |      |        |                | 19      |
|              |                |              | Изм. | Кол. уч | Лист | № док. |                | Подпись |

## 11. Электромагнитная совместимость.

### 21.1. Анализ ЭМО. Перечень источников внешних электромагнитных воздействий.

Внешние источники электромагнитных воздействий, которые могут оказывать негативное влияние на микропроцессорную (МП) аппаратуру РЗА, АСУ ТП, АИИС КУЭ и связи, следующие.

- Аварийные процессы в сетях выше 1 кВ.

При протекании аварийных процессов (например, КЗ) в сетях классов напряжения выше 1 кВ по проводникам заземляющего устройства (ЗУ) и естественным заземлителям протекают токи промышленной частоты с амплитудой до нескольких десятков кА, длительность которых обусловлена временем срабатывания защиты. При этом между различными точками ЗУ возникают разности потенциалов, величина которых зависит от сопротивления элементов ЗУ и качества электрической связи между ними. Если между точками ЗУ, имеющими разный потенциал, проходит трасса кабелей управления, измерения или сигнализации, то указанная разность потенциалов может быть приложена к изоляции кабелей и/или к входам аппаратуры, на которую заходят эти кабели.

Также при протекании токов КЗ по проводам, и по заземлителям, в пространстве вблизи них возникает магнитное поле промышленной частоты (МППЧ), напряженность которого зависит от конфигурации проводников, расстояния до них и от величины токов КЗ.

- Молниевые разряды в элементы системы молниезащиты объекта.

При разряде молнии в молниеотвод, установленный на территории объекта, по проводникам системы заземления протекает импульсный ток амплитудой несколько десятков кА, продолжительностью несколько микросекунд. Разности потенциалов, возникающие при этом между различными точками ЗУ, зависят от импульсного сопротивления элементов ЗУ. Импульсное сопротивление значительно отличается от сопротивления на промышленной частоте, поэтому характер распределения потенциалов на ЗУ при разрядах молнии отличается от характера распределения потенциалов в режимах КЗ. Импульсные разности потенциалов могут быть приложены к изоляции вторичных цепей и ко входам аппаратуры.

Также при протекании импульсных токов молнии по проводникам системы заземления возникают импульсные магнитные поля (ИМП), способные оказывать влияние на МП аппаратуру.

- Процессы в сетях выше 1 кВ в нормальном режиме работы.

В нормальном режиме работы сетей классов напряжения выше 1 кВ в пространстве вблизи фазных проводников присутствуют МППЧ, способные влиять на работу МП аппаратуры.

- Коммутационные операции в сетях выше 1 кВ.

Во время выполнения коммутационных операций в сетях классов напряжения выше 1 кВ происходят переходные процессы, характеризующиеся возникновением в первичной сети ВЧ

|                |          |      |        |         |      |                |      |
|----------------|----------|------|--------|---------|------|----------------|------|
| Взам. инв. №   |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Подпись и дата |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Инв. № подл.   |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Изм.           | Кол. уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ | Лист |
|                |          |      |        |         |      |                | 20   |
|                |          |      |        |         |      |                |      |

составляющих токов и напряжений. При этом возможно проникновение ВЧ помех во вторичные цепи через измерительные трансформаторы и фильтры присоединения, а также в результате взаимной индукции между первичными и вторичными кабелями.

- Процессы в сетях до 1 кВ (аварийные и в нормальном режиме работы).

Работа оборудования классов напряжения до 1 кВ в нормальных и в аварийных режимах характеризуется возникновением в пространстве вблизи оборудования и вблизи проводников системы заземления МППЧ, способных воздействовать на МП аппаратуру. Кроме этого, при срабатывании электромеханических коммутационных аппаратов классов напряжения до 1 кВ, могут происходить переходные процессы, характеризующиеся возникновением импульсных перенапряжений продолжительностью несколько наносекунд, амплитудой до 2–4 кВ, которые могут воздействовать на входы МП аппаратуры.

- Другие источники воздействий, в том числе радиосредства.

Радиооборудование может генерировать радиочастотные электромагнитные поля, способные наводить помехи в кабелях, служащих для передачи информации. Например, при использовании раций в помещениях релейного щита возможно воздействие радиочастотных электромагнитных полей на аппаратуру РЗА.

## 11.2. Заземляющее устройство.

Обеспечение выполнения условий ЭМС является одной из функций ЗУ. Конструкция ЗУ не должна противоречить требованиям ПУЭ. При этом выполнение требований ПУЭ не гарантирует полного выполнения условий ЭМС МП аппаратуры. Поэтому, для обеспечения ЭМС МП аппаратуры, ниже указаны дополнительные меры в части выполнения системы заземления и уравнивания потенциалов.

### 11.2.1. Общие требования ЭМС к заземляющему устройству на открытой части.

На территории ПС должно быть выполнено заземляющее устройство, удовлетворяющее требованиям п. 1.7, 4.2.135 и 4.2.138 ПУЭ, 7-е издание, а также РД 34.20.116–93 Методических указаний по защите вторичных цепей ЭС и ПС от импульсных помех.

При КЗ на высоковольтных аппаратах и конструкциях на территории объекта и молниевых разрядах в систему молниезащиты растекание большей части тока должно происходить за пределами трасс прокладки вторичных цепей (лотков, эстакад и т.п.) по искусственным и естественным заземлителям. На каждую кабельную трассу рекомендуется, как правило, не менее двух искусственных заземлителей, идущих в направлении, параллельном трассе кабелей. В их число не входят шины выравнивания потенциалов, проходящие в кабельных каналах (лотках) или непосредственно под трассами прокладки кабелей.

|              |                |              |                |          |      |        |         |      |      |
|--------------|----------------|--------------|----------------|----------|------|--------|---------|------|------|
| Взам. инв. № | Подпись и дата | Инв. № подл. |                |          |      |        |         |      | Лист |
|              |                |              | 48-2013-023-ПЗ |          |      |        |         |      |      |
|              |                |              | Изм.           | Кол. уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата |      |

Заземление корпусов (или конструкций) силовых трансформаторов (автотрансформаторов) и их нейтралей, реакторов, измерительных трансформаторов тока и напряжения, коммутационных аппаратов, ОПН, фильтров присоединения и других аппаратов и конструкций следует выполнять присоединением их кратчайшим путем к горизонтальным заземлителям, которые прокладываются на расстоянии не более 1,5 метра от фундаментов вышеперечисленных аппаратов.

Непосредственно в месте присоединения заземляющего проводника любого аппарата (конструкции) к заземлителю должно обеспечиваться растекание тока не менее чем в двух направлениях по искусственным заземлителям.

В радиусе не более 10 метров от мест присоединения заземляющего проводника к заземлителю, конструкция ЗУ должна обеспечивать растекание токов не менее чем в четырех направлениях по заземлителям. Это правило может быть нарушено для аппаратов и конструкций, стоящих обособленно на территории ПС, например – концевых порталов систем шин, порталов на вводе ВЛ, мачт по краям территории ПС и т.п.

#### 11.2.2. Заземление здания ОПУ.

- Заземляющее устройство ОПУ выполняется стальной полосой сечением 40х4мм, прокладываемой по стене на высоте 0,4 м от пола и подключается к общему контуру заземления подстанции;

- Проложенный по периметру здания заземлитель усиливается вертикальными заземлителями.

#### 11.2.3. Рекомендации по заземлению МП аппаратуры.

Система заземления МП аппаратуры, должна быть выполнена следующим образом:

- защитное заземление выполняется путем присоединения (желательно, сваркой) всех металлоконструкций, на которых устанавливается МП аппаратура (или ее функциональные блоки), к металлическим закладным элементам, проложенным в полу релейного щита. В случае невозможности осуществления сварного соединения, допускается выполнение такого присоединения медным проводом (плетенкой) без изоляции сечением не менее 2,5 мм;

- при наличии у МП аппаратуры (или у ее функциональных блоков) отдельного контакта защитного заземления (РЕ), его присоединение к зажимам защитного заземления шкафа выполняется кратчайшим путем медным проводом без изоляции сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>. Для МП аппаратуры с питанием от сети собственных нужд заземление может быть осуществлено через третий электрод (контакт защитного заземления) в розетке. Для аппаратуры, влияющей на безопасность и устойчивость работы ПС, рекомендуется выполнять сварное соединение заземляющего проводника;

- функциональное заземление МП устройств, если оно предусмотрено конструктивно, должно осуществляться присоединением их схемных точек заземления кратчайшим путем к зажимам

|              |                |              |                |          |      |        |         |      |      |
|--------------|----------------|--------------|----------------|----------|------|--------|---------|------|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № |                |          |      |        |         |      | Лист |
|              |                |              | 48-2013-023-ПЗ |          |      |        |         |      |      |
|              |                |              | Изм.           | Кол. уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата |      |



защитного заземления шкафа медным проводом без изоляции сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>.

### 11.3. Оценка разностей потенциалов при КЗ в сетях выше 1 кВ.

Оценка разности потенциалов (приложенных к изоляции и/или входам устанавливаемой МП аппаратуры) на ЗУ ПС при КЗ в сетях выше 1 кВ, материала, сечения и трассы прокладки заземлителей производилась в соответствии с проектными решениями, описанными в Разделе 7.2.2.

При однофазном замыкании на землю в сетях 6 и 35 кВ значение тока замыкания на землю будет пренебрежимо мало (десятки ампер). Расчет разностей потенциалов не производится, так как их значения будут заведомо меньше предельно допустимых.

Одновременное замыкание на землю двух разных фаз сетей 6 и 35 кВ в двух разных местах, наиболее удаленных друг от друга на территории ПС. Теоретически такой режим возможен, но на практике весьма маловероятен. Расчет разностей потенциалов не производится.

Значения разностей потенциалов, приложенных к изоляции вторичных цепей ПС и входам МП аппаратуры, не превышают 2 кВ, что удовлетворяет требованиям РД 34.35.310-97 «Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем».

### 11.4. Мероприятия по защите от импульсных помех.

В соответствии с требованиями п. 3.4.11 ПУЭ 7-е изд. и п. 4.3.1 РД 34.20.116-93 «Методические указания по защите вторичных цепей ЭС и ПС от импульсных помех», вторичные цепи МП аппаратуры рекомендуется выполнить экранированным кабелем с обязательным заземлением экрана. На территории ПС экраны кабелей могут быть заземлены по кратчайшему пути на ближайший элемент ЗУ ПС. При этом место соединения должно быть защищено от влияния атмосферных осадков. Экраны кабелей необходимо заземлять вне экранирующих шкафов. Заземление экранов кабелей должно, по возможности, обеспечиваться по всему периметру с помощью металлических хомутов, пайки или сварки.

При прокладке экранирующих кабелей необходимо учесть следующее:

- экран кабеля должен быть непрерывным от передатчика до приемника;
- следует избегать нарушений целостности экрана (отверстий, продольных разрезов и т.п.).

### 11.5. Уровни магнитных полей в местах расположения МП аппаратуры.

#### 11.5.1. Оценка опасности со стороны непрерывных МППЧ.

Непрерывные магнитные поля промышленной частоты (МППЧ) возникают при работе оборудования в нормальных режимах. С 2006 года уровни помехоустойчивости МП устройств,

|                |          |      |        |         |      |                |      |
|----------------|----------|------|--------|---------|------|----------------|------|
| Взам. инв. №   |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Подпись и дата |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Инв. № подл.   |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Изм.           | Кол. уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ | Лист |
|                |          |      |        |         |      |                | 23   |

специально спроектированных для применения на электростанциях и подстанциях, согласно требованиям ГОСТ Р 51317.6.5–2006 (МЭК 61000–6–5–2001) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний», должны соответствовать 5-му классу жесткости испытаний:

- 100 А/м – для непрерывных МППЧ;
- 1000 А/м – для кратковременных МППЧ;
- 1000 А/м – ИМП.

#### 11.5.2. Оценка опасности со стороны кратковременных МППЧ.

Кратковременные МППЧ возникают при работе оборудования в режимах КЗ. Здание ОПУ расположено в стороне от основных путей протекания токов при однофазном КЗ в сетях 35 кВ. Появление кратковременных МППЧ повышенного уровня, обусловленных протеканием части тока КЗ по шинам заземления здания ОПУ, маловероятно.

При протекании тока однофазного КЗ по шинам 35 кВ, максимальное значение кратковременных МППЧ в помещениях ОПУ не превысит 9 А/м. Указанные поля не представляют опасности для МП аппаратуры.

В случае однофазного замыкания на землю в сети 6 кВ ток замыкания составляет десятки ампер. Магнитные поля, создаваемые таким током, не представляют опасности для МП аппаратуры. В случае двух- или трехфазного КЗ магнитные поля, созданные токами в разных фазах, практически полностью компенсируют друг друга.

#### 11.5.3. Оценка опасности со стороны ИМП.

Расчетная величина амплитуды импульса молнии принята равной 50 кА. При разряде молнии в ближайший к зданию ОПУ молниеприемник уровень импульсных магнитных полей (ИМП) в помещениях ОПУ при отсутствии экранирования составит не более 200 А/м.

ИМП такого уровня не представляют опасности для планируемой к установке в ОПУ МП аппаратуры (испытанной не ниже четвертой степени жесткости испытаний на устойчивость к воздействию ИМП (300 А/м) в соответствии с ГОСТ Р 50649–94 (МЭК 1000–4–9–93) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к импульсному магнитному полю»).

#### 11.5.4. Электростатические разряды.

При покрытии диэлектрическими коврами пола вероятно накопление опасных электростатических потенциалов на предметах в помещениях. Для уменьшения риска их появления применяется система кондиционирования воздуха.

|                |          |      |        |         |      |                |      |
|----------------|----------|------|--------|---------|------|----------------|------|
| Взам. инв. №   |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Подпись и дата |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Инв. № подл.   |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
|                |          |      |        |         |      |                |      |
| Изм.           | Кол. уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата | 48–2013–023–ПЗ | Лист |
|                |          |      |        |         |      |                | 24   |

Не исключена возможность накопления опасных электростатических разрядов на телах и одежде людей, находящихся в помещениях. Степень опасности электростатических разрядов в этом случае зависит от индивидуальных особенностей организма.

#### 11.5.5. Защита от прочих источников помех.

Для защиты МП-аппаратуры от электромагнитных воздействий, создаваемых радиосредствами, рекомендуется принять следующие меры:

- все переносные средства радиосвязи, используемые на ПС, должны соответствовать по уровню помехозащиты требованиям ГОСТ Р 51317.6.4-99;
- упомянутые переносные средства радиосвязи не должны использоваться ближе 1 м от мест размещения МП-аппаратуры РЗА, ПА и связи.

#### ВЫВОД

Оценка ЭМО на подстанции, с обязательным учетом принятых мер по ее улучшению, показала достаточную устойчивость применяемой МП-аппаратуры к возможным внутренним и наведенным ЭМП и помехам в рамках требований ГОСТ Р 50648-94, ГОСТ Р 50652-94, ГОСТ Р 51317.4.11-2007, ГОСТ Р 50649-94, ГОСТ Р 51317.4.2-99, ГОСТ Р 51317.4.5-99, ГОСТ Р 51317.4.12-99, ГОСТ Р 51317.4.16-2000.

|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
|--------------|----------------|--------------|--------|---------|------|----------------|--|--|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инф. № |        |         |      |                |  |  | Лист |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
| Изм.         | Кол. уч        | Лист         | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ |  |  | 25   |

## 12. Пуско-наладочные испытания

Перед вводом ячеек в эксплуатацию необходимо произвести ревизию ячеек и вновь установленного оборудования. Проконтролировать работоспособность оборудования без подачи высокого напряжения:

### 12.1 Контроль функционирования оборудования

- Тщательно осмотреть приборы, электрооборудование главной и вспомогательной цепей;
- Проверить затяжку болтовых соединений установленной конструкции и шин главной цепи;
- Проверить вторичные цепи на соответствие схеме;
- Проверить надежность и целостность соединений вторичных цепей;
- Проверить работоспособность вспомогательных контактов Выключателя;
- Проверить работоспособность световой индикации блока управления;
- Проверить выключатель на выполнение операций “ВКЛ-ОТКЛ” от цепей управления — 5...10 раз, без подачи высокого напряжения;
- Проверить выключатель на выполнение операций “ВКЛ — ручное ОТКЛ” воздействием на кнопку ручного отключения — 5...10 раз;
- Проверить дистанционно включение ВВ на нижнем и верхнем пределах напряжения питания, указанном в свидетельстве о приемке;
- Проверить электрическое сопротивление полюсов на соответствие их значениям указанным в паспорте на ВВ. Электрическое сопротивление полюса ВВ измеряется во включенном положении выключателя между торцами верхних и нижних стержней без учета розеточных контактов;
- Проверить правильность и однозначность срабатывания механической и электрической блокировок — 5...10 раз.

### 12.2 Испытания электрической прочности изоляции главных цепей

Испытать одноминутным повышенным напряжением промышленной частоты при плавном подъёме, причем испытанию подвергается изоляция фаза-земля и изоляция между разомкнутыми контактами полюсов выключателя. Действующее значение испытательного напряжения — 95 кВ. После включения ячейки под напряжение, необходимо осмотреть ячейку. При наличии ненормальных шумов и потрескиваний немедленно отключить высокое напряжение. Выявить и устранить дефекты.

|              |                |              |                |         |      |        |         |      |      |
|--------------|----------------|--------------|----------------|---------|------|--------|---------|------|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № |                |         |      |        |         |      | Лист |
|              |                |              | 48-2013-023-ПЗ |         |      |        |         |      |      |
|              |                |              | Изм.           | Кол. уч | Лист | № док. | Подпись | Дата |      |

### 12.3 Испытания электрической прочности изоляции вспомогательных цепей

Испытание изоляции независимых вспомогательных цепей проводится напряжением 2 кВ промышленной частоты, при длительности выдержки 1 мин в холодном состоянии БП. Перед проведением проверки необходимо соединить вместе все контакты разъема, а блок закрепить на металлической панели. Испытательное напряжение прикладывается между контактами разъема и металлической панелью.

Сдачу и приемку модернизированной ячейки производить в соответствии с требованиями ПУЭ раздел 1.8.22 (7-е издание).

Результаты испытаний должны быть оформлены соответствующими протоколами согласно «Правил технической эксплуатации».

|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |    |
|--------------|----------------|--------------|--------|---------|------|----------------|--|--|------|----|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инф. № |        |         |      |                |  |  | Лист |    |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |    |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |    |
| Изм.         | Кол. уч        | Лист         | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ |  |  |      | 27 |

### 13. Вопросы строительства, монтажа и техники безопасности

Во время строительства необходимо учитывать, что производство работ осуществляется в условиях действующей подстанции с оформлением наряда-допуска.

При производстве всех видов работ должна быть обеспечена безопасность выполнения работ и работы должны выполняться с соблюдением глав СНиП 12.03.2001, 12.04.2002 ч.1, 3.04.01-87, 3.03.01-87, 3.02.01-87.

Производство строительно-монтажных работ в условиях действующей ПС должно производиться в полном соответствии с «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» (Москва, 2001г.).

Пожарная безопасность обеспечивается применением несгораемых конструкций, применением кабелей с изоляцией, не распространяющей горения с низким дымо-газовыделением.

|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
|--------------|----------------|--------------|--------|---------|------|----------------|--|--|------|
| Инф. № подл. | Подпись и дата | Взам. инф. № |        |         |      |                |  |  | Лист |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
|              |                |              |        |         |      |                |  |  |      |
| Изм.         | Кол. уч.       | Лист         | № док. | Подпись | Дата | 48-2013-023-ПЗ |  |  | 28   |

#### 14. Мероприятия по охране окружающей среды

При реконструкции ячеек необходимо соблюдать мероприятия в соответствии со СНиП 1.02.01–85 «Охрана окружающей природной среды».

Подстанция предназначена для распределения электроэнергии. Данный технологический процесс является безотходным и не сопровождается вредными выбросами в атмосферу.

Вакуум является эффективной электроизолирующей и дугогасящей средой и широко применяется в электрических аппаратах.

Вакуум абсолютно безопасен для человека и окружающей среды. Поэтому выполнение дополнительных воздухоохраных мероприятий и работ по эксплуатации вакуумных выключателей в проекте не предусматривается.

Незначительное загрязнение атмосферного воздуха будет наблюдаться в период производства строительно-монтажных работ. Источниками загрязнения окружающей среды являются транспортные средства, в результате работы которых в атмосферу выбрасываются вредные вещества. При эксплуатации транспортных средств не следует допускать загрязнения почвенно-растительного слоя горюче-смазочными материалами и другими отходами, обеспечивать их утилизацию. Автотранспорт должен ежегодно проходить техосмотр в органах ГИБДД и поэтому должен соответствовать всем необходимым нормам, в том числе и на содержание среды, свинца и двуокиси углерода в выхлопных газах. Воздействие на атмосферный воздух в процессе реконструкции будет носить кратковременный характер.

Для существующей ПС 110/35/10 кВ рассматриваются воздействия на окружающую среду следующих факторов:

- воздействие электромагнитного поля;
- вынос потенциала за пределы подстанции;
- радио- и телевизионные помехи;
- шумы от работающих трансформаторов.

Установка оборудования на подстанции выполнена в строгом соответствии с требованиями ПУЭ, рекомендаций по технологическому проектированию ПС переменного тока с высшим напряжением 35–750кВ, что обеспечивает уровень напряженности электрического поля в пределах допустимых уровней установленных государственными стандартами.

Для предотвращения выноса потенциала за территорию подстанции выполнено устройство заземления в пределах ограждения подстанции.

Уровень радио- и телевизионных помех от ВЛ–35 кВ на расстоянии 50 м – ниже нормируемых величин в любом диапазоне частот без применения специальных защитных средств.

Уровень шумовых воздействий от работающих трансформаторов на подстанции на территории существующей жилой застройки не превышает допустимых значений. Дополнительные мероприятия по защите от шума не требуются.

|                |  |
|----------------|--|
| Взам. инв. №   |  |
| Подпись и дата |  |
| Инв. № подл.   |  |

|      |          |      |        |         |      |
|------|----------|------|--------|---------|------|
|      |          |      |        |         |      |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата |

48–2013–023–ПЗ

Лист

29