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	*Отлично*
Студент освоил изучаемый материал, осуществляет выполнение заданий в соответствии с индикаторами достижения компетенций с непринципиальными ошибками.	50-74	*Хорошо*
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	*Удовлетворительно*
Студент не освоил основное	<25	*Неудовлетворительно*

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.Задачи ФОМ ТВН ++

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 мм^2, напряжение 220 кВ

Сделать выводы.

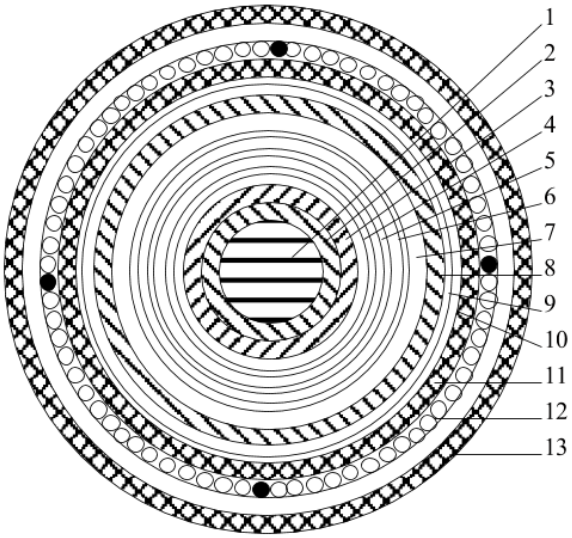


Рисунок 1 – Маслонаполненный кабель низкого давления

1 - Маслопроводящий канал, диаметр 20 мм.
2 - Токопроводящая жила. сечение токопроводящей жилы – 300 мм^2.
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 - Броневой 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

$$P_{ж}=I^2_{к}R_{ж},$$

где $I^2_к$ – ток в жиле кабеля, А;

$R_ж$ – сопротивление жилы, Ом.

Ток в жиле можно определить, используя понятие экономической плотности тока

$$I_к = jF,$$

где j – плотность тока в жиле (принять 1 А/мм^2);

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°С, Ом·м;

t – максимальная рабочая температура жилы, ^{o}С;

$F_ж$ – площадь поперечного сечения жилы, м^2;

α – коэффициент зависимости сопротивления жилы от температуры;

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

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

$\alpha = 4{,}03 \cdot 10^{-3}$ 1/^{o}С.

Значение коэффициента k_o для различных конструкций какбелей:

одножильные кабели с сечением жилы менее 500 мм^2 k_o = 0,03;

одножильные кабели с сечением жилы 500- 1000 мм^2 k_o = 0,04;

одножильные кабели с сечением жилы свыше 1000 мм^2 k_o = 0,05.

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

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

$$P_д = U^2_ф \cdot \omega \cdot C \cdot tg\delta,$$

где $U_ф$ – фазное напряжение, В;

ω – угловая частота переменного тока, ω= 2πf;

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

Ёмкость одной фазы на единицу длины Ф/м для круглых жил и неградированной 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;

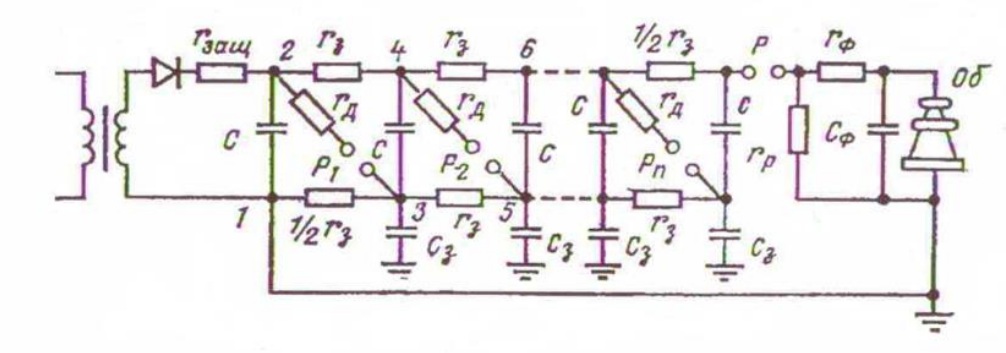
Н – низкого давления;

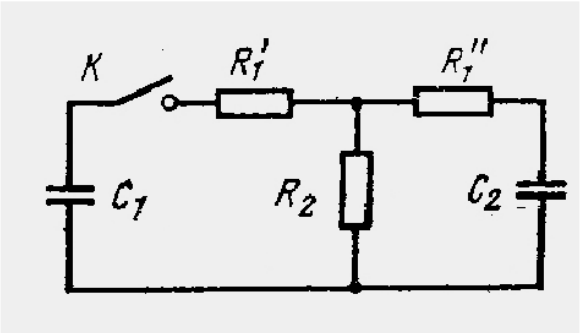
С – материал оболочки – свинцовая.

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

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= 2кОм рассчитать τ_1, τ_2, $\tau_п$, U_{max} и η. Построить графики зависимости u_2/U_1 от t, задаваясь значениями τ=0,1; 0,2; 0,5; 0,8; 1,5; 2; 3; 40; 50; 60 мкс. По графикам определить $\tau_ф$ и $\tau_и$. 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 $R'_1 \sim r_д(n\text{-}1)$.

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

$$R_2 \approx 1/(1/r_р+2/(nr_3))$$

Емкость С2 представляет собой сумму емкости объекта испытаний $C_{об}$ и $C_ф$:

$$C_2=C_{об}+C_ф.$$

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

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

$\eta_1 \approx C_1R_2/(C_1+C_2)\ (R'_1+ R_2) \approx C_1/(C_1+C_2)$

$\tau_1 \approx B \approx R_2(C_1+C_2) \approx C_1R_2$

$\tau_2 \approx C_1C_2(R'_1+ R''_1)/(C_1+C_2) \approx C_2(R'_1+ R''_1)$

$A=C_1C_2\ R_2(R'_1+ R''_1)$

$\eta_2=(\tau_2/\tau_1)^{\tau 2/\tau 1}— \tau_2/\tau_1$

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

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/см^2; удельное сопротивление алюминия $\rho = 2{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ом·м.

Решение:

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

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

$U = 15\ кВ.$

Задание 5.2

Расчёт импульсного заземления

Определить импульсное сопротивление двухлучевого заземлителя, если:

удельное сопротивление	ρ = 500 Ом/м
длина лучей	l = 20 м
глубина заложения	t = 0,8 м
материал заземлителя	полоса 4х40 мм^2
расчётное значение тока	$I_м$ = 80 кА

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

где d - эквивалентный диаметр заземлителя.

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

$$R_{\sim} = \frac{500}{2\pi \cdot 20}\left(\ln\frac{40}{0.0143} + \ln\frac{20}{1.6}\right) = 40 м“$$

Каждый луч отводит ток I = $I_м$/2 = 40 кА - для данного значения тока коэффициент импульса составляет $\alpha_и$ = 0,6; а коэффициент использования $К_и$=1.

$R_{и1} = R_{\sim} \cdot \alpha_и = 40 \cdot 0{,}6 = 24$ *Ом* - импульсное сопротивление одного луча.

$R_{\sim} = \frac{R_{и1}}{Ru1 \cdot n} = \frac{24}{1 \cdot 2} = 12 м“$ - импульсное сопротивление всего заземлителя.

Задание 5.3

Расчёт импульсного заземления

Определить импульсное сопротивление четырёхлучевого заземлителя при общей длине полосы 40 м

удельное сопротивление	ρ = 500 Ом/м
длина лучей	l = 10 м
глубина заложения	t = 0,8 м
материал заземлителя	полоса 4х40 мм^2
расчётное значение тока	$I_м$ = 80 кА

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

где d - эквивалентный диаметр заземлителя.

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

$$R_{\sim} = \frac{500}{2\pi * 10}\left(\ln\frac{20}{0.0143} + \ln\frac{10}{1.6}\right) = 7 Ом$$

Каждый луч отводит ток I = $I_м$/4 = 20 кА - для данного значения тока коэффициент импульса составляет $\alpha_и$ = 0,6; а коэффициент использования $К_и$=0,65.

$R_{и1} = R_{\sim} \cdot \alpha_и = 70 \cdot 0{,}6 = 42$ *Ом* - импульсное сопротивление одного луча.

$R_и = \frac{R_{и1}}{К_и n} = \frac{42}{0.65 * 4} = 12 Ом$ - импульсное сопротивление всего заземлителя.

Задание 5.4

Расчёт импульсного заземления

Определить импульсное сопротивление кольцевого заземлителя при общей длине полосы 40 м

удельное сопротивление	ρ = 500 Ом/м
глубина заложения	t = 0,8 м
материал заземлителя	полоса 4х40 мм^2
расчётное значение тока	$I_м$ = 80 кА

Учитывая поперечные связи, выбираем диаметр кольца D=8 м.

$R_{\sim} = \frac{0.117\rho}{D} * \lg\frac{25.2D^2}{bt} = 37 Ом,$ - 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 $К_и$=1.

$R_и = R_{\sim} \cdot \alpha_и = 70 \cdot 0,6 = 11$ *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:

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

Сопротивление стоек порталов:

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

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

Задание 5.6

Рассчет молниезащиты подстанции 110/10 кВ.

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

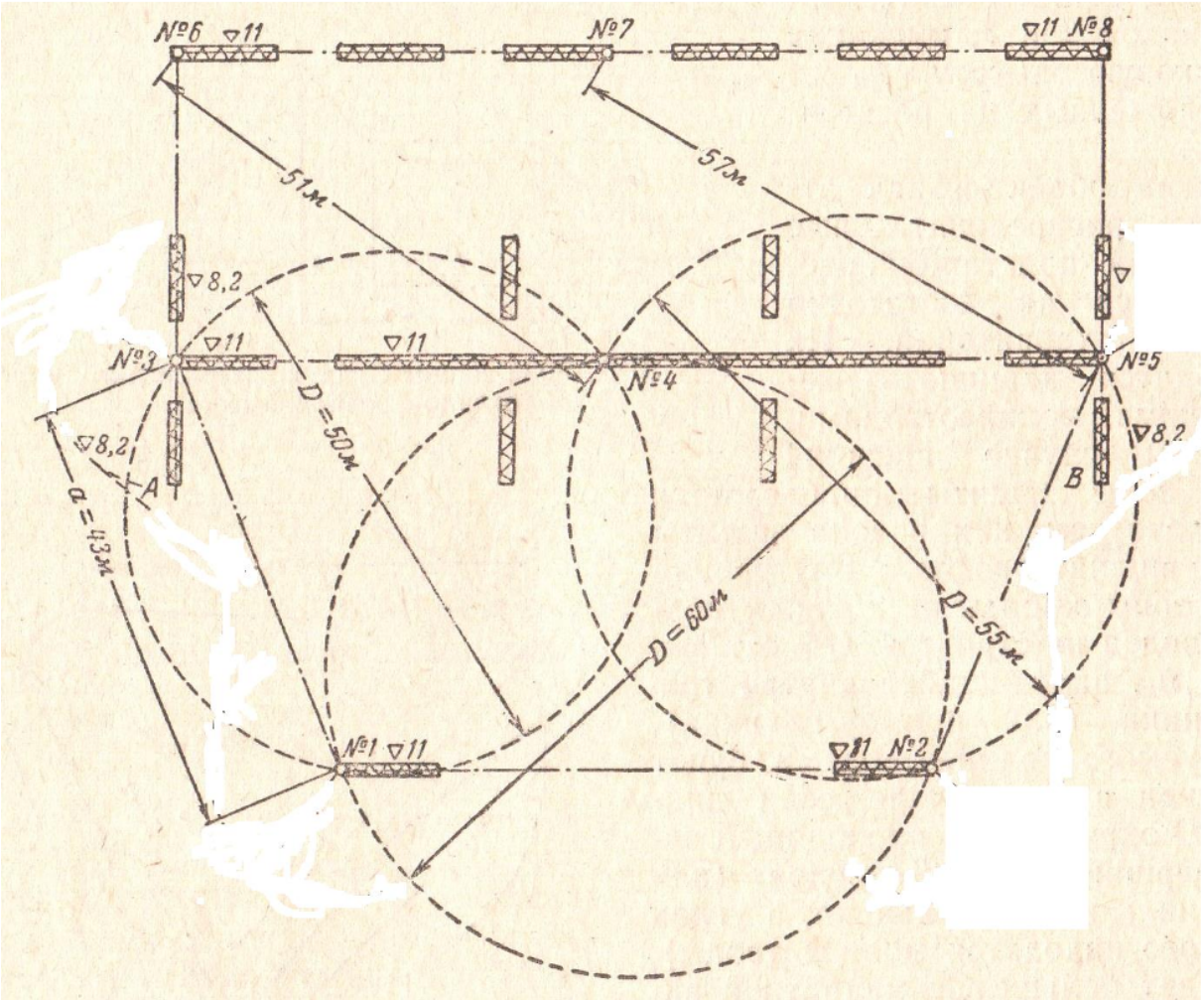
Сделать прикидочный расчёт выбора мест расположения молниеотводов и их ориентировочной высоты. Высота порталов – 11м.

Рассчитать зону 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 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

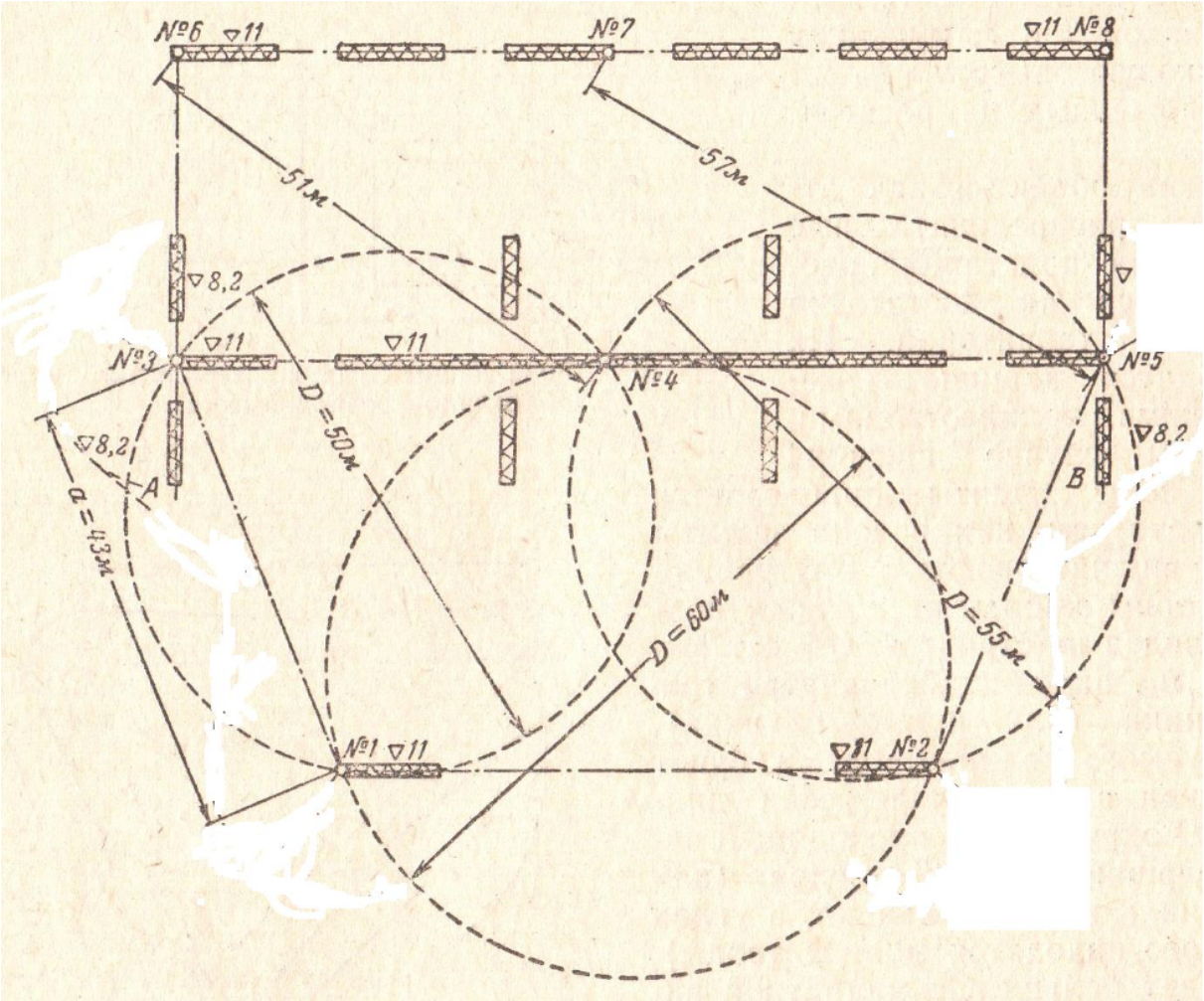
Защита подстанции 110 кВ стержневыми молниеотводами

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 – 11м.

Рассчитать зону 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.