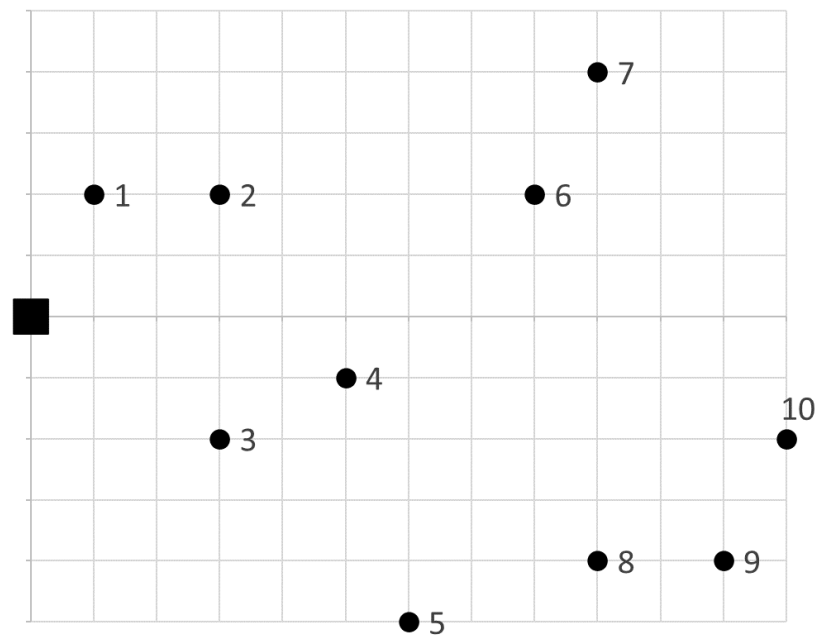


ЗАДАНИЕ

ВАРИАНТ 1

Планируется сооружение распределительной электрической сети. На рисунке показано расположение питающей подстанции и узлов нагрузки. Питающая подстанция обозначена квадратом, узлы нагрузки точками. Шаг координатной сетки по вертикали и горизонтали составляет 500 метров. Для обеспечения электроснабжения потребителей все узлы нагрузки должны быть присоединены к питающей подстанции.



Линии электропередачи не идеальные и иногда повреждаются. Это может приводить к отключениям потребителей и нарушению электроснабжения. Одинаковый по времени перерыв электроснабжения для разных потребителей приводит к различному ущербу.

Более надежные схемы электроснабжения требуют больших капиталовложений. В менее надежных схемах больший ущерб от нарушений электроснабжения.

В этом задании необходимо выбрать оптимальную схему электроснабжения, обеспечив баланс между капиталовложениями и ущербом от нарушений электроснабжения.

Надежность электроснабжения

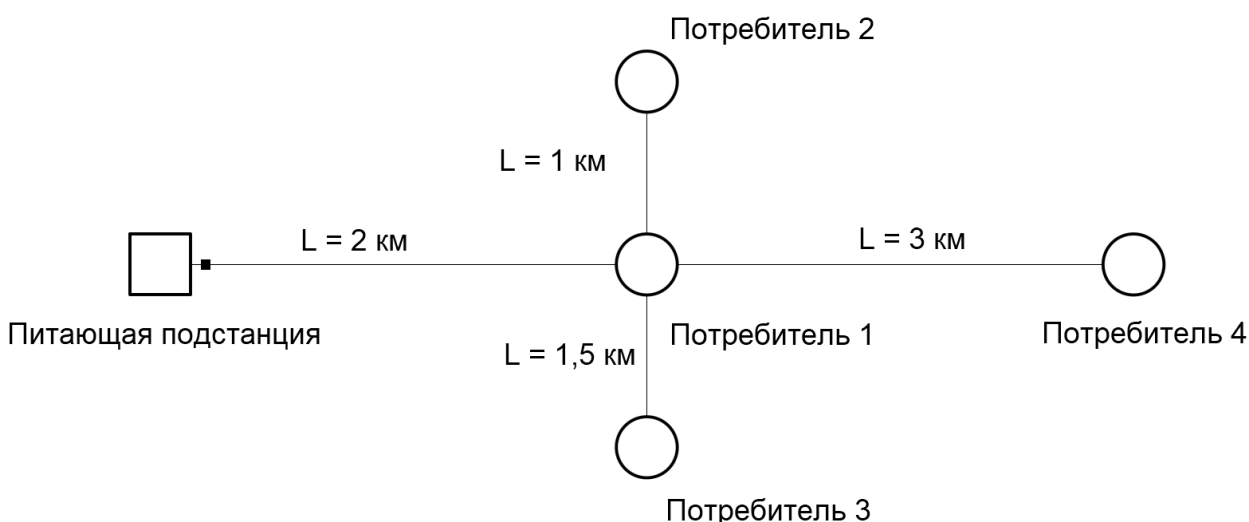
Будем считать, что повреждаться могут только линии электропередачи. Это допущение достаточно справедливое, поскольку в реальных электрических сетях эти элементы отключаются наиболее часто. Это связано с тем, что линии имеют большую длину и наиболее подвержены различным внешним воздействиям. Надежность элемента сети определяется двумя основными показателями: частота отключения и время восстановления.

Частота отключения обозначается λ и задается удельной величиной. В этом задании удельная частота отключения всех линий 0,1 раз в год на км. Это можно понимать так, линия длиной 1 км отказывает в среднем 1 раз в 10 лет. Количество отказов прямо пропорционально длине линии. Для того, чтобы определить частоту отключений линии произвольной длины, надо ее длину умножить на удельную частоту отключений. Например, частота отключений линии длиной 5 км составляет $\lambda = 5 \cdot 0,1 = 0,5$ раз в год.

После того как линия отказала, ремонтная бригада приезжает на место повреждения и выполняет ремонт. В этом задании будем считать, что время прибытия на место повреждения составляет 1 час, время ремонта 5 часов.

Таким образом, после повреждения линия находится в неработоспособном состоянии $1 + 5 = 6$ часов. Это означает, что через линию невозможно передавать электроэнергию, и все потребители, находящиеся за местом повреждения, не получают электроэнергию в течение этого времени.

Рассмотрим в качестве примера приведенную ниже схему.



В распределительных сетях выключатель располагается на питающей подстанции. Это означает, что при отказе любой линии отключается вся сеть. Например, произошло повреждение на линии, соединяющей потребителей 1 и 3, обозначим ее (1-3). При повреждении линии 1-3 срабатывает выключатель

на питающей подстанции и отключаются все потребители. За 1 час ремонтная бригада приезжает на место повреждения и отключает поврежденную линию. После этого включают выключатель на питающей подстанции и электроснабжение потребителей 1, 2, 4 восстанавливается. Потребитель 3 не получает электроэнергию, поскольку линия 1-3 повреждена. За 5 часов выполняют ремонт этой линии и восстанавливают электроснабжение потребителя 3. Таким образом, при отказе линии 1-3 потребители 1, 2, 4 отключаются на 1 час, а потребитель 3 – на 6 часов.

Частота отключения линии 1-3 составляет $\lambda_{1-3} = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15$ раз в год. Средняя продолжительность перерыва электроснабжения потребителя в год определяется как произведение частоты отключений и продолжительности каждого отключения. Из-за повреждений линии 1-3 средний перерыв электроснабжения в год составляет для 1, 2, 4 потребителей 0,15 часов; для потребителя 3 – 0,9 часа.

Расчет удобно проводить в форме таблицы

	Линии				Σ	
	П-1	1-2	1-3	1-4		
Длина, км	2	1	1,5	3	-	
λ , раз в год	0,2	0,1	0,15	0,3	-	
Время восстановления электроснабжения (часов)						
Потребители	1	6	1	1	1	-
	2	6	6	1	1	-
	3	6	1	6	1	-
	4	6	1	1	6	-
Средняя продолжительность перерыва электроснабжения (часов в год)						
Потребители	1	1,2	0,1	0,15	0,3	1,75
	2	1,2	0,6	0,15	0,3	2,25
	3	1,2	0,1	0,9	0,3	2,5
	4	1,2	0,1	0,15	1,8	3,25

Общая продолжительность перерыва электроснабжения для потребителя определяется как сумма продолжительностей перерыва электроснабжения от повреждений всех линий.

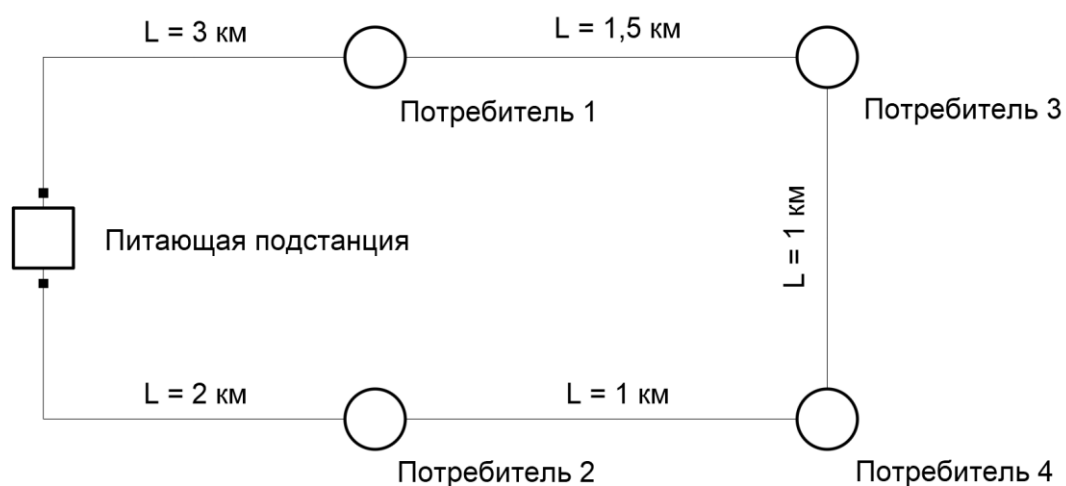
На основе общей продолжительности перерыва электроснабжения определяется ущерб. Пусть удельный ущерб для потребителей 1, 2, 3, 4 составляет соответственно 200, 300, 100, 150 тыс. рублей за час. Тогда для первого потребителя годовой ущерб составит $200 \cdot 1,75 = 350$ тыс. руб.; для второго $300 \cdot 2,25 = 675$ тыс. руб. Для остальных потребителей расчет аналогичный.

Схемы электроснабжения

Выделяют три основные схемы электроснабжения: радиально-магистральная, петлевая и двухлучевая. Рассмотрим их более подробно

Радиально - магистральная схема была показана в качестве примера в предыдущем разделе. В такой схеме от питающей подстанции отходит одна линия. Далее потребители могут соединяться последовательно, либо линии могут разветвляться. Между собой линии соединяются только в узлах нагрузки. При повреждении линии, потребители, расположенные за линией, отключаются на время прибытия ремонтной бригады и время ремонта; потребители, расположенные перед поврежденной линией, отключаются на время до прибытия ремонтной бригады.

Петлевая схема показана на рисунке ниже.



В этом случае от питающей подстанции отходит две линии. Потребители последовательно подключаются к линиям, так что они образуют петлю или кольцо. В такой схеме любой потребитель может получать электроэнергию с двух сторон. При повреждении линии также отключается выключатель на питающей подстанции и электроснабжение потребителей можно восстановить только через время прибытия ремонтной бригады. Чтобы при повреждении линии отключались не все потребители схемы, схема работает в разомкнутом режиме. Это означает что одна из линий петлевой схемы в нормальном режиме отключена. Пусть в рассматриваемом примере отключена линия 3-4. Тогда потребители 1 и 3 получают электроэнергию от верхней линии, потребители 2 и 4 – от нижней. Если повреждается линия 1-3 отключается верхний выключатель и потребители 1 и 3 не получают электроэнергию. Потребители 2 и 4 по-прежнему работают в нормальном режиме. Ремонтная бригада после прибытия на место повреждения отключает линию 1-3 и включает линию 3-4. После этого электроснабжение потребителей 1 и 3 восстанавливается. Таким образом, в петлевой схеме потребители не отключаются более чем на 1 час.

Для этой схемы таблица расчета средней продолжительности перерыва электроснабжения приведена ниже

	Линии					Σ
	П-1	1-2	1-3	1-4		
Длина, км	3	2	1,5	1		-
λ , 1/год	0,3	0,2	0,15	0,1		-
Время восстановления электроснабжения (часов)						
Потребители	1	1	0	1	0	-
	2	0	1	0	1	-
	3	1	0	1	0	-
	4	0	1	0	1	-
Средняя продолжительность перерыва электроснабжения (часов в год)						
Потребители	1	0,3	0	0,15	0	0,45
	2	0	0,2	0	0,1	0,3
	3	0,3	0	0,15	0	0,45
	4	0	0,2	0	0,1	0,3

Двухлучевая схема показана на рисунке ниже.



От питающей подстанции отходит две параллельные линии, которые идут к одному потребителю. Затем параллельными линиями последовательно соединяются все потребители. Такая схема значительно более надежная, чем две предыдущие, но и более дорогая. В этом задании будем считать, что при такой схеме у потребителей не происходят перерывы электроснабжения.

При решении задания можно комбинировать схемы между собой. От питающей подстанции может отходить любое количество линий.

Линии электропередачи

При составлении схемы необходимо выбрать количество и расположение линий электропередачи. Все линии одинаковые и различаются только по длине. Длина определяется по прямой между узлами нагрузки или питающей подстанцией и узлом нагрузки. Параллельно проложенные линии считаются как две отдельные линии. Между собой линии можно соединять только в узлах нагрузки, разветвление линий в любых других местах недопустимо.

Выключатели устанавливаются только на питающей подстанции. Установка дополнительных выключателей в сети не допускается.

Стоимость сооружения и эксплуатации 1 километра линии приведена к одному году и составляет 100 тыс. рублей.

Стоимость сооружения одного км ЛЭП, приведенная к одному году – это сумма, которую необходимо вкладывать каждый год в течение срока окупаемости, чтобы компенсировать затраты на строительство.

Чтобы определить приведенную стоимость строительства и эксплуатации ЛЭП протяженностью 5 км, необходимо 100 тыс. рублей умножить на 5. Получим 500 тыс. руб.

Проектирование распределительной сети

Затраты на сооружение и эксплуатацию электрической сети складываются из капиталовложений в строительство, издержек на эксплуатацию и компенсации ущерба от нарушения электроснабжения. Основной задачей оптимального проектирования распределительной сети является минимизация затрат.

$$Z = K + И + У \rightarrow \min$$

Для линий заданы объединенные значения капиталовложений и издержек, приведенные к одному году ($K + И$). Ущерб зависит от выбранной схемы электроснабжения и рассчитывается описанным выше способом.

Исходные данные

В этом разделе перечислены все необходимые исходные данные для выполнения работы.

Схема расположения узлов нагрузки и питающей подстанции показана на первой странице.

Удельная частота отключения линий λ составляет 0,1 раз в год на км.

Стоимость сооружения и эксплуатации 1 километра линии, приведенная к одному году, составляет 100 тыс. рублей.

Удельный ущерб от нарушения электроснабжения продолжительностью 1 час приведен для всех потребителей в таблице ниже

Потребитель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Удельный ущерб, тыс. руб. / час	750	400	600	400	100	200	600	800	300	200

Задание

Для заданного расположения узлов нагрузки и питающей подстанции необходимо расположить линии электропередачи таким образом, чтобы все узлы нагрузки были присоединены к питающей подстанции. При этом

необходимо добиться минимальных годовых затрат на сооружение и эксплуатацию электрической сети с учетом ущербов от нарушения электроснабжения. Расчеты капиталовложений и ущербов выполняются для периода 1 год. Результаты должны быть представлены в соответствии с требованиями по оформлению. При решении задания допустимо пользоваться любыми доступными средствами вычисления.

Комментарий к заданию

Принципы построения электрической сети представлены в задании в сильно упрощенном виде. Реальное проектирование электрических сетей несколько отличается от описанного в задании. Тем не менее, при решении этого задания необходимо руководствоваться только приведенным здесь инструкциями.

Формальное решение этой задачи и ее полное математическое описание сильно выходят за рамки школьной программы. Полный перебор всех возможных вариантов также нереалистичен. Возможных вариантов очень много и расчет их всех без программирования крайне трудоемкий и длительный процесс.

Рекомендуется проанализировать задание и сформулировать принципы, по которым целесообразно строить электрическую сеть. На основе этих принципов собрать несколько вариантов сети и сравнить их между собой.

Требования по оформлению

Присылаемые материалы должны содержать теоретическое описание решения задачи, расчеты и итоговый результат, оформленный по шаблону.

Описательную и расчетную часть необходимо оформить в виде отдельного документа в формате Word или PDF.

Итоговый результат решения необходимо занести в Excel файл «шаблон.xls». При отсутствии заполненного файла Excel, работа автоматически отклоняется.

Решение оценивается по следующим критериям:

1. Полнота теоретического решения
2. Близость полученного решения к оптимальному
3. Оформление полученных результатов

Схему необходимо представить в виде таблицы следующим образом. Каждая линия задается одной строкой. Для линии указывается узел начала и узел конца. Номер узла соответствует номеру потребителя. Для питающей подстанции необходимо использовать номер 0. Далее приведены примеры заполнения таблицы для разобранных в задании схем.

Радиально-магистральная схема

	A	B	C	D
№				Состояние линии 1 - включена 0 - отключена
1		Узел 1	Узел 2	
2	1	0	1	1
3	2	1	2	1
4	3	1	3	1
5	4	1	4	1

Петлевая схема

	A	B	C	D
№				Состояние линии 1 - включена 0 - отключена
1		Узел 1	Узел 2	
2	1	0	1	1
3	2	0	2	1
4	3	1	3	1
5	4	2	4	1
6	5	3	4	0

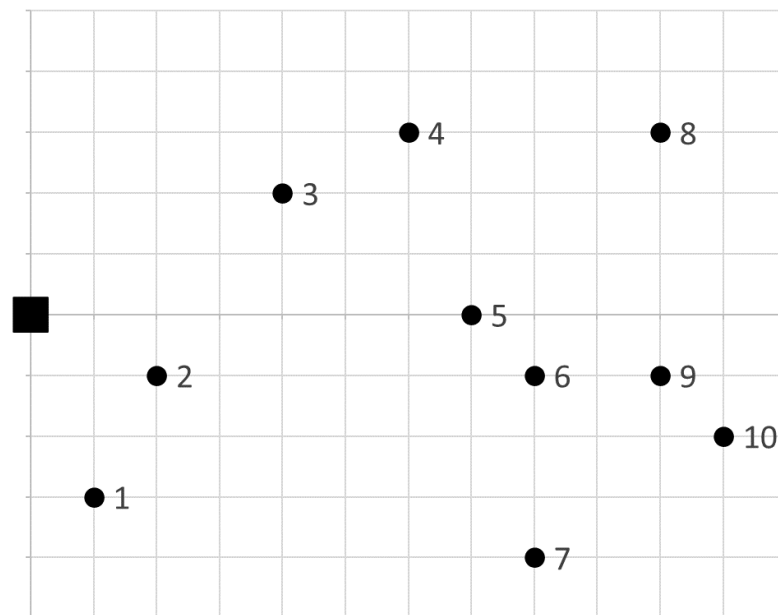
Двухлучевая схема

	A	B	C	D
№				Состояние линии 1 - включена 0 - отключена
1		Узел 1	Узел 2	
2	1	0	1	1
3	2	0	1	1
4	3	1	2	1
5	4	1	2	1
6	5	2	3	1
7	6	2	3	1
8	7	3	4	1
9	8	3	4	1

ЗАДАНИЕ

ВАРИАНТ 2

Планируется сооружение распределительной электрической сети. На рисунке показано расположение питающей подстанции и узлов нагрузки. Питающая подстанция обозначена квадратом, узлы нагрузки точками. Шаг координатной сетки по вертикали и горизонтали составляет 500 метров. Для обеспечения электроснабжения потребителей все узлы нагрузки должны быть присоединены к питающей подстанции.



Линии электропередачи не идеальные и иногда повреждаются. Это может приводить к отключениям потребителей и нарушению электроснабжения. Одинаковый по времени перерыв электроснабжения для разных потребителей приводит к различному ущербу.

Более надежные схемы электроснабжения требуют больших капиталовложений. В менее надежных схемах больший ущерб от нарушений электроснабжения.

В этом задании необходимо выбрать оптимальную схему электроснабжения, обеспечив баланс между капиталовложениями и ущербом от нарушений электроснабжения.

Надежность электроснабжения

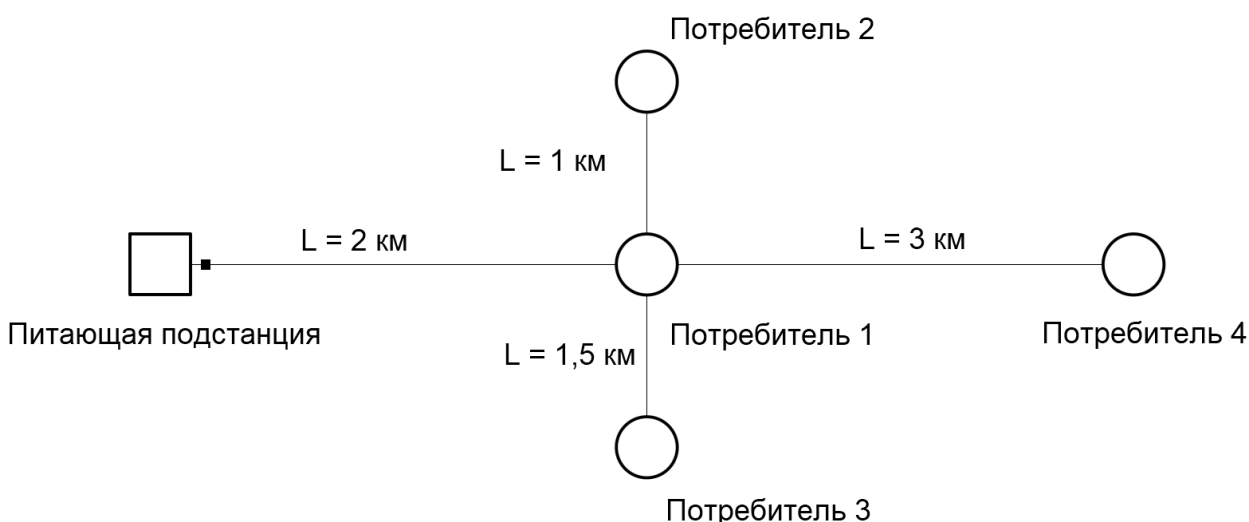
Будем считать, что повреждаться могут только линии электропередачи. Это допущение достаточно справедливое, поскольку в реальных электрических сетях эти элементы отключаются наиболее часто. Это связано с тем, что линии имеют большую длину и наиболее подвержены различным внешним воздействиям. Надежность элемента сети определяется двумя основными показателями: частота отключения и время восстановления.

Частота отключения обозначается λ и задается удельной величиной. В этом задании удельная частота отключения всех линий 0,1 раз в год на км. Это можно понимать так, линия длиной 1 км отказывает в среднем 1 раз в 10 лет. Количество отказов прямо пропорционально длине линии. Для того, чтобы определить частоту отключений линии произвольной длины, надо ее длину умножить на удельную частоту отключений. Например, частота отключений линии длиной 5 км составляет $\lambda = 5 \cdot 0,1 = 0,5$ раз в год.

После того как линия отказала, ремонтная бригада приезжает на место повреждения и выполняет ремонт. В этом задании будем считать, что время прибытия на место повреждения составляет 1 час, время ремонта 5 часов.

Таким образом, после повреждения линия находится в неработоспособном состоянии $1 + 5 = 6$ часов. Это означает, что через линию невозможно передавать электроэнергию, и все потребители, находящиеся за местом повреждения, не получают электроэнергию в течение этого времени.

Рассмотрим в качестве примера приведенную ниже схему.



В распределительных сетях выключатель располагается на питающей подстанции. Это означает, что при отказе любой линии отключается вся сеть. Например, произошло повреждение на линии, соединяющей потребителей 1 и 3, обозначим ее (1-3). При повреждении линии 1-3 срабатывает выключатель

на питающей подстанции и отключаются все потребители. За 1 час ремонтная бригада приезжает на место повреждения и отключает поврежденную линию. После этого включают выключатель на питающей подстанции и электроснабжение потребителей 1, 2, 4 восстанавливается. Потребитель 3 не получает электроэнергию, поскольку линия 1-3 повреждена. За 5 часов выполняют ремонт этой линии и восстанавливают электроснабжение потребителя 3. Таким образом, при отказе линии 1-3 потребители 1, 2, 4 отключаются на 1 час, а потребитель 3 – на 6 часов.

Частота отключения линии 1-3 составляет $\lambda_{1-3} = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15$ раз в год. Средняя продолжительность перерыва электроснабжения потребителя в год определяется как произведение частоты отключений и продолжительности каждого отключения. Из-за повреждений линии 1-3 средний перерыв электроснабжения в год составляет для 1, 2, 4 потребителей 0,15 часов; для потребителя 3 – 0,9 часа.

Расчет удобно проводить в форме таблицы

	Линии				Σ	
	П-1	1-2	1-3	1-4		
Длина, км	2	1	1,5	3	-	
λ , раз в год	0,2	0,1	0,15	0,3	-	
Время восстановления электроснабжения (часов)						
Потребители	1	6	1	1	1	-
	2	6	6	1	1	-
	3	6	1	6	1	-
	4	6	1	1	6	-
Средняя продолжительность перерыва электроснабжения (часов в год)						
Потребители	1	1,2	0,1	0,15	0,3	1,75
	2	1,2	0,6	0,15	0,3	2,25
	3	1,2	0,1	0,9	0,3	2,5
	4	1,2	0,1	0,15	1,8	3,25

Общая продолжительность перерыва электроснабжения для потребителя определяется как сумма продолжительностей перерыва электроснабжения от повреждений всех линий.

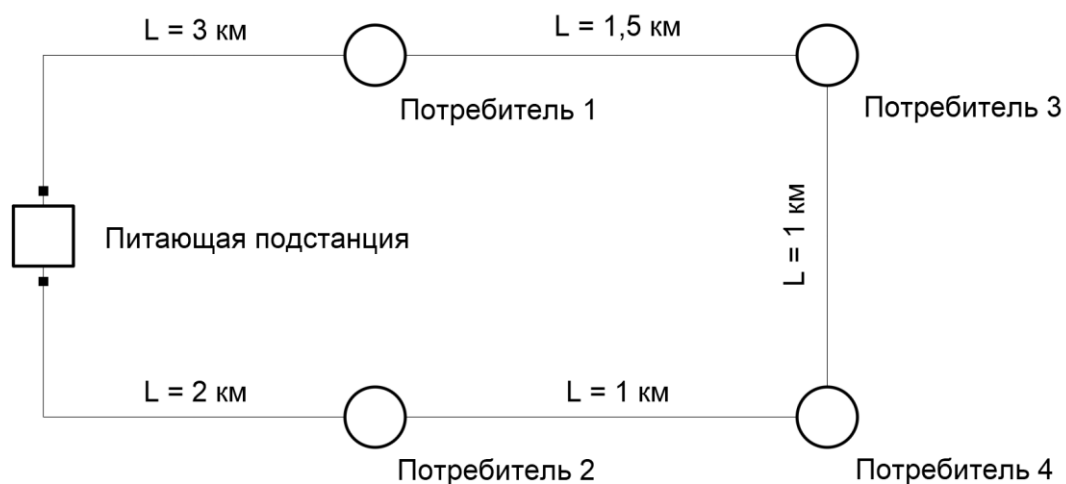
На основе общей продолжительности перерыва электроснабжения определяется ущерб. Пусть удельный ущерб для потребителей 1, 2, 3, 4 составляет соответственно 200, 300, 100, 150 тыс. рублей за час. Тогда для первого потребителя годовой ущерб составит $200 \cdot 1,75 = 350$ тыс. руб.; для второго $300 \cdot 2,25 = 675$ тыс. руб. Для остальных потребителей расчет аналогичный.

Схемы электроснабжения

Выделяют три основные схемы электроснабжения: радиально-магистральная, петлевая и двухлучевая. Рассмотрим их более подробно

Радиально - магистральная схема была показана в качестве примера в предыдущем разделе. В такой схеме от питающей подстанции отходит одна линия. Далее потребители могут соединяться последовательно, либо линии могут разветвляться. Между собой линии соединяются только в узлах нагрузки. При повреждении линии, потребители, расположенные за линией, отключаются на время прибытия ремонтной бригады и время ремонта; потребители, расположенные перед поврежденной линией, отключаются на время до прибытия ремонтной бригады.

Петлевая схема показана на рисунке ниже.



В этом случае от питающей подстанции отходит две линии. Потребители последовательно подключаются к линиям, так что они образуют петлю или кольцо. В такой схеме любой потребитель может получать электроэнергию с двух сторон. При повреждении линии также отключается выключатель на питающей подстанции и электроснабжение потребителей можно восстановить только через время прибытия ремонтной бригады. Чтобы при повреждении линии отключались не все потребители схемы, схема работает в разомкнутом режиме. Это означает что одна из линий петлевой схемы в нормальном режиме отключена. Пусть в рассматриваемом примере отключена линия 3-4. Тогда потребители 1 и 3 получают электроэнергию от верхней линии, потребители 2 и 4 – от нижней. Если повреждается линия 1-3 отключается верхний выключатель и потребители 1 и 3 не получают электроэнергию. Потребители 2 и 4 по-прежнему работают в нормальном режиме. Ремонтная бригада после прибытия на место повреждения отключает линию 1-3 и включает линию 3-4. После этого электроснабжение потребителей 1 и 3 восстанавливается. Таким образом, в петлевой схеме потребители не отключаются более чем на 1 час.

Для этой схемы таблица расчета средней продолжительности перерыва электроснабжения приведена ниже

	Линии					Σ
	П-1	1-2	1-3	1-4		
Длина, км	3	2	1,5	1		-
λ , 1/год	0,3	0,2	0,15	0,1		-
Время восстановления электроснабжения (часов)						
Потребители	1	1	0	1	0	-
	2	0	1	0	1	-
	3	1	0	1	0	-
	4	0	1	0	1	-
Средняя продолжительность перерыва электроснабжения (часов в год)						
Потребители	1	0,3	0	0,15	0	0,45
	2	0	0,2	0	0,1	0,3
	3	0,3	0	0,15	0	0,45
	4	0	0,2	0	0,1	0,3

Двухлучевая схема показана на рисунке ниже.



От питающей подстанции отходит две параллельные линии, которые идут к одному потребителю. Затем параллельными линиями последовательно соединяются все потребители. Такая схема значительно более надежная, чем две предыдущие, но и более дорогая. В этом задании будем считать, что при такой схеме у потребителей не происходят перерывы электроснабжения.

При решении задания можно комбинировать схемы между собой. От питающей подстанции может отходить любое количество линий.

Линии электропередачи

При составлении схемы необходимо выбрать количество и расположение линий электропередачи. Все линии одинаковые и различаются только по длине. Длина определяется по прямой между узлами нагрузки или питающей подстанцией и узлом нагрузки. Параллельно проложенные линии считаются как две отдельные линии. Между собой линии можно соединять только в узлах нагрузки, разветвление линий в любых других местах недопустимо.

Выключатели устанавливаются только на питающей подстанции. Установка дополнительных выключателей в сети не допускается.

Стоимость сооружения и эксплуатации 1 километра линии приведена к одному году и составляет 100 тыс. рублей.

Стоимость сооружения одного км ЛЭП, приведенная к одному году – это сумма, которую необходимо вкладывать каждый год в течение срока окупаемости, чтобы компенсировать затраты на строительство.

Чтобы определить приведенную стоимость строительства и эксплуатации ЛЭП протяженностью 5 км, необходимо 100 тыс. рублей умножить на 5. Получим 500 тыс. руб.

Проектирование распределительной сети

Затраты на сооружение и эксплуатацию электрической сети складываются из капиталовложений в строительство, издержек на эксплуатацию и компенсации ущерба от нарушения электроснабжения. Основной задачей оптимального проектирования распределительной сети является минимизация затрат.

$$Z = K + И + У \rightarrow \min$$

Для линий заданы объединенные значения капиталовложений и издержек, приведенные к одному году ($K + И$). Ущерб зависит от выбранной схемы электроснабжения и рассчитывается описанным выше способом.

Исходные данные

В этом разделе перечислены все необходимые исходные данные для выполнения работы.

Схема расположения узлов нагрузки и питающей подстанции показана на первой странице.

Удельная частота отключения линий λ составляет 0,1 раз в год на км.

Стоимость сооружения и эксплуатации 1 километра линии, приведенная к одному году, составляет 100 тыс. рублей.

Удельный ущерб от нарушения электроснабжения продолжительностью 1 час приведен для всех потребителей в таблице ниже

Потребитель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Удельный ущерб, тыс. руб. / час	750	400	600	400	100	200	600	800	300	200

Задание

Для заданного расположения узлов нагрузки и питающей подстанции необходимо расположить линии электропередачи таким образом, чтобы все узлы нагрузки были присоединены к питающей подстанции. При этом

необходимо добиться минимальных годовых затрат на сооружение и эксплуатацию электрической сети с учетом ущербов от нарушения электроснабжения. Расчеты капиталовложений и ущербов выполняются для периода 1 год. Результаты должны быть представлены в соответствии с требованиями по оформлению. При решении задания допустимо пользоваться любыми доступными средствами вычисления.

Комментарий к заданию

Принципы построения электрической сети представлены в задании в сильно упрощенном виде. Реальное проектирование электрических сетей несколько отличается от описанного в задании. Тем не менее, при решении этого задания необходимо руководствоваться только приведенным здесь инструкциями.

Формальное решение этой задачи и ее полное математическое описание сильно выходят за рамки школьной программы. Полный перебор всех возможных вариантов также нереалистичен. Возможных вариантов очень много и расчет их всех без программирования крайне трудоемкий и длительный процесс.

Рекомендуется проанализировать задание и сформулировать принципы, по которым целесообразно строить электрическую сеть. На основе этих принципов собрать несколько вариантов сети и сравнить их между собой.

Требования по оформлению

Присылаемые материалы должны содержать теоретическое описание решения задачи, расчеты и итоговый результат, оформленный по шаблону.

Описательную и расчетную часть необходимо оформить в виде отдельного документа в формате Word или PDF.

Итоговый результат решения необходимо занести в Excel файл «шаблон.xls». При отсутствии заполненного файла Excel, работа автоматически отклоняется.

Решение оценивается по следующим критериям:

1. Полнота теоретического решения
2. Близость полученного решения к оптимальному
3. Оформление полученных результатов

Схему необходимо представить в виде таблицы следующим образом. Каждая линия задается одной строкой. Для линии указывается узел начала и узел конца. Номер узла соответствует номеру потребителя. Для питающей подстанции необходимо использовать номер 0. Далее приведены примеры заполнения таблицы для разобранных в задании схем.

Радиально-магистральная схема

	A	B	C	D
№				Состояние линии 1 - включена 0 - отключена
1		Узел 1	Узел 2	
2	1	0	1	1
3	2	1	2	1
4	3	1	3	1
5	4	1	4	1

Петлевая схема

	A	B	C	D
№				Состояние линии 1 - включена 0 - отключена
1		Узел 1	Узел 2	
2	1	0	1	1
3	2	0	2	1
4	3	1	3	1
5	4	2	4	1
6	5	3	4	0

Двухлучевая схема

	A	B	C	D
№				Состояние линии 1 - включена 0 - отключена
1		Узел 1	Узел 2	
2	1	0	1	1
3	2	0	1	1
4	3	1	2	1
5	4	1	2	1
6	5	2	3	1
7	6	2	3	1
8	7	3	4	1
9	8	3	4	1