

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. РАЗЗАКОВА**

ТОКМОКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электроэнергетика»

«ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

**Рабочая программа курса, контрольное задание и методические
указания к выполнению контрольной работы для студентов дистантной
формы обучения по направлению 551700 «Электроэнергетика»**

Бишкек 2010

«Рассмотрено»
на заседании кафедры
«Электроэнергетика»
Протокол № от 15.02.10.

«Одобрено»
Учебно-методическим
Советом ТТИ КГТУ
Протокол № от

УДК 621.311.

Составители: ОСМОНАЛИЕВ К.Б.; САБИЛОВА Г.С.

Оптимизация систем электроснабжения: Рабочая программа, контрольное задание и методические указания к выполнению контрольной работы для студентов дистантной формы обучения направления 551700 «Электроэнергетика» ТТИ КГТУ им.И.Раззакова; Составители: Осмоналиев К.Б.; Сабиллова Г.С., 2010-страниц.

Излагается рабочая программа курса, основные сведения к выполнению контрольной работы и задание на контрольную работу.

Таблицы, иллюстрация, библиографический список наименований.

Рецензент проф. КГТУ Кадыркулов С.С.

Введение

Проблема оптимизации параметров и режимов систем передачи и распределения электроэнергии весьма сложно и многогранна. Задачи оптимизации параметров объектов приходится решать на стадии проектирования развития или реконструкции электрической сети. Текущая оптимизация режимов осуществляется при эксплуатации сети.

В условиях эксплуатации задачи оптимизации принципиально отличаются от проектных задач тем, что поиск наилучшего режима производится без дополнительных затрат. Поэтому в качестве наиболее общего критерия оптимизации выступают ежегодные издержки.

В любом случае для оптимизации параметров предварительно должен быть выбран критерий оптимизации. При наиболее общем подходе обычно в качестве показателя эффективности решений выступает ни один, а несколько критериев, т.е. приходится решать многокритериальную задачу. Например, в качестве критериев могут выступать капитальные затраты, потери электроэнергии, пропускная способность сети, степень надежности электроснабжения, степень воздействия на окружающую среду. В простейшем случае многокритериальная задача сводится к однокритериальной, в которой оптимизация параметров объекта осуществляется по одному критерию, принятому за главный, а остальные критерии учитываются в виде ограничений.

1. Цели и задачи дисциплины.

Целью изучения курса « Оптимизация систем электроснабжения » является формирование теоретических знаний студентов, в области оптимизации параметров и режимов систем электроснабжения.

Задачей изучения дисциплины является освоение студентами научных основ оптимизации параметров и режимов достижения требуемого технического эффекта (необходимых пропускной способности, надежности электроснабжения, качества напряжения и т.п.) с минимально возможными затратами, выборе самых рациональных решений и выборе наилучших параметров этих решений.

Изучая дисциплину студент должен освоить наиболее важных путей направленных на оптимизацию параметров и режимов систем электроснабжения, связанных с улучшением параметров и реализуемых на стадии проектирования, реконструкции, модернизации систем электроснабжения.

Изучение дисциплины базируется на предыдущих : » Производство электрической энергии», « Электропитающие системы и сети », « Моделирование систем электроснабжения» , « Математические задачи электроэнергетики ».

2. Общие указания.

Перед тем, как приступить к выполнению контрольной работы студент должен изучить соответствующий раздел курса с учетом методических указаний и рекомендуемой литературы. В контрольной работе должны быть приведены задание, исходные данные по варианту и краткое описание тем согласно варианту. Вариант выбирается по последней цифре, шифра или номер зачетной книжки студента.

Выполненные контрольные работы зачитываются только после собеседования студента с преподавателем, рецензирующим работы. Решение задач должны сопровождаться достаточно подробно пояснениями. Необходимые параметры и основные технические данные берутся со справочников.

Контрольная работа, в которой задание и исходные данные не соответствует заданному варианту, не рецензируется.

3. Рабочая программа курса.

Содержание лекционных занятий:

1. Особенности работы электрооборудования: факторы влияющие на экономичность работы оборудования и в целом СЭС; влияния показателей качества электроэнергии на экономические показатели СЭС и технологического процесса.

2. Случайные события и случайные величины применительно к показателем качества электроэнергии. Математическое ожидание и дисперсия, плотность распределения.
3. Требуемая продолжительность записи параметра, шаг квантования, определение статистических нагрузок: математического ожидания, дисперсии, среднеквадратичное отклонение, коэффициент корреляции.
4. Определение нормативов качества электроэнергии по ГОСТ 13109-87, влияние электромагнитных помех на работу электрооборудования. Экспериментальное получение статистических отклонений напряжения.

Содержание лабораторных работ:

- 1) Определение основных показателей графиков нагрузки потребителей с применением методов математической статистики.
- 2) Анализ структуры и составление энергобаланса промышленного предприятия.
- 3) Определение определенного уровня напряжения в характерных точках электрической сети.

Разделы выносимые на самостоятельную работу:

1. Обоснование удельных норм технико-экономических показателей.
2. Технико-экономическое обоснование уровня напряжения.
3. Определение определенного уровня напряжения в характерных точках электрической сети.
4. Технико-экономическое обоснование мероприятий по улучшению режимных параметров.
5. Технико-экономическое обоснование мероприятий по улучшению качества электроэнергии.
6. Технико-экономическое обоснование мероприятий по СЭС.
7. Математическая модель оптимизации параметров режима СЭС.
8. Оптимизация режимов генерирования и распределения мощностей.
9. Определение оптимальных уровней напряжения в характерных точках сети.

4.Контрольные вопросы.

1. Дайте характеристику потребителей ЭЭ в отношении требований к надежности ЭС, режимов работы, мощности нагрузки и ущербов от перерывов питания.
2. Приведите характерные схемы распределения ЭЭ на предприятиях с различными режимами работы, мощности нагрузки и потребляемых видов энергоносителей.
3. Какова зависимость ущерба различных предприятий от частоты и длительности перерывов ЭС?
4. Какие факторы влияют на изменения и ухудшения качества ЭЭ в СЭС промышленных предприятий?
5. Что такое технологическая составляющая ущерба от перерывов ЭС?
6. Какие параметры СЭС нужно изучать и оптимизировать?
7. Почему решения вопросов выбора ЭС нельзя решать в отрыве от технологических режимов производства?
8. Какие особенности потребления СЭС предприятий имеются и как они отражаются при выборе схем?
9. Перечислите рабочее напряжение в СЭС существующих промышленных предприятий, в чем заключается преимущество напряжений 0,66 и 10кВ перед напряжениями соответственно 0, 4, 3 и 6кВ?
10. Что такое статистические характеристики параметров ЭЭ, для чего нужно изучать особенности изменения во времени U , I , P , Q и других величин?
11. Приведите пример применения некоторых положений теории вероятностей и математической статистики для анализа изменения параметров ЭЭ.
12. Что такое дискретные и случайные величины применительно к изменению параметров ЭЭ?
13. Какие продолжительности рекомендуются при изменений отклонений U и других параметров ЭЭ в зависимости от режима работы предприятий?
14. Как определяется мат ожидание, среднее арифметическое значение, дисперсия, мат ожидание квадрата случайной величины и среднеквадратичное отклонение? Что понимается под каждой из этих величин?

15. Для известных сезонных графиков нагрузки как определяются числовые характеристики (по материалам практических занятий)?
16. Как определяются баланс энергии по предприятию при известных показателях расхода ЭЭ по отдельным технологическим процессам производства (по материалам практических занятий)?
17. Что является основным критерием при оптимизации режимов генерирования и распределение мощностей?
18. Из каких составляющих минимизируемые приведенные затраты при оптимизации режима работы сети?
19. Запишите и объясните условие целесообразности передачи реактивной мощности от энергосистемы.
20. Как определяется предельные расстояния (сопротивление), на которое экономически оправдана передача реактивной мощности, не прибегая к установке компенсирующих устройств на месте?
21. Как запишется условие оптимальности напряжение для типовой схемы ЭС состоящей из m узлов?
22. Из каких условий выбирается оптимальная степень использования генераторов собственной ТЭЦ крупных предприятий?
23. Как определяется математическое ожидание коэффициента реактивной мощности $M(\operatorname{tg} \varphi)$ каждого фидера ТЭЦ с использованием выражение для вычисления?
24. Как определяется математическое ожидание потерь напряжение в элементе сети с активным сопротивлением r и реактивным сопротивлением x ?
25. Как определяется коэффициент заполнения суточного графика активной ($K_{зр}$) и реактивной ($K_{зq}$) нагрузки, а также среднесуточный коэффициент мощности ($\operatorname{tg} \varphi_{cp}$)?
26. По каким условиям должно определяться наивыгодное (оптимальное) значение коэффициента мощности $\operatorname{tg} \varphi$?
27. Какие применяются методы выравнивание графиков электрических нагрузок, в чем заключается необходимость такого выравнивания (регулирование) ?

28. Что такое потребители-регуляторы и как они применяются при управлении нагрузкой электросистемы, в чем выгода от их применения?
29. На сколько родов классифицируются потребители-регуляторы по режиму работы?
30. Как определяется экономическая целесообразность перевода потребителей в режим потребителя-регулятора?
31. Как планируется потребная мощность предприятия с учетом потребителя-регулятора?
32. Как понимаете, оптимальный уровень напряжения, каким условиям он должен отвечать?
33. Что такое отклонение и колебание напряжений?
34. Как определяется коэффициент несимметрии напряжений в 3-х фазной сети, почему нежелательно несимметрия напряжений?
35. Как определяется коэффициент несинусоидальности напряжений?

5.Задание на контрольную работу.

Задание 1. Найти оптимальную точку размыкания электрической сети с двухсторонним питанием.(рис.1.) в режиме наибольших нагрузок напряжения по концам сети $V_1=V_2$. Оптимизацию осуществить по критерию минимума суммарных потерь активной мощности.

Исходные данные мощности в узлах нагрузки и активные сопротивления участков сети приведены в таблице 1.

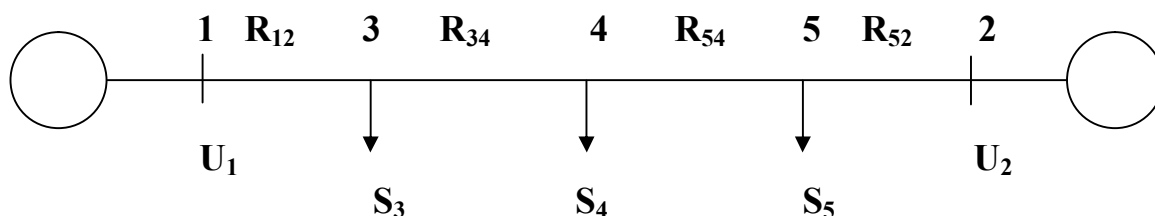


Рис.1.

Таблица 1.

№ В-Та	$S_3, \text{МВ}\cdot\text{А}$	$S_4, \text{МВ}\cdot\text{А}$	$S_5, \text{МВ}\cdot\text{А}$	$R_{13}, \text{Ом}$	$R_{34}, \text{Ом}$	$R_{54}, \text{Ом}$	$R_{52}, \text{Ом}$	$V_1=V_2$
1	5,0+j4,0	4,0+j3,0	3,0+j2,0	3,5	5,2	2,3	6,5	10кВ
2	7,0+j5,0	5,0+j4,0	4,0+j2,0	4,2	5,7	3,5	7,2	35кВ
3	6,0+j4,0	5,0+j3,0	3,0+j2,0	3,7	4,5	1,5	5,5	6кВ
4	8,0+j7,0	6,0+j5,0	4,0+j2,0	5,0	6,5	2,3	7,2	35кВ
5	6,0+j5,0	4,0+j3,0	3,0+j2,0	4,0	5,5	2,0	6,0	10кВ
6	7,0+j6,0	5,0+j4,0	4,0+j2,0	3,0	4,5	2,3	5,5	6кВ
7	5,0+j3,0	5,0+j2,0	3,0+j2,0	4,5	6,0	3,0	7,0	35кВ
8	8,0+j6,0	7,0+j5,0	5,0+j3,0	2,5	4,5	1,5	6,2	10кВ
9	7,0+j4,0	6,0+j3,0	4,0+j2,0	2,0	4,0	1,0	6,0	6кВ
10	6,0+j4,0	4,0+j2,0	3,0+2,0	2,7	4,5	2,0	6,5	35кВ

Методические указания и рекомендации к выполнению

Экономическое распределение мощностей соответствует потокораспределению (токораспределению) в сети, содержащей только активные сопротивления. Находим его, используя контурное уравнение в виде :

$$\sum_{ij=1}^n I_{ij} R_{ij} = 0 \text{ или полагая, что напряжения во всех узлах сети равны } \sum_{ij=1}^n S_{ij} R_{ij} = 0$$

(1)

где S_{ij} и R_{ij} – поток мощности и сопротивление участка ij .

Представим схему по рис 1 с модулями мощностей в узлах (рис 2).

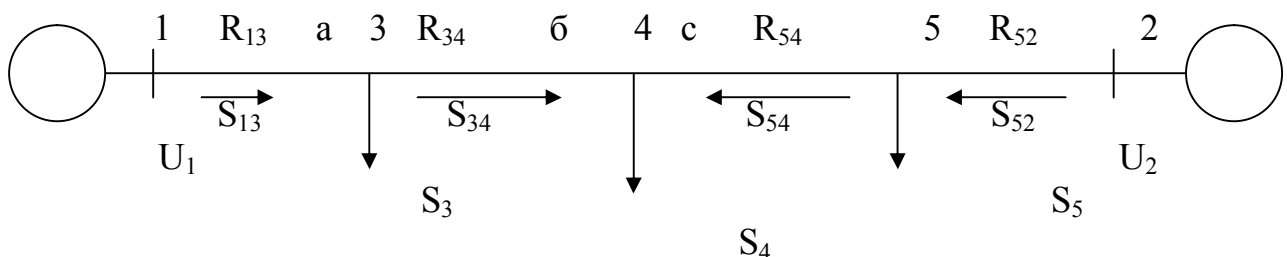


Рис. 2.

Тогда уравнение (1) можно записать через поток мощности на участке 13.

$$S_{13} \cdot R_{13} + (S_{13} - S_3) \cdot R_{34} + (S_{13} - S_3 - S_4) \cdot R_{54} + (S_{13} - S_3 - S_4 - S_5) \cdot R_{52} = 0.$$

Отсюда найдем S_{13} .

Используя первый закон Кирхгофа для узлов 3,4,5 найдем потоки мощности на всех участках сети без учета потерь мощности (рис 2). Например, поток мощности $S_{34} = S_{13} - S_3$, далее определим потоки мощности на остальных участках. Электрическую сеть (рис 2) можно разомкнуть в точках a,b,c,d. В зависимости от точки размыкания узлы 3,4 и 5 будут получать питание от узла 1 или от узла 2.

Для заданной схемы сети наилучшим местом размыкания по критерию минимума потерь мощности является точка потокораздела 4. Но она питается с двух сторон. Поэтому логично разомкнуть сеть на участке с меньшим потоком мощности, примыкающим к узлу 4, т.е. в точке С. При этом будет наименьшее изменение потокораспределения по сравнению с полученным экономичным распределением.

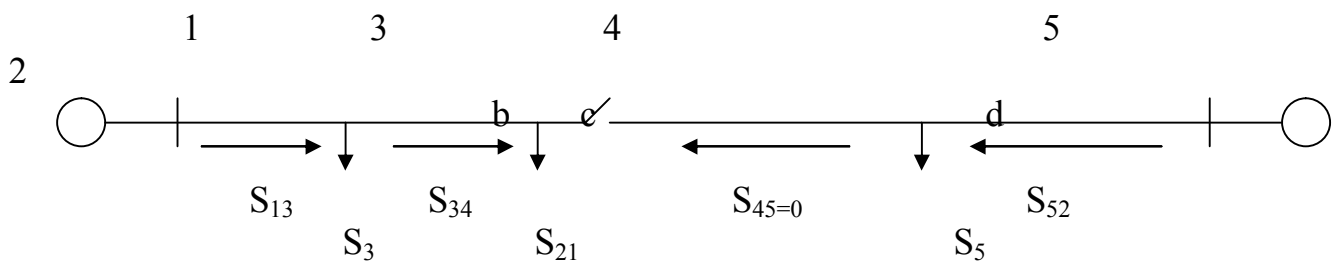


Рис.3.

Тогда $S_{13} = S_3 + S_4$

В этой разомкнутой схеме потоки мощности находятся однозначно. По ним находим суммарные потоки мощности в сети:

$$\Delta P_c = \sum_{i,j=1}^m \frac{S_{ij}^2}{U^2} \cdot R_{ij} = \frac{1}{U_H^2} (S_{13}^2 \cdot R_{12} + S_4^2 \cdot R_{34} + S_5^2 \cdot R_{52}) \text{ МВт}$$

Проверим, действительно ли точка С является наилучшим местом размыкания сети. Для этого поочередно разомкнем сеть в точках b, a, и d.

При размыкании сети в точке b получим схему (рис 4), где указано потокораспределение.

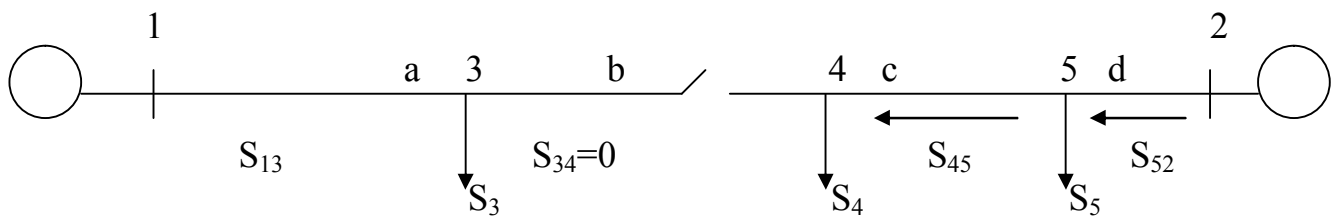


Рис.4

В этом случае потери мощности будут равны

$$\Delta P_B = \frac{1}{U_n^2} (S_{13}^2 \cdot R_{12} + S_4^2 \cdot R_{54} + S_{52}^2 \cdot R_{52}) \text{ МВт,}$$

где $S_{52} = S_{45} + S_5$.

Сравним значение потери мощности при размыкании точек с и b.

Аналогичные расчеты сделаем при размыкании точек в точке a и b точке

d.

Определим потери мощности в точках размыкания:

$$\Delta P_a = \frac{1}{U_n^2} (S_{34}^2 \cdot R_{34} + S_{45}^2 \cdot R_{54} + S_{52}^2 \cdot R_{52})$$

где $S_{45} = S_{52} - S_5$

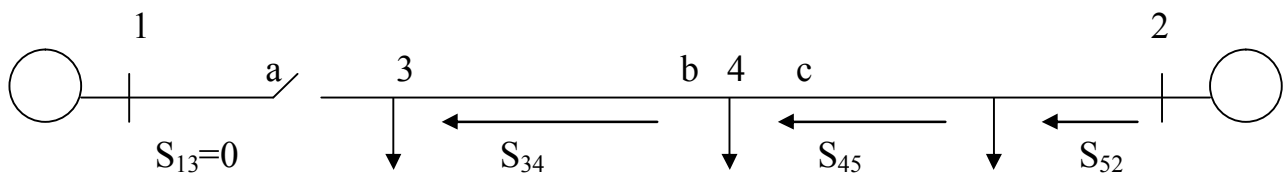


Рис.5

$$\Delta P_d = \frac{1}{U_n^2} (S_{13}^2 \cdot R_{13} + S_{34}^2 \cdot R_{34} + S_{45}^2 \cdot R_{54})$$

где $S_{13} = S_3 + S_{34}$; $S_{34} = S_4 + S_{45}$

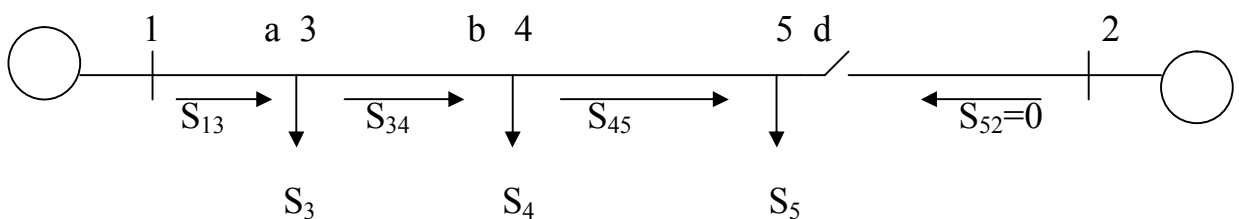


Рис.6

Сравнить получение результата потери мощности в точках размыкания сети a,b,c,d.

Определить по критерию минимума потерь мощности оптимальную точку размыкания сети.

Задача №2. В конце трехфазной распределительной линии с нулевым проводом номинальным напряжением $U_n=0,4\text{кВ}$ и длиной $L(\text{М})$, питающейся от трансформаторной подстанции 10/0,4кВ, подключена несимметричная нагрузка по фазам IА, IВ, IС. Фазные провода выполнены маркой А.

Требуется определить изменение потерь активной мощности в линии, если при неизменной передаваемой мощности выровнять нагрузку по фазам.

Исходные данные:

Таблица 2

вар/ данные	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I_A	20	10	15	30	25	15	20	25	30	10
I_B	15	20	25	15	20	10	10	15	25	15
I_C	25	15	10	15	15	20	15	30	15	20
Марка провода	3·50 1·25	3·16 1·25	3·25 1·16	3·50 1·35	3·25 1·50	3·35 1·50	3·35 1·25	3·35 1·16	3·16 1·10	3·25 1·10
L,М	500	400	350	450	200	300	250	350	400	300

Методические указания к выполнению.

Определим полную мощность при неравномерной нагрузке фаз:

$$S_H = U_{\Phi} I_A + U_{\Phi} I_B + U_{\Phi} I_C$$

Определить мощность передаваемую при среднем равномерном по фазам.

$$I_{cp} = (I_A + I_B + I_C) / 3$$

$$S_P = 3 U_{\Phi} I_{cp}$$

Из справочника находим удельные активные сопротивления фазного и нулевого проводов для заданных марок. $R_{0\Phi}$, R_{0H} . Находим значение сопротивлений при длине $L(M)$.

$$R_{\Phi} = R_{0\Phi} \cdot L; \quad R_H = R_{0H} \cdot L;$$

Определим квадрат коэффициента неравномерности $N^2 = \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3I_{cp}^2}$

Определяется коэффициент увеличения потерь мощности для четырех проводной линии.

$$K_g = N^2 \cdot \left(1 + 1,5 \frac{R_H}{R_{\Phi}}\right) - 1,5 \frac{R_H}{R_{\Phi}};$$

Потери мощности при неравномерной нагрузке фаз $\Delta P_H = 3 R_g I_{CP}^2 R_{\Phi}$ а при равномерной нагрузке фаз $\Delta P_P = 3 I_{CP}^2 R_{\Phi}$

Определим снижение потерь мощности за счет выравнивания нагрузки по фазам: $\delta P = \Delta P_H - \Delta P_P$

Задача №3. Система электроснабжения питается по двух цепной воздушной линии U_H , кВ. и длиной L (км), выполненной маркой провода АС. Годовой график активной нагрузки по продолжительности представлен на рис.7, где значение t_1 , t_2 , t_3 даны в таблице 3. Коэффициент мощности нагрузки в течение года не изменяется и составляет $\cos \varphi = 0,9$.

Определить годовое снижение потерь электроэнергии в линии при неизменной нагрузке потребителя в течение года и той же передаваемой электроэнергии.

Исходные данные:

Таблица 3

вар / данные	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_H(\text{кВ})$	35	110	10	35	110	220	35	110	35	220
$L(\text{кВ})$	30	40	20	35	45	50	25	35	40	50
Марка провода	АС-50	АС-95	АС-35	АС-70	АС-120	АС-150	АС-70	АС-95	АС-50	АС-120
$t_1, \text{час}$	2500	2000	2750	2580	2400	3000	2100	2600	2200	2300
$t_2, \text{час}$	5200	4700	4800	4640	4400	5600	4500	4900	4760	4840
$t_3, \text{час}$	3000	2100	2300	2260	2340	2900	2160	2200	2240	2360

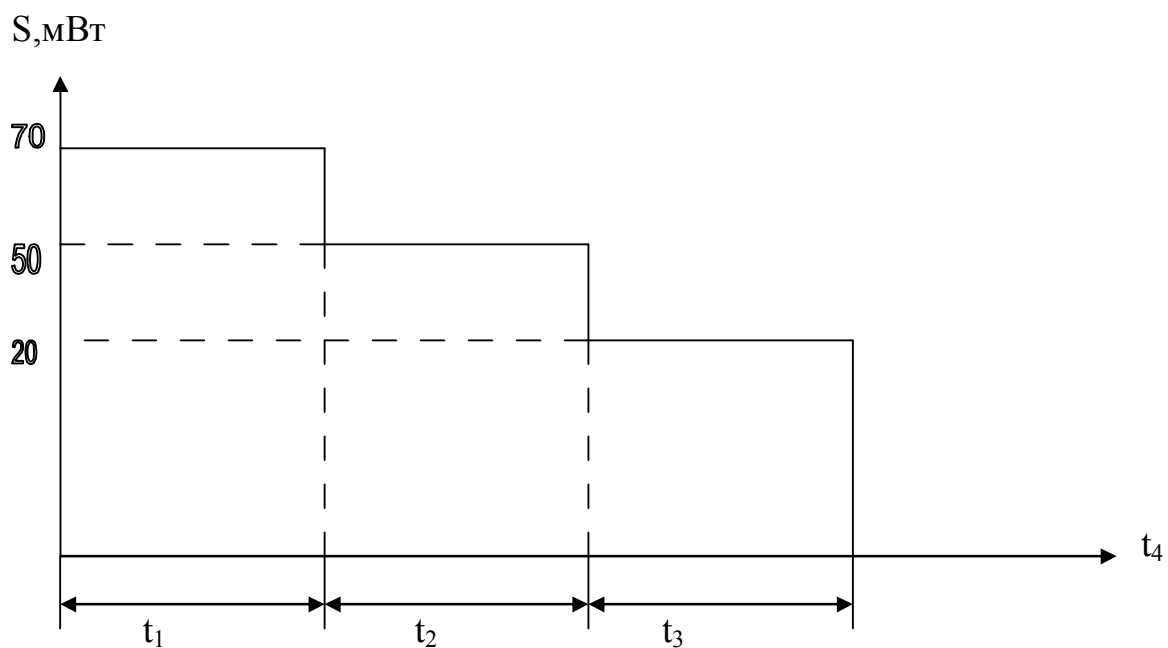


Рис.7

Годовой график нагрузки по продолжительности.

Методические указания к выполнению.

Находим значение активного сопротивления для заданных параметров линии R .

Определим годовые потери электроэнергии при режиме работы линии в соответствии с графиком нагрузки по продолжительности.

$$\Delta W = \frac{P_1^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R t_1 + \frac{P_2^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R t_2 + \frac{P_3^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R t_3; \quad \text{мВт}\cdot\text{ч}$$

Мотивацией к выравниванию графика нагрузки может служить дифференцированный тариф на потребляемую электроэнергию, когда он в часы максимума нагрузки энергосистемы устанавливается повышенным, а в часы минимума – пониженным.

Определим среднюю нагрузку в течение года, позволяющую передать ту же электроэнергию

$$P_{cp} = P_1 - P_2 = P_2 - P_3, \quad \text{мВт.}$$

Находим годовые потери электроэнергии

$$\Delta W_{cp} = \frac{P_{cp}^2}{U^2 \cos^2 \varphi} \cdot R \cdot 8760; \quad \text{мВт}\cdot\text{ч.}$$

Следовательно, снижение потерь электроэнергии в линии при выравнивании графика нагрузки

$$\delta \Delta W = \Delta W - \Delta W_{cp}, \quad \text{мВт}\cdot\text{ч.}$$

Допустим, что энергосистема предлагает потребителю покупать электроэнергию при выровненном графике нагрузки по тарифу β_{cp} , а в максимум нагрузки – по тарифу $\beta_1 = 1,2\beta_{cp}$.

Определим издержки потребителя на покупку электроэнергии при выровненном графике нагрузки

$$I_{cp} = W_{cp} \beta_{cp} = P_{cp} \cdot 8760 \beta_{cp},$$

при работе по графику нагрузки, приведенному на рис. 7

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = P_1 \cdot t_1 \cdot 1,2\beta_{cp} + P_2 \cdot t_2 \beta_{cp} + P_3 \cdot t_3 \beta_{cp} = (P_1 + P_2) \cdot \beta_{cp} + P_3 \beta_3,$$

где β_3 - тариф при мощности P_3 в течение времени t_3 .

Приравнивая $n_{cp}=n$, найти граничное значение тарифа β_3 в режиме минимума, при котором потребитель при выполненном режиме работы

$$I_{cp} \cdot \beta_{cp} = (P_1 + P_2)\beta_{cp} + P_3\beta_3$$

Отсюда находим значение β_3 .

Изучите и опишите следующие темы согласно варианту.

Таблица 4.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№	1	2	3	4	10	11	12	13	14	15
№ темы	20	5	6	7	8	9	16	17	18	19

Перечень тем для изучения и описания

1. Задачи и критерии оптимизации
2. Подходы к оптимизации параметров протяженных электропередачи.
3. Оптимизация размещения средств компенсации реактивной мощности.
4. Выбор устройств для управления потоками мощности в замкнутых электрических сетях.
5. Оптимизация проектных решений в распределительных электрических сетях.
6. Основы оптимизации режимов системообразующей электрической сети.
7. Оптимизация режимов систем распределения электрической энергии.
8. Особенности проектирования и выполнения СЭС промышленных предприятий.
9. Статистические характеристики основных параметров электроэнергетики.
10. Определение статистических характеристик основных параметров электроэнергетики и нагрузки.
11. Нормирование качества электроэнергии и статистика его изменения.
12. Контроль показателей качества электроэнергии в действующих СЭС.

13. Техничко-экономическое обоснование мероприятий по улучшению режимных параметров.
14. Техничко-экономическое обоснование мероприятий по улучшению качества электроэнергии.
15. Техничко-экономическое обоснование мероприятий по СЭС.
16. Математическая модель оптимизации параметров режима СЭС.
17. Оптимизация режимов генерирования и распределения мощностей.
18. Определение оптимальных уровней напряжения в характерных точках сети.
19. Планово-оперативное управление нагрузкой электрооборудования.
20. Методы оперативного управления нагрузкой.

Литература

1. Козлов В.А. Городские распределительные электрические сети, Энергоиздат, М.1982.
2. Будзко И.А., Левин М.С., Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов, Агропромиздат, М.1985.
3. Козлов В.А., Файбисович Д.Л., Белик Н.И., Справочник по проектированию систем электроснабжения, энергоатомиздат, М. 1986.
4. Справочник по проектированию электрических сетей в сельской местности, под ред. Каткова П.А. и Франгуляна В.И., М. Энергия, 1980.
5. Тульчин И.К., Нудлер Г. И. Электрические сети жилых и общественных зданий, М. Энергоатомиздат, 1983.

Оптимизация систем электроснабжения

Рабочая программа курса, контрольное задание и методические указания к выполнению контрольной работы для студентов дистантной формы обучения направления 551700 «Электроэнергетика»

Составители: Осмоналиев К.Б.;

Сабилова Г.С.