

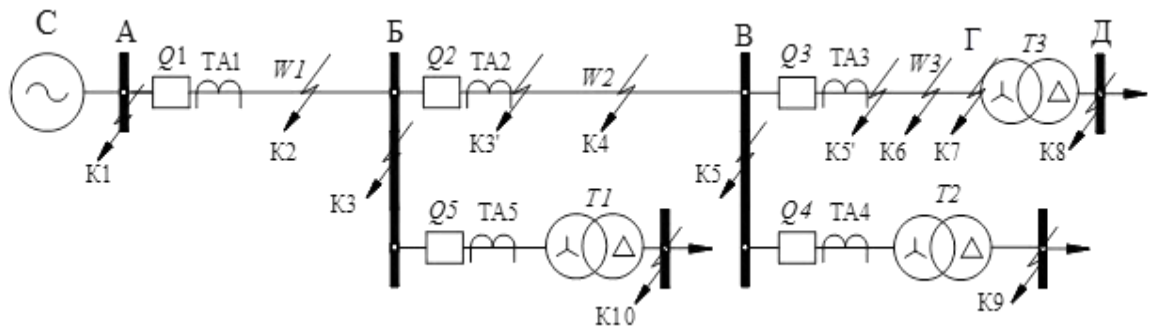
Разбор заданий заключительного этапа олимпиады «Я - профессионал» по направлению «Цифровая трансформация энергетики»

Категория Бакалавриат

БЛОК 1 «ЦИФРОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРО- ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

Для сети, представленной на рисунке:

1. рассчитать токи и остаточные напряжения на шинах питающей подстанции А при трехфазных КЗ в сети и построить зависимости $I^{(3)}_K = f(l)$ и $U^{(3)}_{ост, A} = f(l)$;
2. оценить возможность установки в сети селективных токовых отсечек без выдержек времени и выполнить их расчет;
3. выполнить, при необходимости, расчет неселективных отсечек;
4. выбрать параметры срабатывания токовых отсечек с выдержкой времени и оценить их чувствительность;
5. по результатам расчетов сделать выводы.



Исходные данные

$S_{K3}^{(3)}$ МВА	l_{W1} , км	l_{W2} , км	l_{W3} , км	$S_{T1ном}$, МВА	$S_{T2ном}$, МВА	$S_{T3ном}$, МВА
2875	10	25	15	20	15	10

$U_{с.ном} = 115\text{кВ}$, $u_K = 10,5\%$, $k^I_{отс} = 1,3$, $k^{II}_{отс} = 1,15$, $k^{III}_{отс} = 1,1$, $\Delta t = 0,5\text{ с}$,
 $X_{1уд} = 0,4\text{ Ом/км}$

Результаты расчета свести в таблицу:

Линия	I ступень		II ступень		
	$I'_{с.з.}$, кА	тип	$I''_{с.з.}$, кА	$t''_{с.з.}$, с	$k''_{ч}$
W1		Неселективная/ селективная			
W2		Неселективная/ селективная			
W3		Неселективная/ селективная			

Решение:

1. Расчет сопротивлений

$$X_C = U_{с.ном}^2 / S^{(3)}_{КЗ} = 1152 / 2875 = 4,60 \text{ Ом};$$

$$X_{ном.Т} = \frac{U_{с.ном}^2 \cdot u_{\kappa} \%}{S^{(3)}_{КЗ} \cdot 100 \%}: X_{Т1} = 69,40 \text{ Ом}, X_{Т2} = 92,60 \text{ Ом}, X_{Т3} = 138,90 \text{ Ом};$$

$$X_W = X_{л\gamma\delta} \cdot l_W: X_{W1} = 40 \text{ Ом}, X_{W2} = 100 \text{ Ом}, X_{W3} = 60 \text{ Ом}$$

2. Расчет остаточного напряжения на шинах подстанции А при трех-фазных КЗ в сети.:

$$\frac{U^{(3)}_{ост.А}}{U_{с.ном}} = \frac{X_{Wк}}{X_{Wк} + X_c}$$

Результаты расчета приведены в таблице

Остаточные напряжения на шинах подстанции А

Точка КЗ	К2	К3	К4	К5	К6	К7
$U_{ост.А}^{(3)}/U_{ном}$	0,303	0,465	0,662	0,753	0,787	0,813

3. Расчет токов КЗ

Токи трех- и двухфазных КЗ

	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9	К10
$I_{\kappa}^{(3)}, \text{кА}$	14,4	10,1	7,72	4,88	3,57	3,07	2,7	0,406	0,597	0,851
$I_{\kappa}^{(2)}, \text{кА}$	12,5	8,7	6,69	4,2	3,09	2,7	2,34	-	-	-

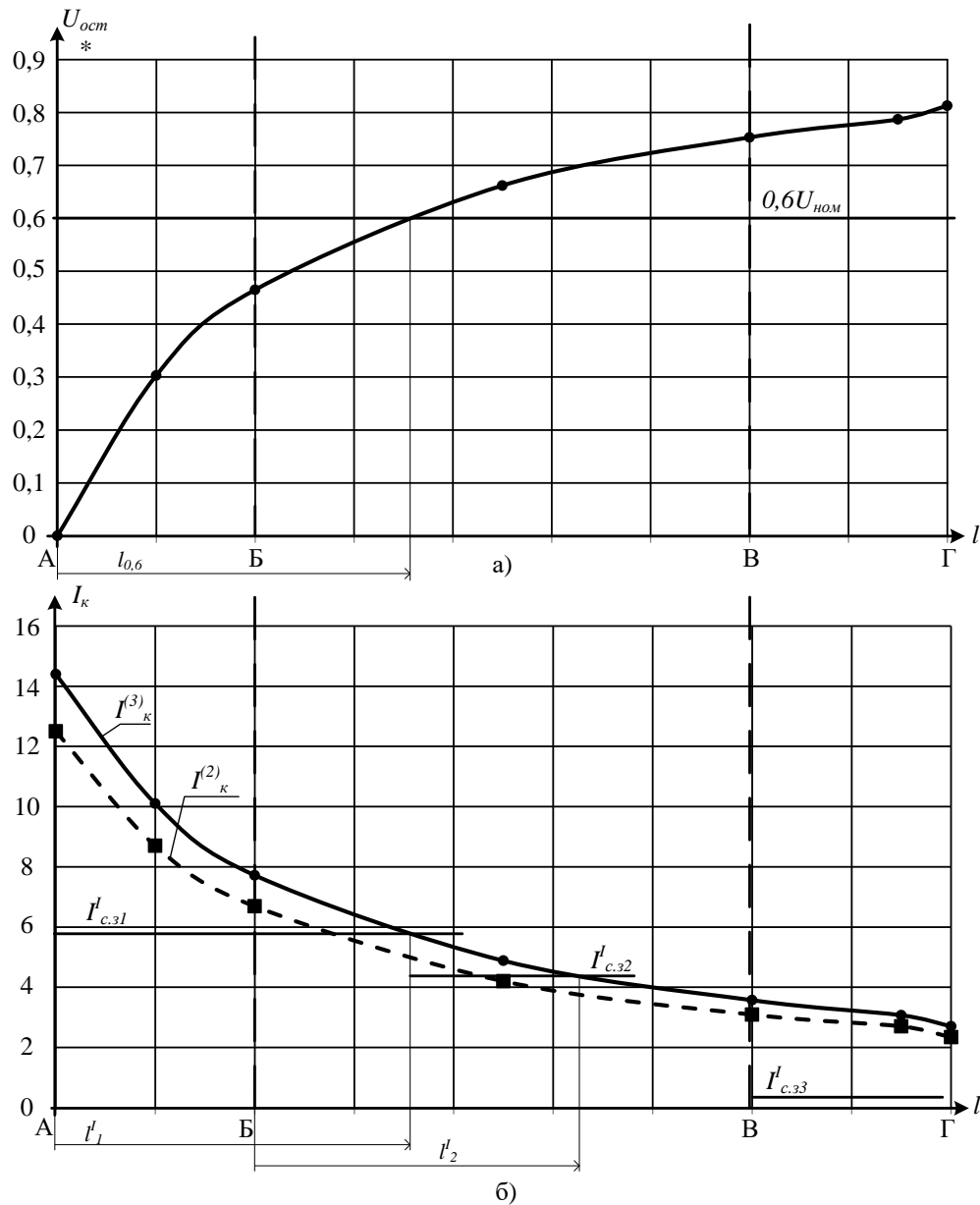


Рис. Зависимости остаточного напряжения на шинах А (а) и токов КЗ в сети (б)

Расчет остаточного напряжения при трехфазных КЗ в рассматриваемой сети показал, что на линии W1 необходима установка неселективной отсечки, поскольку $U_{ост.А}^{(3)} < 0,6U_{ном}$ на всей линии. На линии W2 нужно проверить возможность установки селективной отсечки. $U_{ост.А}^{(3)} = 0,6U_{ном}$ при КЗ на линии W2 в точке, где сопротивление $X_{W2,0,6} = 1,5X_C - X_{W1} = 4,6 \cdot 1,5 - 4 = 2,9$ Ом или $l_{W2,0,6} = 25 \cdot 2,9 / 10 = 7,25$ км.

4. Расчет токов срабатывания отсечек без выдержки времени

4.1 Ток срабатывания отсечки на линии W3 отстраивается от тока трехфазного КЗ за трансформатором Т3 (в точке К8):

$$I_{c.33}^I = k_{отс}^I \cdot I_{к.Т3}^{(3)} = 1,3 \cdot 0,406 = 0,53 \text{ кА},$$

Коэффициент чувствительности отсечки проверяется при двухфазном КЗ в конце линии W3 – на шинах ВН трансформатора Т3:

$$k_{ч3}^I = 2,34 / 0,53 = 4,4 > 1,5$$

4.2 Ток срабатывания селективной отсечки на линии W2 отстраивается, от максимального значения тока КЗ в ее конце – на шинах В (в точке К5):

$$I'_{c.32} = k'_{отс} \cdot I^{(3)}_{к.В} = 1,3 \cdot 3,57 = 4,64 \text{ кА}$$

Для оценки возможности установки селективной отсечки определяется длина защищаемой ею зоны:

$$l'_{32} = (U_{с.ном} / \sqrt{3} \cdot I'_{c.32} - X_C - X_{W1}) / X_{ly0} = \\ = (115 / \sqrt{3} \cdot 4,64 - 4,6 - 4) / 0,4 = 14,3 \text{ км}$$

Поскольку $l'_{32} > l_{W2,0,6}$, селективную отсечку на линии W2 можно установить.

4.3 На линии W1 устанавливается неселективная отсечка с током срабатывания:

$$I'_{c.31} = I^{(3)}_{к} / k_{ч} = 7,72 / 1,3 = 5,94 \text{ кА}$$

Условие согласования защит при этом выполняется:

$$I'_{c.31} > k'_{отс} \cdot I'_{c.32} = 1,1 \cdot 4,64 = 5,1 \text{ кА}$$

5. Расчет параметров срабатывания вторых ступеней – отсечек с выдержками времени.

На линии W3 вторая ступень не устанавливается, так как отсечка без выдержки времени защищает полностью всю линию.

На линии W2 вторая ступень выполняется с выдержкой времени $t''_{c.32} = 0,5 \text{ с}$. Ток срабатывания выбирается с учетом условий:

$$I''_{c.32} = k''_{отс} \cdot I'_{c.33} = 1,15 \cdot 0,53 = 0,61 \text{ кА}$$

$$I''_{c.32} = k''_{отс} \cdot I^{(3)}_{к.Т2, макс} = 1,15 \cdot 0,597 = 0,69 \text{ кА}$$

выбирается наибольшее значение $I''_{c.32} = 0,69 \text{ кА}$. Коэффициент чувствительности проверяется при КЗ с минимальным током на шинах подстанции В:

$$k''_{ч2} = 3,09 / 0,69 = 4,5 > 1,3$$

При установке на линии W1 токовой отсечки с выдержкой времени $t''_{c.31} = 0,5 \text{ с}$. Ток срабатывания равен:

$$I''_{c.31} = 1,15 \cdot 4,64 = 5,34 \text{ кА}$$

$$I''_{c.31} = 1,15 \cdot 0,851 = 0,98 \text{ кА}$$

откуда следует: $I''_{c.31} = 5,34 \text{ кА}$. Коэффициент чувствительности отсечки при КЗ на шинах Б равен:

$$k''_{ч1} = 6,69 / 5,34 = 1,25 < 1,3$$

Для повышения чувствительности параметры срабатывания второй ступени защиты линии W1 нужно согласовать с параметрами срабатывания второй ступени защиты линии W2:

$$t''_{c.31} = t''_{c.32} + \Delta t \approx 1 \text{ с}$$

$$I''_{c.31} = k''_{отс} \cdot I''_{c.32} = 1,15 \cdot 0,69 = 0,794 \text{ кА}$$

$$I''_{c.31} = 0,98 \text{ кА}$$

Таким образом, выбирается $I''_{c.31} = 0,98 \text{ кА}$, и коэффициент чувствительности $k''_{ч1} = 6,8 > 1,3$.

Результаты расчета приведены в таблице

Параметры срабатывания отсечек

Линия	I ступень		II ступень		
	$I'_{с.з.}, \text{кА}$	тип	$I''_{с.з.}, \text{кА}$	$t''_{с.з.}, \text{с}$	$k''_ч$
W1	5,94	неселективная	0,98	1,0	6,8
W2	4,64	селективная	0,69	0,5	4,5
W3	0,53	селективная	-	-	-

Вывод. На линии W1 установлена неселективная отсечка, отключающая без выдержки времени КЗ в пределах всей линии. На линии W2 установлена селективная отсечка, обеспечивающая отключение без выдержки времени трехфазных КЗ, сопровождающихся $U^{(3)}_{отс.А} \leq 0,6U_{ном.}$ На линии W3 установлена селективная отсечка, отключающая без выдержки времени КЗ в пределах всей линии.

БЛОК 2 «SMART-СИСТЕМЫ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОТЕХНИКЕ»

Исходные данные:

1 кг воды при давлении 9,5 атм. нагревается в сосуде при помощи нагревателя постоянной мощности. Изменение температуры воды во времени представлено на графике. Удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/(кг·°С). Удельная теплота парообразования воды 2016 кДж/кг.

Выполнить:

1. Какое количество воды испарилось через 16 минут после включения нагревателя.
2. Определить количество теплоты, выделенной нагревателем за первые 16 минут его работы.

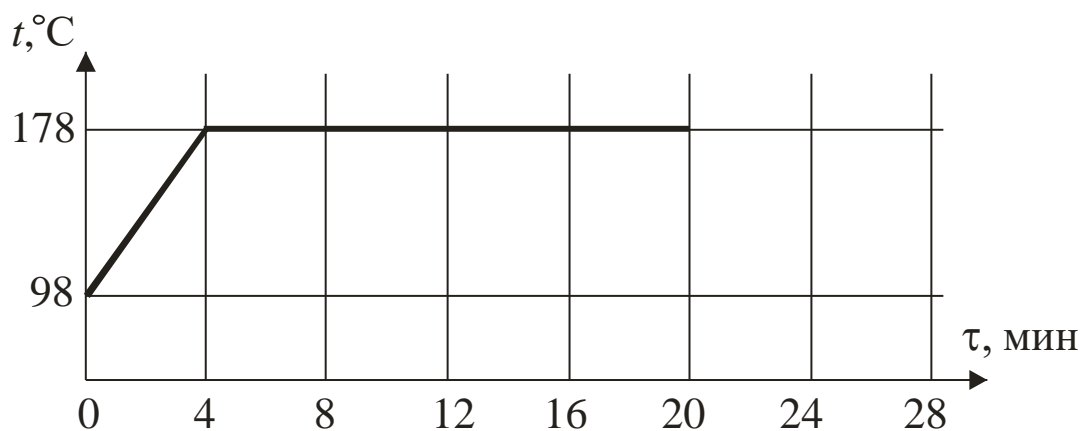


График зависимости температуры воды от времени.

Решение:

Для того, чтобы определить количество испарившейся воды за первые 16 минут работы нагревателя, необходимо определить время полного выкипания 1 кг воды. Для этого потребуется рассчитать мощность нагревателя.

Из графика видно, что вода нагревается от температуры 98 °С до температуры кипения 178 °С за 4 минуты.

Тепловая энергия, выделяемая на этом временном участке, равна $1 \cdot 4200 \cdot (178 - 98) = 336000$ Дж.

Мощность нагревателя при этом будет равна $336000 / 4 / 60 = 1400$ Вт.

Теперь можно рассчитать время полного выкипания 1 кг воды. Оно будет равно $1 \cdot 2016000 / 1400 / 60 = 24$ мин.

Из графика видно, что за первые 16 минут после начала нагрева вода испарялась 12 минут. Следовательно, испарилось ровно половина исходной массы воды 0,5 кг.

Тепловая энергия, выделенная за первые 4 минуты нагрева, нами найдена и равна 336000 Дж.

Тепловая энергия, выделенная за следующие 12 минут нагрева будет равна $0,5 \cdot 2016000 = 1008000$ Дж.

Всего за первые 16 минут работы нагревателя выделиться тепловой энергии $336000 + 1008000 = 1344$ кДж.

БЛОК 3 «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Практическое задание.

Аналитическое обоснование применения метода пассивной защиты конфиденциальной акустической информации в переговорной комнате офиса компании (защищаемое помещение).

Постановка задачи:

На основе анализа результатов расчета показателей защищенности конфиденциальной информации от утечки по виброакустическому каналу руководством компании принято решение по повышению акустической защищенности переговорной комнаты до требуемого уровня с применением пассивных средств защиты.

Начальнику службы защиты информации поручено на основе сравнительного анализа различных вариантов реализации проекта применения метода пассивной защиты для повышения защищенности конфиденциальной информации от утечки по виброакустическому каналу до требуемого уровня с применением критерия «эффективность - стоимость» сформировать предложения по предпочтительному варианту проекта.

Исходные данные:

- площадь защищаемого помещения (комната переговоров) составляет 31 кв. метр;

- защищаемое помещение не оборудовано системами звукоусиления;
- требуемое значение величины звукоизоляции не выполнено в отношении глухой стены (без окон, дверей и вентиляционных каналов), смежной с соседним помещением;
- размеры стены: длина – 5,4 м; высота – 2,8 м;
- значение величины звукоизоляции ниже требуемого уровня на 25 дБ.
- технико-экономические показатели звукоизоляционных материалов:

Таблица 1

№	Наименование	Стоимость, (руб/кв.м)	Эффективная плотность (кг/м³)	Толщина (мм)	Собственная звукоизоляция (дБ)	Производитель
1	Tecsound	1500	1890,0	3,5	28	Россия
2	PhoneStar Triplex	1780	1473,6	12	36	Россия
3	Экозвукоизол	1600	1403,5	13	38	Россия
4	Гипсоволокнистый лист	430	1253,3	12,5	21	Россия
5	SonoPlat	1400	1041,7	12,5	42	Испания
6	Гипсокартонный лист	380	773,3	12,5	23	Россия
7	ЗИПС панели	2000	694,4	40	32	Россия

Ограничения и допущения:

- а) защита информации от утечки из защищаемого помещения с применением активных средств не рассматривается;
- б) при выборе варианта реализации проекта применения метода пассивной защиты акустической конфиденциальной информации руководствоваться принципом минимальной достаточности превышения результирующей величины звукоизоляции с учетом стоимости звукоизоляционного материала;
- в) оценка итогового показателя защищенности проводится методом аддитивности, при этом параметры взаимовлияния и помех не учитываются;
- г) при оценке стоимости проекта оцениваются только затраты на закупку звукоизоляционных материалов;
- д) при выборе звукоизоляционного материала руководствоваться также требованиями импортозамещения;
- е) количество вариантов расчета, на основе которых принимается решение, должно быть не менее 3.

Выполнить:

1. Провести многовариантные расчеты показателя защищенности конфиденциальной информации от утечки по виброакустическому каналу с применением пассивного метода защиты.

2. На основе анализа расчетов разработать предложения руководству компании по реализации проекта усиления защищенности конфиденциальной информации от утечки по виброакустическому каналу.

Решение:

1. Расчеты показателя защищенности конфиденциальной информации от утечки по виброакустическому каналу с применением пассивного метода защиты:

А) Выбор звукоизоляционных материалов по величине результирующего значения величины звукоизоляции (25 дБ).

Подходят материалы:

Tecsound – $(28 - 25) = 3$ дБ;

PhoneStar Triplex = 11 дБ;

Экозвукоизол = 13 дБ;

SonoPlat = 17 дБ;

ЗИПС панели = 7 дБ.

Б) Разрабатываем таблицу для экономического обоснования

Таблица 2

№	Наименование	Результирующее значение величины звукоизоляции, дБ	Стоимость, (руб/кв.м)	Площадь (кв.м)	Стоимость (руб)
1	Tecsound	3	1500	15,12	22680
2	PhoneStar Triplex	11	1780	15,12	26914
3	Экозвукоизол	13	1600	15,12	24192
5	SonoPlat	17	1400	15,12	21168
7	ЗИПС панели	7	2000	15,12	30240

Б) В соответствии с принципом минимальной достаточности предпочтительным является вариант применения материала SonoPlat минимальная стоимость – 21168 руб. Однако это материал зарубежного производства, следовательно, предпочтением является выбор материала Tecsound – 22680 руб.

В) В соответствии с уровнем гарантированного обеспечения защиты от утечки акустической информации предпочтительным является вариант применения материала Экозвукоизол – 13дБ.

Г) С учетом одновременного учета факторов в пунктах Б и В предпочтительным является вариант применения материала Экозвукоизол – 13дБ и стоимость 24192 руб.

2. На основе анализа расчетов разработаны следующие предложения руководству компании:

- для реализации проекта усиления защищенности конфиденциальной информации от утечки по виброакустическому каналу с применением метода пассивной защиты использовать звукоизоляционный материал отечественного производства Экозвукоизол, для которого стоимость находится в середине оцениваемых величин, однако при этом превышение уровня защищенности равняется 13 дБ, что повышает надежность звукоизоляции при реализации данного проекта.

БЛОК 4 «СИСТЕМЫ СВЯЗИ В ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ»

Исходные данные:

- план машинного зала ТЭЦ (рис. 1);
- число и расположение абонентов (рис. 1);
- средний поток информации от каждого сенсора 15 кбит/с;
- максимальная пропускная способность каждой базовой станции:
 - 1) тип А 100 кбит/с;
 - 2) тип Б 200 кбит/с;
- стоимость базовых станций:
 - 1) тип А 3 тыс. рублей за единицу;
 - 2) тип Б 5 тыс. рублей за единицу;
- радиус действия базовых станций:
 - 1) тип А 7 метров;
 - 2) тип Б 5 метров;
- удельная стоимость прокладки 1 метра витой пары и питания к базовым станциям: 100 рублей за метр;
- базовые станции могут располагаться только в местах расположения абонентов (считать, что данного абонента обслуживает данная базовая станция)
- базовая станция может работать в режиме ретранслятора, приемника данных абонентов и комбинированном режиме.

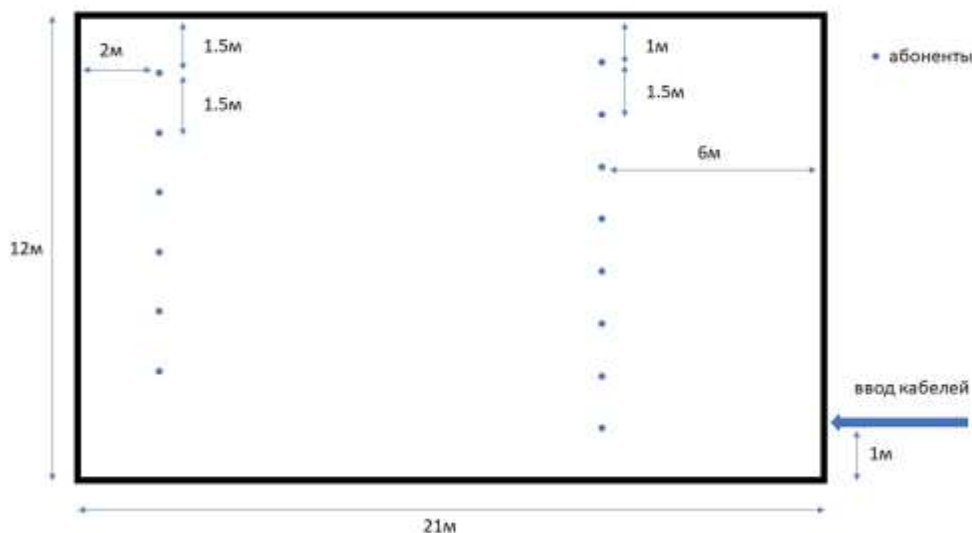


Рисунок 1. План помещения и расположение абонентов

Рассчитать минимально возможное количество базовых станций, обеспечивающих передачу потоков информации со всех сенсоров. Использовать базовые станции типа А и типа Б.

Решение

С учетом задания делаем вывод, что базовые станции необходимо использовать исключительно для сбора информации от абонентов (без использования базовых станций в качестве только ретранслятора), т.к. критерий – минимальное количество базовых станций. Для сбора информации от абонентов в «левой» части помещения достаточно одной базовой станции любого типа. Для сбора информации от абонентов в «правой» части помещения достаточно двух станций типа А (т.к. у одной станции не хватит пропускной способности) и двух станций типа Б (т.к. у одной станции не хватит радиуса действия).

Ответ: 3