

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Технические системы обеспечения безопасности электроустановок»

1. Перечень оценочных средств для компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины

| Код контролируемой компетенции | Способ оценивания | Оценочное средство |
|--|--------------------------|--|
| ПК-13: Способен проводить выбор методов и способов обеспечения экологической и технической безопасности производства | Курсовая работа; экзамен | Контролирующие материалы для защиты курсовой работы; комплект контролирующих материалов для экзамена |

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции представлены в разделе «Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций» рабочей программы дисциплины «Технические системы обеспечения безопасности электроустановок».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Технические системы обеспечения безопасности электроустановок» используется 100-балльная шкала.

| Критерий | Оценка по 100-балльной шкале | Оценка по традиционной шкале |
|---|------------------------------|------------------------------|
| Студент освоил изучаемый материал (основной и дополнительный), системно и грамотно излагает его, осуществляет полное и правильное выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций, способен ответить на дополнительные вопросы. | 75-100 | <i>Отлично</i> |
| Студент освоил изучаемый материал, осуществляет выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций с не принципиальными ошибками. | 50-74 | <i>Хорошо</i> |
| Студент демонстрирует освоение только основного материала, при выполнении заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций допускает отдельные ошибки, не способен систематизировать материал и делать выводы. | 25-49 | <i>Удовлетворительно</i> |
| Студент не освоил основное | <25 | <i>Неудовлетворительно</i> |

| | | |
|---|--|--|
| содержание изучаемого материала, задания в соответствии с индикаторами достижения компетенций не выполнены или выполнены неверно. | | |
|---|--|--|

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки уровня достижения компетенций в соответствии с индикаторами

1.Задания для проверки выполнения ИДК по дисциплине

| Компетенция | Индикатор достижения компетенции |
|---|--|
| ПК-13 Способен проводить выбор методов и способов обеспечения экологической и технической безопасности производства | ПК-13.1 Применяет методы и способы обеспечения экологической и технической безопасности производства |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ
по дисциплине «Технические системы обеспечения безопасности
электроустановок»

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИДК

Задание 1

Задача по выбору параметров системы защиты внутренней электрической сети производственного объекта автоматическими выключателями с характеристикой типа С.

На рисунке 1 представлена схема электроснабжения сельского производственного объекта.

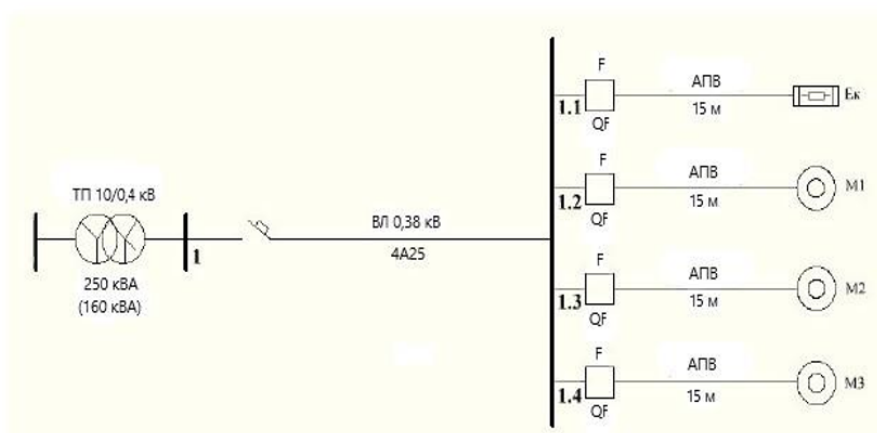


Рисунок 1 – Схема электроснабжения производственного объекта (Е_к – нагревательный элемент; М1, М2, М3 – электродвигатели)

Разработать мероприятия по обеспечению технической безопасности, применяя соответствующие методы и способы. Марка проводов линий внутренней сети указана на схеме, а параметры нагрузки приведены в таблице 1. Все электродвигатели – асинхронные, трехфазные с легким пуском, кратностью пускового тока 5, номинальным коэффициентом мощности $\cos \varphi = 0,8$ номинальным коэффициентом полезного действия $\eta = 0,9$. Для электронагревателя $\cos \varphi = 0,9$.

Таблица1- Параметры нагрузки производственного объекта

| Мощность нагрузки, кВт | | | |
|---------------------------|----|-----|-----|
| E_k | M1 | M2 | M3 |
| 10,0 | 4 | 5,5 | 7,5 |

Значения допустимых токов для алюминиевой электропроводки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения допустимого тока для алюминиевой электропроводки, выполненной трехжильным проводом и тремя одножильными проводами, проложенными в трубе

| Сечение жилы, мм ² | Допустимый ток для трехжильного провода, А | Допустимый ток для трех одножильных проводов, А |
|-------------------------------|--|---|
| 4 | 21 | 28 |
| 6 | 26 | 32 |
| 10 | 38 | 47 |
| 16 | 55 | 60 |
| 25 | 65 | 80 |

Для представленной схемы выбрать параметры автоматических выключателей (QF) серии ВА 61F29 с характеристикой типа С на головных участках внутренней сети и по условиям согласования с параметрами защиты выбрать сечения проводов по участкам внутренней сети.

Значения номинальных токов тепловых расцепителей автоматических выключателей выбираются из ряда: 6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 А.

Задание 2

Задача по выбору параметров системы защиты внутренней электрической сети производственного объекта автоматическими выключателями с характеристикой типа В

На рисунке 1 представлена схема электроснабжения сельского производственного объекта.

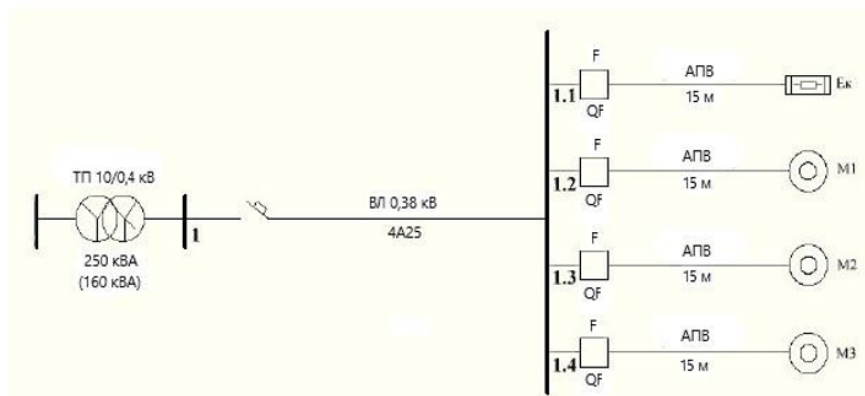


Рисунок 1 – Схема электроснабжения производственного объекта (Е_к – нагревательный элемент; М1, М2, М3 – электродвигатели)

Разработать мероприятия по обеспечению технической безопасности, применяя соответствующие методы и способы. Марка проводов линий внутренней сети указана на схеме, а параметры нагрузки приведены в таблице 1. Все электродвигатели – асинхронные, трехфазные с легким пуском, кратностью пускового тока 5, номинальным коэффициентом мощности $\cos \varphi = 0,8$ номинальным коэффициентом полезного действия $\eta = 0,9$. Для электронагревателя $\cos \varphi = 0,9$.

Таблица 1- Параметры нагрузки производственного объекта

| Мощность нагрузки, кВт | | | |
|---------------------------|----|-----|-----|
| Е _к | М1 | М2 | М3 |
| 10,0 | 4 | 5,5 | 7,5 |

Значения допустимых токов для алюминиевой электропроводки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения допустимого тока для алюминиевой электропроводки, выполненной трехжильным проводом и тремя одножильными проводами, проложенными в трубе

| Сечение жилы, мм ² | Допустимый ток для трехжильного провода, А | Допустимый ток для трех одножильных проводов, А |
|-------------------------------|--|---|
| 4 | 21 | 28 |
| 6 | 26 | 32 |
| 10 | 38 | 47 |
| 16 | 55 | 60 |
| 25 | 65 | 80 |

Для представленной схемы выбрать параметры автоматических выключателей (QF) серии ВА 61F29 с характеристикой типа В на головных участках внутренней сети и по условиям согласования с параметрами защиты выбрать сечения проводов по участкам внутренней сети.

Значения номинальных токов тепловых расцепителей автоматических выключателей выбираются из ряда: 6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 А.

Задание 3

Задача по выбору параметров системы защиты внутренней электрической сети производственного объекта предохранителями

На рисунке 1 представлена схема электроснабжения сельского производственного объекта.

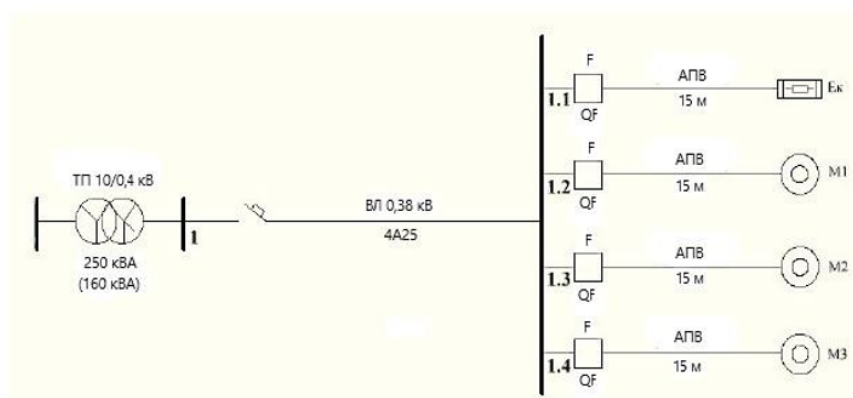


Рисунок 1 – Схема электроснабжения производственного объекта (Е_к – нагревательный элемент; М1, М2, М3 – электродвигатели)

Разработать мероприятия по обеспечению технической безопасности, применяя соответствующие методы и способы. Марка проводов линий внутренней сети указана на схеме, а параметры нагрузки приведены в таблице 1. Все электродвигатели – асинхронные, трехфазные с легким пуском, кратностью пускового тока 5, номинальным коэффициентом мощности $\cos \varphi = 0,8$ номинальным коэффициентом полезного действия $\eta = 0,9$. Для электронагревателя $\cos \varphi = 0,9$.

Таблица 1- Параметры нагрузки производственного объекта

| Мощность нагрузки, кВт | | | |
|------------------------|----|-----|-----|
| E_k | M1 | M2 | M3 |
| 10,0 | 4 | 5,5 | 7,5 |

Значения допустимых токов для алюминиевой электропроводки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения допустимого тока для алюминиевой электропроводки, выполненной трехжильным проводом и тремя одножильными проводами, проложенными в трубе

| Сечение жилы, мм ² | Допустимый ток для трехжильного провода, А | Допустимый ток для трех одножильных проводов, А |
|-------------------------------|--|---|
| 4 | 21 | 28 |
| 6 | 26 | 32 |
| 10 | 38 | 47 |
| 16 | 55 | 60 |
| 25 | 65 | 80 |

Для представленной схемы выбрать параметры предохранителей (F) типа ПР-2 на головных участках внутренней сети и по условиям согласования с параметрами защиты выбрать сечения проводов по участкам внутренней сети. Значения номинальных токов предохранителей выбираются из ряда:

6; 10; 15; 20; 25; 35; 45; 60 А.

Задание 4

Задача по проверке выполнения условий срабатывания автоматических выключателей в системе защиты внутренней электрической сети производственного объекта при удаленных коротких замыканиях

На рисунке 1 представлена схема электроснабжения сельского производственного объекта

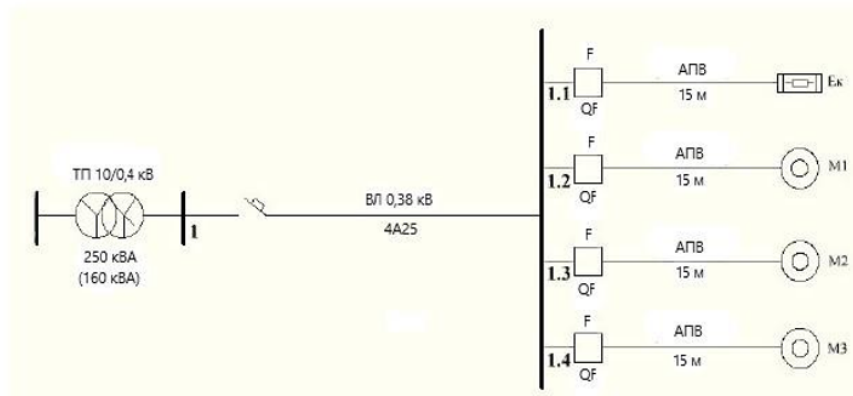


Рисунок 1 – Схема электроснабжения производственного объекта

Разработать мероприятия по обеспечению технической безопасности, применяя соответствующие методы и способы. На головных участках внутренней сети установлены автоматические выключатели (QF) ВА61F29 с характеристикой типа В. Параметры выключателей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Номинальные токи тепловых расцепителей автоматических выключателей, А

| Линия 1.1 | Линия 1.2 | Линия 1.3 | Линия 1.4 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 20 | 25 | 32 | 40 |

Расчетные значения токов короткого замыкания в электрической сети, полученные с помощью комплекса СКЭД-380, представлены на рисунке 2.

| Топологическая координата | Токи однофаз. К.З. А | | Токи двухфаз. К.З. А | | Токи трехфаз. К.З. А | |
|---------------------------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|
| | в начале | в конце | в начале | в конце | в начале | в конце |
| 1 | 1711,37 | 156,431 | 5665,5 | 413,962 | 6143,55 | 437,832 |
| 1.1 | 156,431 | 131,917 | 413,962 | 329,233 | 437,832 | 348,863 |
| 1.2 | 156,431 | 139,226 | 413,962 | 353,348 | 437,832 | 374,184 |
| 1.3 | 156,431 | 145,596 | 413,962 | 375,346 | 437,832 | 397,267 |
| 1.4 | 156,431 | 145,596 | 413,962 | 375,346 | 437,832 | 397,267 |

Рисунок 2 – Расчетные значения токов короткого замыкания в электрической сети

Значения расчетного времени срабатывания автоматических выключателей при коротких замыканиях представлены на рисунке 3.

| Топологическая координата | Ближайший АЗ | Резервирование АЗ |
|---------------------------|--------------|-------------------|
| | | |
| 1.1 | 0,01 | 4232 |
| 1.2 | 0,01 | 1308 |
| 1.3 | 0,01 | 920,67 |
| 1.4 | 9,1606 | 920,67 |

Рисунок 3 – Расчетное время срабатывания автоматических выключателей при коротких замыканиях

Проверить выполнение условий срабатывания тепловых и электромагнитных расцепителей автоматических выключателей по кратности тока короткого замыкания и соответствию нормативному времени.

Задание 5

Задача по проверке выполнения условий срабатывания предохранителей в системе защиты внутренней электрической сети производственного объекта при удаленных коротких замыканиях

На рисунке 1 представлена схема электроснабжения сельского производственного объекта.

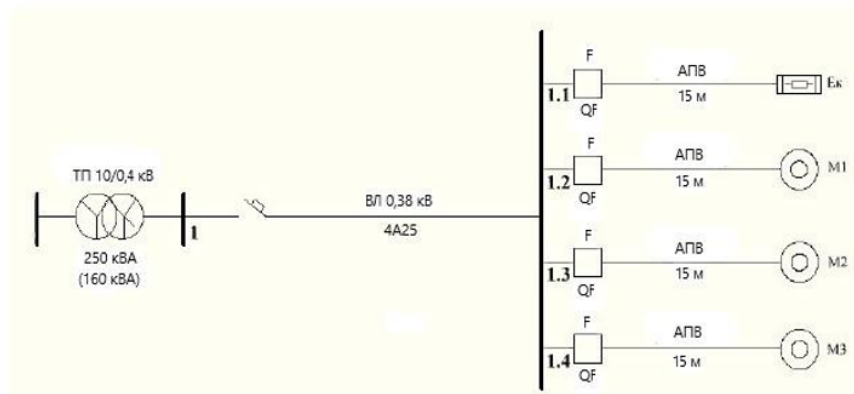


Рисунок 1 – Схема электроснабжения производственного объекта

Разработать мероприятия по обеспечению технической безопасности, применяя соответствующие методы и способы. На головных участках внутренней сети установлены предохранители (F) ПР-2. Параметры предохранителей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Номинальные токи плавких вставок предохранителей, А

| Линия 1.1 | Линия 1.2 | Линия 1.3 | Линия 1.4 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 20 | 15 | 20 | 35 |

Расчетные значения токов короткого замыкания в электрической сети, полученные с помощью комплекса СКЭД-380, представлены на рисунке 2.

Скриншот программы СКЭД-380 с таблицей расчетных значений токов короткого замыкания.

| Топологическая координата | Токи однофаз. КЗ, А | | Токи двухфаз. КЗ, А | | Токи трехфаз. КЗ, А | |
|---------------------------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| | в начале | в конце | в начале | в конце | в начале | в конце |
| 1 | 1711,37 | 156,431 | 5665,5 | 413,962 | 6143,55 | 437,832 |
| 1.1 | 156,431 | 139,226 | 413,962 | 353,348 | 437,832 | 374,184 |
| 1.2 | 156,431 | 131,917 | 413,962 | 329,233 | 437,832 | 348,863 |
| 1.3 | 156,431 | 139,226 | 413,962 | 353,348 | 437,832 | 374,184 |
| 1.4 | 156,431 | 145,596 | 413,962 | 375,346 | 437,832 | 397,287 |

Рисунок 2 – Расчетные значения токов короткого замыкания

Значения расчетного времени срабатывания предохранителей при коротких замыканиях представлены на рисунке 3.

| Топологическая координата | Ближайшей АЗ | Резервирующей АЗ |
|---------------------------|--------------|------------------|
| 1 | 767,24 | 9999 |
| 1.1 | 2,7619 | 1308 |
| 1.2 | 1,3644 | 4232 |
| 1.3 | 2,7619 | 1308 |
| 1.4 | 8,2005 | 920,67 |

Рисунок 3 – Расчетное время срабатывания предохранителей

Проверить выполнение условий срабатывания предохранителей по кратности тока короткого замыкания и соответствию нормативному времени.

Задание 6

Задача по оценке эффективности использования устройств защитного отключения для снижения пожарной опасности коротких замыканий

Разработать мероприятия по обеспечению технической безопасности, применяя соответствующие методы и способы. Пожарная опасность k -го вида короткого замыкания (КЗ) в электрической сети на объекте низковольтного электроснабжения в течение времени T количественно характеризуется показателем пожарной опасности, определяемым по формуле:

$$P^K(\Pi) = P_T^{K(k)} K^{HЗ(k)}$$

где $P_T^{K(k)}$ – вероятность КЗ k -го вида в электрической сети в течение времени T (обычно за 1 год);

$K^{HЗ(k)}$ - коэффициент незащищенности электрической сети.

Интегральный показатель пожарной опасности, характеризующий вероятность возникновения хотя бы одного пожара на объекте из-за короткого замыкания в сети, независимо от вида КЗ, определяется по формуле:

$$P_{\Sigma}^K(\Pi) = 1 - [1 - P^{K1}(\Pi)][1 - P^{K2}(\Pi)][1 - P^{K3}(\Pi)][1 - P^{KK}(\Pi)]$$

где $P^{K1}(\Pi)$, $P^{K2}(\Pi)$, $P^{K3}(\Pi)$, $P^{KK}(\Pi)$ - соответственно показатели пожарной опасности однофазного, двухфазного, трехфазного КЗ и однофазного КЗ на открытые проводящие части (на корпус).

В результате проведенных расчетов с помощью комплекса СКЭД – 380 установлено, что показатели пожарной опасности однофазного, двухфазного, трехфазного КЗ и однофазного КЗ на корпус соответственно равны: 0,02; 0,015; 0,01; 0,09.

Требуется определить, во сколько раз снижается пожарная опасность коротких замыканий на объекте электроснабжения, если вся электрическая сеть защищена устройствами защитного отключения (УЗО) и если УЗО защищают только половину протяженности всей низковольтной электрической сети.

Задание 7

Задача по выбору оптимальной системы электрической защиты сети электроснабжения производственного объекта из десяти возможных вариантов

Разработать мероприятия по обеспечению технической безопасности, применяя соответствующие методы и способы. Система электрической защиты сети электроснабжения производственного объекта с использованием автоматических выключателей и предохранителей может быть сформирована по 10 различным вариантам, отличающимися структурой и параметрами защитных аппаратов.

В таблице 1 приведены результаты расчета показателей пожарной опасности коротких замыканий и вероятностей смертельных электропоражений (показателей электробезопасности) на объекте в течение года по каждому из вариантов системы защиты.

Таблица 1 - Результаты расчета показателей пожарной опасности и электробезопасности для 10 вариантов системы защиты

| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Показатель пожарной опасности $P(\Pi)$ | 0,01 617 | 0,01 838 | 0,00 272 | 0,01 223 | 0,02 722 |
| Вероятность электропоражения $P(\Xi\Pi)$ | 6,00 $3 \cdot 10^{-6}$ | 5,59 $0 \cdot 10^{-6}$ | 4,27 $9 \cdot 10^{-6}$ | 6,19 $7 \cdot 10^{-6}$ | 4,51 $3 \cdot 10^{-6}$ |
| № варианта | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Показатель пожарной опасности $P(\Pi)$ | 0,01 838 | 0,01 712 | 0,01 263 | 0,01 838 | 0,01 838 |
| Вероятность электропоражения $P(\Xi\Pi)$ | 3,45 $8 \cdot 10^{-6}$ | 0,71 $1 \cdot 10^{-6}$ | 1,42 $1 \cdot 10^{-6}$ | 3,20 $6 \cdot 10^{-6}$ | 4,50 $9 \cdot 10^{-6}$ |

Выбор оптимального варианта системы электрической защиты, отвечающего условиям минимизации опасности пожаров и электропоражений (максимизации уровня электропожаробезопасности), по обоим показателям может быть произведен с помощью аддитивного критерия оптимальности системы электропожаробезопасности $F_{СЭПБ}(X)$, определяемого по формуле: $F_{СЭПБ}(X) = f_1(X) + f_2(X)$,

где $f_1(X)$ и $f_2(X)$ - соответственно нормированные показатели пожарной опасности и электробезопасности по каждому из вариантов.

В таблице 2 приведены результаты расчета показателей $f_1(X)$ и $f_2(X)$ по 10 вариантам системы защиты.

Таблица 2 – Результаты расчета нормированных показателей электропожаробезопасности по 10 вариантам

| № варианта | $f_1(X)$ | $F_2(X)$ |
|------------|----------|----------|
| 1 | 0,9646 | 0,8589 |
| 2 | 0,8894 | 1,0000 |
| 3 | 0,6504 | 0,0000 |
| 4 | 1,0000 | 0,6072 |
| 5 | 0,6930 | 0,0000 |
| 6 | 0,5007 | 1,0000 |
| 7 | 0,0000 | 0,9195 |
| 8 | 0,1294 | 0,6328 |
| 9 | 0,4548 | 1,0000 |
| 10 | 0,6923 | 1,0000 |

Используя численные данные, приведенные в таблицах 1и 2 требуется определить:

- наилучший и наихудший варианты системы защиты по критерию пожарной опасности коротких замыканий;
- наилучший и наихудший варианты системы защиты по критерию электробезопасности;
- оптимальный и наихудший варианты системы защиты по аддитивному критерию оптимальности системы электропожаробезопасности.

4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.