

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Техника высоких напряжений»

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

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-1: Способен участвовать в расчете показателей функционирования технологического электрооборудования	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена
ПК-5: Способен выбирать целесообразные решения и готовить разделы проектной документации на основе типовых технических решений для проектирования систем электроснабжения	Экзамен	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 «Техника высоких напряжений».

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Техника высоких напряжений» 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. Техника высоких напряжений

Компетенция	Индикатор достижения компетенции
ПК-1 Способен участвовать в расчете показателей функционирования технологического электрооборудования	ПК-1.1 Решает задачи по расчёту показателей функционирования объектов профессиональной деятельности
ПК-5 Способен выбирать целесообразные решения и готовить разделы проектной документации на основе типовых технических решений для проектирования систем электроснабжения	ПК-5.4 Выбирает оборудование систем электроснабжения

ФОМ для оценки достижения компетенций (ФГОС 3++)

ПК-1	Способен участвовать в расчете показателей функционирования технологического электрооборудования	ПК-1.1	Решает задачи по расчёту показателей функционирования объектов профессиональной деятельности
------	--	--------	--

Задание 1

Определение потерь в высоковольтном кабеле.

Рассчитать омические потери в жиле кабеля при заданной нагрузке.

Рассчитать диэлектрические потери в изоляции кабеля.

Расчет выполнить для кабеля МНСА сечением 300 мм², напряжение 220 кВ

Сделать выводы.

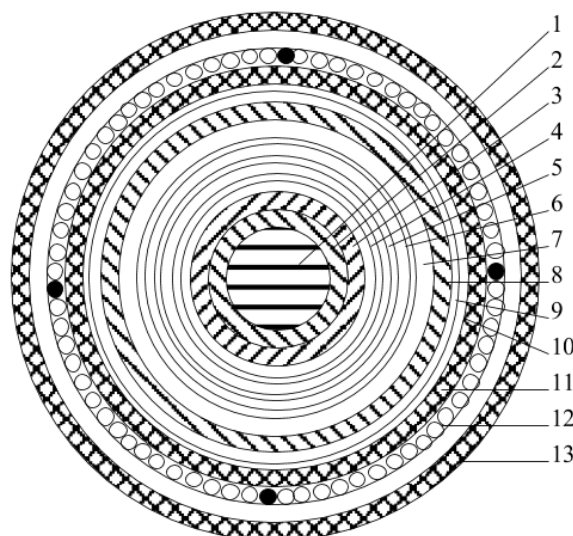


Рисунок 1 – Маслонаполненный кабель низкого давления

- 1 - Маслопроводящий канал, диаметр 20 мм.
- 2 - Токопроводящая жила. сечение токопроводящей жилы – 300 мм².
- 3 - Экран из полупроводящей бумаги.
- 4 - Изоляция из кабельной бумаги, толщина изоляции 30 мм.
- 5 - Экран по изоляции из полупроводящей бумаги.
- 6 - Оболочка из медистого свинца.
- 7 - Битумный сплав.
- 8 - Лента из поливинилхлоридного пластика.
- 9 - Усиливающий покров.
- 10 - Лента из поливинилхлоридного пластика.
- 11 - Подушка под броню из пропитанной кабельной пряжи и битума.
- 12 - Броневого покров из стальных проволок и четырёх проволок из твёрдой меди.
- 13 - Защитный антикоррозионный покров.

Указания к выполнению задания.

Омические потери в жиле кабеля вычисляются по формуле

$$P_{жс} = I_k^2 R_{жс},$$

где I_k^2 – ток в жиле кабеля, А;

$R_{жс}$ – сопротивление жилы, Ом.

Ток в жиле можно определить, используя понятие экономической плотности тока

$$I_k = jF,$$

где j – плотность тока в жиле (принять 1 А/мм²);

F – сечение жилы, мм.

Сопротивление жилы постоянному току определяется при максимально допустимой температуре по формуле

$$R_{ж} = \frac{\rho[1 + \alpha(t_{ж} - 20)](1 + k_0)}{F_{ж}},$$

где ρ – удельное сопротивление материала жилы при 20°C, Ом·м;

t – максимальная рабочая температура жилы, °C;

$F_{ж}$ – площадь поперечного сечения жилы, мм²;

α – коэффициент зависимости сопротивления жилы от температуры;

k_0 – коэффициент скрутки, учитывающий длину проволок, из которых скручена жила.

Для алюминия при 20°C $\rho = 2,8264 \cdot 10^{-8}$ Ом·м;

$$\alpha = 4,03 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}.$$

Значение коэффициента k_0 для различных конструкций кабелей:

одножильные кабели с сечением жилы менее 500 мм² $k_0 = 0,03$;

одножильные кабели с сечением жилы 500- 1000 мм² $k_0 = 0,04$;

одножильные кабели с сечением жилы свыше 1000 мм² $k_0 = 0,05$.

Многожильные кабели (независимо от сечения жилы) $k_0 = 0,04$.

Диэлектрические потери в изоляции, Вт/м, одной фазы рассчитываются по формуле

$$P_d = U_{\phi}^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta,$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В;

ω – угловая частота переменного тока, $\omega = 2\pi f$;

C – ёмкость фазы на единицу длины, Ф/м.

Ёмкость одной фазы на единицу длины Ф/м для круглых жил и неградирующей изоляции рассчитать по формуле

$$C = \frac{\varepsilon 10^{-9}}{18 \lg \frac{D}{d_{ж}}}$$

где ε – диэлектрическая проницаемость изоляции;

D – диаметр кабеля по фазной изоляции;

$d_{ж}$ – диаметр жилы.

Тип кабеля МНСА. Область применения – в земле (траншеях), если кабель не подвергается растягивающим усилиям и защищён от механических повреждений.

Значения букв в марках маслонаполненных кабелей:

М – маслонаполненный;

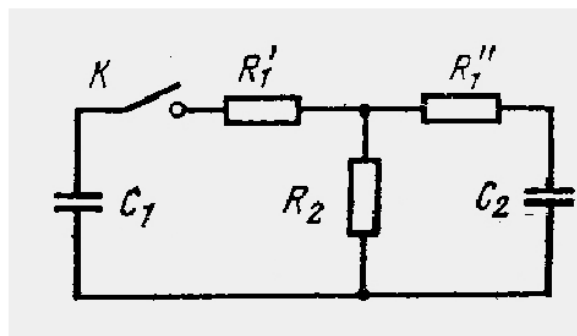
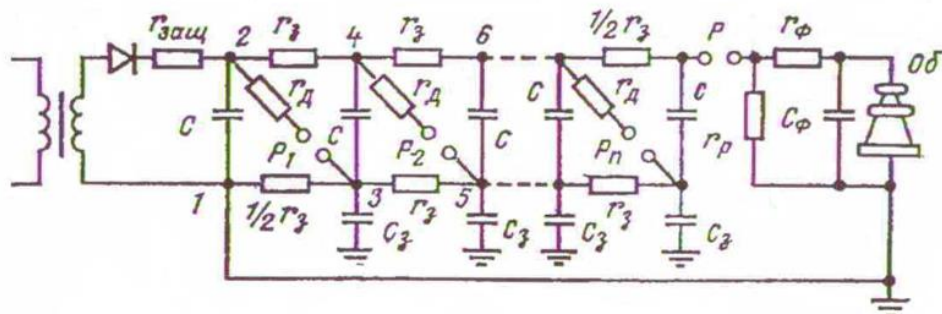
Н – низкого давления;

С – материал оболочки – свинцовая.

Для кабеля МНСА $\epsilon = 3,3 - 3,75$; $\text{tg}\delta = 0.004 - 0.0045$.

Задание 2

Для схемы замещения ГИН с $C_1=30$ нФ; $C_2= 4$ нФ; $R'_1=40$ Ом; $R''_1=60$ Ом; $R_2= 2$ кОм рассчитать τ_1 , τ_2 , τ_n , U_{max} и η . Построить графики зависимости u_2/U_1 от t , задаваясь значениями $\tau=0,1; 0,2; 0,5; 0,8; 1,5; 2; 3; 40; 50; 60$ мкс. По графикам определить τ_ϕ и τ_u . Сравнить полученные значения со значениями стандартного импульса.



в этой схеме C_1 – емкость всех n последовательно соединенных конденсаторов C схемы рисунка 1:

$$C_1 = C/n$$

Эту емкость называют «Емкостью в ударе» ГИН. Она заряжена до напряжения $U_1 = nU_0$.

Срабатывание всех разрядников ГИН имитируется замыканием ключа K . Сопротивление R'_1 в схеме замещения приближенно равно сумме демпферных сопротивлений $R'_1 \sim r_d(n-1)$.

Сопротивление R''_1 приблизительно равно фронтовому сопротивлению $R''_1 \sim r_\phi$, а сопротивление R_2 приблизительно равно:

$$R_2 \approx 1/(1/r_p + 2/(nr_3))$$

Емкость C_2 представляет собой сумму емкости объекта испытаний $C_{об}$ и C_ϕ :

$$C_2 = C_{об} + C_\phi.$$

Приведенные соотношения справедливы при переходе от принципиальной схемы к схеме замещения разрядной цепи ГИН. Для других схем генераторов

$$u_2 = \eta_1 U_1 [\exp(-t/\tau_1) - \exp(-t/\tau_2)]$$

$$\eta_1 \approx C_1 R_2 / (C_1 + C_2) \quad (R'_1 + R_2) \approx C_1 / (C_1 + C_2)$$

$$\tau_1 \approx B \approx R_2 (C_1 + C_2) \approx C_1 R_2$$

$$\tau_2 \approx C_1 C_2 (R'_1 + R''_1) / (C_1 + C_2) \approx C_2 (R'_1 + R''_1)$$

$$A = C_1 C_2 R_2 (R'_1 + R''_1)$$

$$\eta_2 = (\tau_2 / \tau_1)^{\tau_2 / \tau_1} - \tau_2 / \tau_1$$

$$\tau_n = \tau_2 \ln(\tau_1 / \tau_2)$$

ПК-5	Способен выбирать целесообразные решения и готовить разделы проектной документации на основе типовых технических решений для проектирования систем электроснабжения	ПК-5.4	Выбирает оборудование систем электроснабжения
------	---	--------	---

Задание 5.1

Выбрать уровень напряжения из числа принятых в России для передачи электрической энергии на расстояние 300 км, так чтобы потери энергии не превышали 5%. При любом напряжении сечение провода подобрать так, чтобы плотность тока составляла 10 А/см²; удельное сопротивление алюминия $\rho = 2,5 \cdot 10^{-6}$ Ом·м.

Решение:

$$R_{np} = \rho \frac{l}{S}; \quad P = I \cdot U = jS \cdot U; \quad \frac{\Delta P}{P} = 0.05; \quad \Delta P = (jS)^2 \cdot R_{np};$$

$$\frac{(jS)^2 \cdot R_p}{jS \cdot U} = \frac{jS \cdot R_p}{U} = \frac{j\rho l}{U} = 0.05; \quad U = \frac{j\rho l}{0.05} = \frac{10 * 2.5 * 10^{-6} * 300 * 10^5}{0.05} = 15000 B$$

$$U = 15 \text{ кВ.}$$

Задание 5.2

Расчёт импульсного заземления

Определить импульсное сопротивление двухлучевого заземлителя, если:

удельное сопротивление

$$\rho = 500 \text{ Ом/м}$$

длина лучей

$$l = 20 \text{ м}$$

глубина заложения

$$t = 0,8 \text{ м}$$

материал заземлителя

$$\text{полоса } 4 \times 40 \text{ мм}^2$$

расчётное значение тока

$$I_M = 80 \text{ кА}$$

$$R_{\sim} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{l}{2t} \right),$$

где d - эквивалентный диаметр заземлителя.

$$S = \pi r^2; S = 4 \cdot 40 = 160 \text{ мм}^2 \Rightarrow d = 14,3 \text{ мм} = 0,0143 \text{ м}$$

$$R_{\sim} = \frac{500}{2\pi \cdot 20} \left(\ln \frac{40}{0,0143} + \ln \frac{20}{1,6} \right) = 40 \text{ м}\Omega$$

Каждый луч отводит ток $I = I_M/2 = 40 \text{ кА}$ - для данного значения тока коэффициент импульса составляет $\alpha_{\text{и}} = 0,6$; а коэффициент использования $K_{\text{и}} = 1$.

$$R_{\text{ул}} = R_{\sim} \cdot \alpha_{\text{и}} = 40 \cdot 0,6 = 24 \text{ Ом} - \text{импульсное сопротивление одного луча.}$$

$$R_{\sim} = \frac{R_{\text{ул}}}{R_{\text{ул}} \cdot n} = \frac{24}{1 \cdot 2} = 12 \text{ м}\Omega - \text{импульсное сопротивление всего заземлителя.}$$

Задание 5.3

Расчёт импульсного заземления

Определить импульсное сопротивление четырёхлучевого заземлителя при общей длине полосы 40 м

удельное сопротивление
длина лучей
глубина заложения
материал заземлителя
расчётное значение тока

$\rho = 500 \text{ Ом/м}$
 $l = 10 \text{ м}$
 $t = 0,8 \text{ м}$
полоса 4x40 мм²
 $I_M = 80 \text{ кА}$

$$R_{\sim} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{l}{2t} \right),$$

где d - эквивалентный диаметр заземлителя.

$$S = \pi r^2; S = 4 \cdot 40 = 160 \text{ мм}^2 \Rightarrow d = 14.3 \text{ мм} = 0,0143 \text{ м}$$

$$R_{\sim} = \frac{500}{2\pi \cdot 10} \left(\ln \frac{20}{0.0143} + \ln \frac{10}{1.6} \right) = 70 \text{ Ом}$$

Каждый луч отводит ток $I = I_M/4 = 20 \text{ кА}$ - для данного значения тока коэффициент импульса составляет $\alpha_{и} = 0,6$; а коэффициент использования $K_{и} = 0,65$.

$R_{u1} = R_{\sim} \cdot \alpha_{и} = 70 \cdot 0,6 = 42 \text{ Ом}$ - импульсное сопротивление одного луча.

$$R_u = \frac{R_{u1}}{K_{и} n} = \frac{42}{0,65 \cdot 4} = 12 \text{ Ом} \quad - \text{импульсное сопротивление всего}$$

заземлителя.

Задание 5.4

Расчёт импульсного заземления

Определить импульсное сопротивление кольцевого заземлителя при общей длине полосы 40 м

удельное сопротивление
глубина заложения
материал заземлителя
расчётное значение тока

$\rho = 500 \text{ Ом/м}$
 $t = 0,8 \text{ м}$
полоса 4x40 мм²
 $I_M = 80 \text{ кА}$

Учитывая поперечные связи, выбираем диаметр кольца $D = 8 \text{ м}$.

$$R_{\sim} = \frac{0.117\rho}{D} * \lg \frac{25.2D^2}{bt} = 37 \text{ Ом}, \quad - \text{для кольцевого заземлителя}$$

из полосовой стали; где D - диаметр кольца заземлителя, b - ширина полосы.

Кольцо отводит ток $I = 80$ кА - для данного значения тока коэффициент импульса составляет $\alpha_{и} = 0,3$; а коэффициент использования $K_{и}=1$.

$R_{и} = R_{\sim} \cdot \alpha_{и} = 70 \cdot 0,6 = 11 \text{ Ом}$ - импульсное сопротивление кольца.

Задание 5.5

Расчёт естественных заземлителей стоек порталов

Рассчитать сопротивление естественных заземлителей порталов подстанции.

Фундаментом стойки портала служит свая: длина – 3 м, сечение (0,3х0,3) м.

Количество стоек 18;

Для железобетонной стойки портала:

$$d_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot a \cdot b}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3 \cdot 0,3}{3,14}} = 0,34 \text{ м.}$$

Сопротивление стоек порталов:

$$R_{\text{ст}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi^2 \cdot t} \cdot \ln \frac{4 \cdot t}{d_{\text{экв}}} = \frac{150}{2 \cdot 3,14^2 \cdot 3} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3}{0,34} = 14,19 \text{ Ом,}$$

$$R_{\text{ст.порт}} = \frac{1}{18} \cdot R_{\text{ст}} = \frac{14,19}{24} = 0,62 \text{ Ом.}$$

Задание 5.6

Расчет молниезащиты подстанции 110/10 кВ.

Компановка открытого распределительного устройства 110 кВ подлежащего защите от прямых ударов молнии приведена на рисунке.

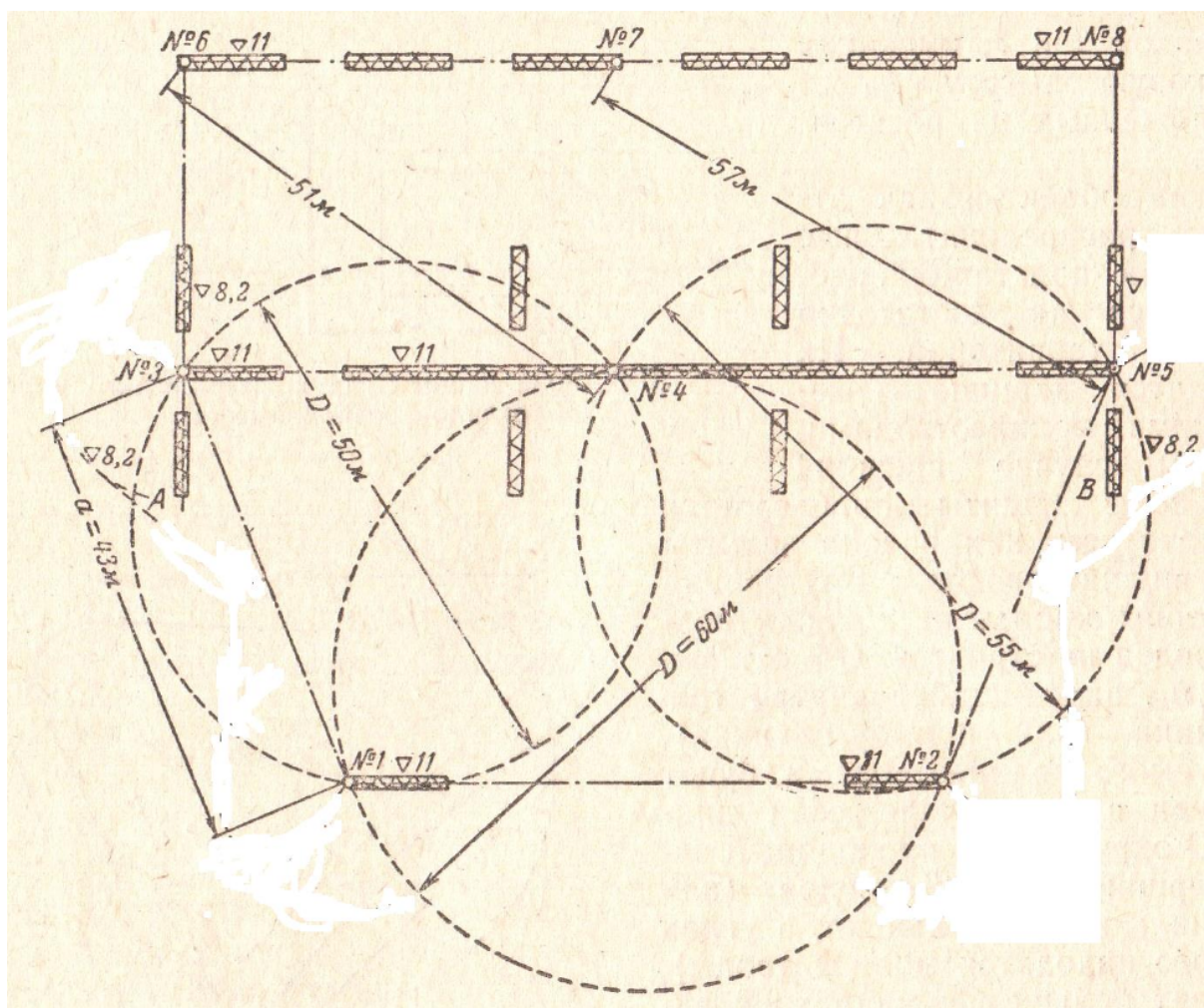
Сделать прикидочный расчёт выбора мест расположения молниеотводов и их ориентировочной высоты. Высота порталов – 11м.

Рассчитать зону защиты, создаваемую группой из трёх молниеотводов.

Рассмотреть зону защиты молниеотводов 1, 3 и 4.

Выполнить построение зоны защиты.

Проверить входит ли в зону защиты портал А .



Задание 5.7

Защита подстанции 110 кВ стержневыми молниеотводами

Компановка открытого распределительного устройства 110 кВ подлежащего защите от прямых ударов молнии приведена на рисунке.

Сделать прикидочный расчёт выбора мест расположения молниеотводов и их ориентировочной высоты. Высота порталов – 11м.

Рассчитать зону защиты, создаваемую группой из трёх молниеотводов.

Рассмотреть зону защиты молниеотводов 2, 4 и 5.

Выполнить построение зоны защиты.

Проверить входит ли в зону защиты портал В.

Задание 5.8

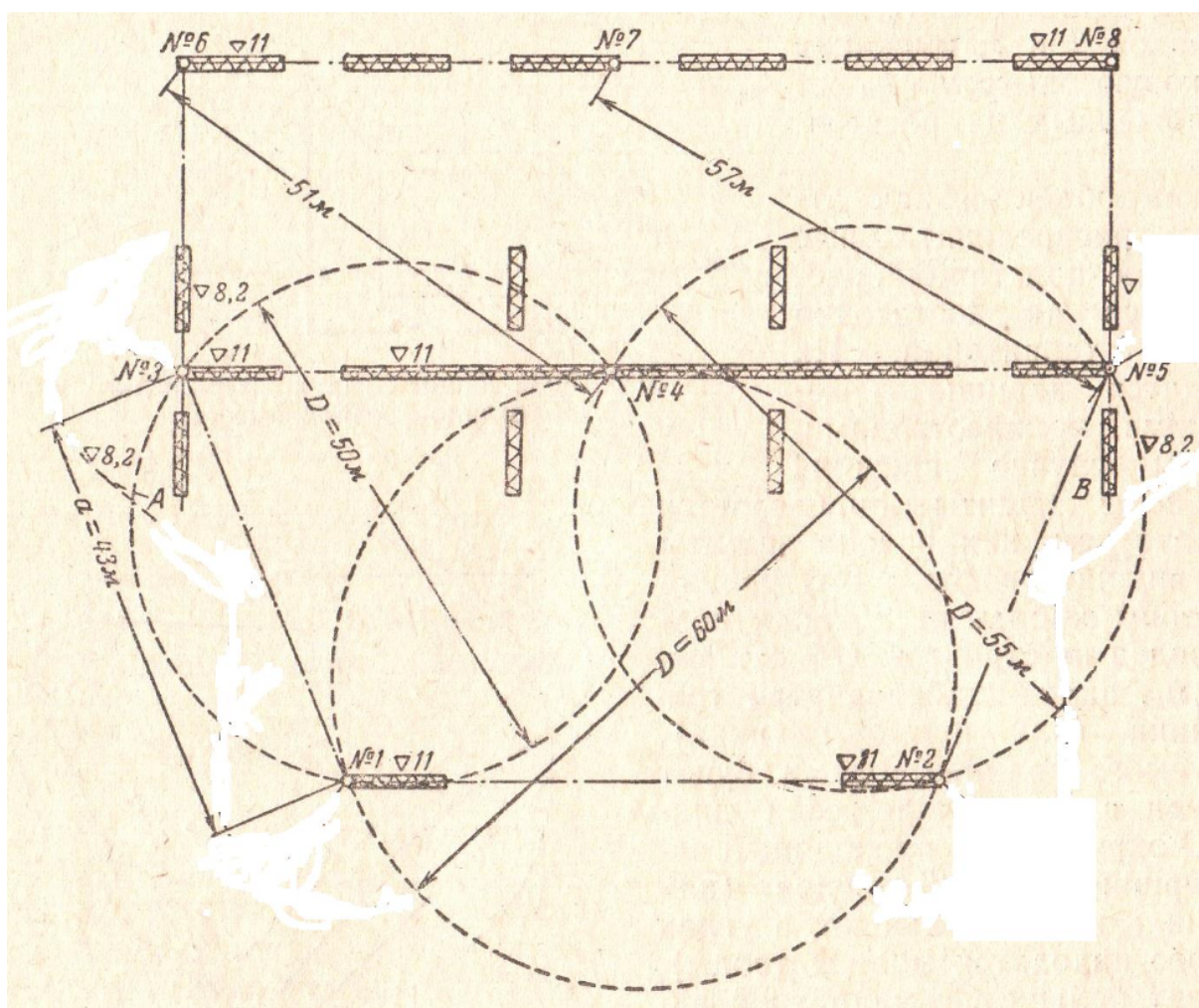
Защита подстанции 110 кВ стержневыми молниеотводами

Компановка открытого распределительного устройства 110 кВ подлежащего защите от прямых ударов молнии приведена на рисунке.

Сделать прикидочный расчёт выбора мест расположения молниеотводов и их ориентировочной высоты. Высота порталов – 11 м.

Рассчитать зону защиты, создаваемую группой из четырёх молниеотводов.

Рассмотреть зону защиты молниеотводов 3, 4, 6 и 7.



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

