

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «Современные проблемы электроэнергетики»
для студентов направления подготовки /специальности
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»,

Магистерская программа «Мониторинг и управление режимами электрических сетей на базе интеллектуальных информационно-измерительных систем и технологий»

Оглавление

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПАНИЙ	3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПАНИЙ	9
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ИГР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ ВЫРАБОТКИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СТАНЦИЯМИ	16
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА	28
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	29
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА НАКЛОНА И РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ РЯДАМИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ	32
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЛЭП	40
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. ПЛАНИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ	49
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	59
ЛИТЕРАТУРА	69

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПАНИЙ

Краткие теоретические сведения

Пусть заданы J сценариев (наборов) внешних условий, характеризующих неопределенность развития ЭЭС, а также K критериев оценки вариантов развития системы. Каждый сценарий может характеризоваться его вероятностью $p_j, j = \overline{1, J}$, оцениваемой экспертно. Формируются I вариантов развития ЭЭС, каждый из которых отражает свой состав мероприятий по развитию системы и свою стратегию их реализации. Далее выполняются исследования развития системы на множестве сценариев внешних условий по принятым критериям оценки. По результатам исследований формируются K матриц размера $I \times J$ вида

$$X^k = [x_{ij}^k], i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, k = \overline{1, K}, \text{ где } x_{ij}^k - \text{численная оценка } i - \text{го}$$

варианта развития по критерию k при условии реализации j -го сценария внешних условий.

Полученные численные оценки используются для решения задачи выбора.

Формальным аппаратом для этого являются многокритериальные функции полезности. Под функцией полезности понимается некоторая числовая функция U , определенная на множестве возможных исходов (в нашем случае вариантов), такая, что если исход (вариант) a не менее предпочтителен, чем исход (вариант) b , то $U(a) \geq U(b)$.

Построить единую функцию предпочтения для всех матриц X_k (значит, и для всех критериев) одновременно невозможно, так как элементы, составляющие матрицы, имеют разные единицы измерения и неизвестны

ценностные соотношения между критериями. Процесс нахождения многокритериальной функции полезности сводится к нахождению составляющих ее функций полезности для каждого критерия вида

$$u^k(x_{ij}^k), \quad k = \overline{1, K}, \quad \lambda^k, k = \overline{1, K},$$

, и оценке весов для сопоставления относительной важности критериев. Аддитивная функция полезности имеет вид

$$U_{ij} = \sum_{k=1}^K \lambda^k u^k(x_{ij}^k) \quad (1)$$

Для решения задачи выбора на основании многокритериальной функции полезности (1) необходимо определить отношение предпочтения для лица, принимающего решение (ЛПР). Вид отношения предпочтения зависит от характера учитываемых сценариев внешних условий и относительной значимости каждого из них для ЛПР.

Если в основе отношения предпочтения лежит вероятностная идеология, и, следовательно, оцениваются субъективные вероятности реализации сценариев внешних условий p_j , тогда, согласно положениям теории полезности, рекомендации по выбору варианта развития ЭЭС осуществляются исходя из расчета ожидаемой полезности каждого варианта в виде

$$E_i^p = \sum_{j=1}^J p_j U_{ij}, \quad i = \overline{1, I}, \quad (2)$$

где индекс p отражает вероятностную идеологию, заложенную в отношения предпочтения. Тот вариант, численная оценка ожидаемой полезности которого выше, является более предпочтительным.

Вероятностная идеология отношения предпочтения не всегда приемлема и может оказаться более приемлемым основываться на идеологии риска. Это особенно характерно для случаев, когда некоторые из сценариев внешних условий имеют очень малую вероятность, но их влияние на выбор решения

целесообразно учесть. Такая ситуация имеет место, например, при учете экстремальных внешних условий, связанных с крупномасштабными ситуациями природного, техногенного или другого характера в проблеме энергетической безопасности. Тогда ожидаемую полезность вариантов развития

$$E_i^r = \max_i \left\{ \min_j (U_{ij} p_j) \right\}, \quad i = \overline{1, I}$$

ЭЭС можно оценить выражением

(3)

где индекс r отражает идеологию риска, заложенную в отношения предпочтения.

Практическая часть

Исходные условия. Рассматривается задача формирования основной структуры ЭЭС России по типам генерирующего оборудования на перспективу порядка 15 лет. Внешние условия развития ЭЭС представлены следующими позициями:

А. Нормальные условия формирования и развития ЭЭС.

В. Досрочный вывод из эксплуатации на АЭС старых энергоблоков типа ВВЭР и всех блоков типа РБМК вследствие их недостаточной надежности и безопасности.

С. Мораторий на развитие атомной энергетики и эксплуатацию действующих АЭС и, как следствие, вывод из работы всех атомных электростанций.

Д. Вынужденный демонтаж оборудования электростанций, достигшего предельного срока работы в 40 лет, из-за резкого снижения его надежности и безопасности при ограниченных возможностях повышенного ввода нового оборудования на уровне объемов, требуемых при нормальных условиях формирования и развития ЭЭС.

Е. Экстремальное маловодье на водохранилищах ГЭС Ангара- Енисейского каскада в Сибири.

Ф. Непоставки газа для конденсационных электростанций (КЭС) европейской части России и Урала вследствие проблем в газовой отрасли.

Не останавливаясь на обоснованности принятия именно этих экстремальных условий формирования и развития ЕЭС вследствие иллюстрационного характера исследований, примем для следующего анализа вероятность нормальных условий, равной 0,8, а вероятности остальных (экстремальных) условий – по 0,04 каждое.

Анализируются четыре варианта развития ЕЭС:

- 1) базовый вариант, соответствующий нормальным условиям формирования и развития энергообъединения;
- 2) усиление межсистемных ЛЭП по сравнению с базовым вариантом с целью адаптации ЕЭС к экстремальным условиям;
- 3) ввод КЭС на угле в европейской части ЕЭС и на Урале вместо газовых КЭС, предусматриваемых базовым вариантом;
- 4) реконструкция и модернизация генерирующих мощностей, выработавших свой ресурс, с восстановлением их работоспособности в случае необходимости при реализации тех или иных экстремальных условий.

Очевидно, что варианты 2 – 4 развития ЕЭС предусматривают некоторые дополнительные мероприятия, компенсирующие в большей или меньшей мере негативные последствия в случаях возможной реализации тех или иных экстремальных условий формирования энергообъединения. Не претендуя на полноту и безусловную рациональность этих дополнительных мероприятий, отметим, что анализируемые варианты развития ЕЭС дают достаточное представление о многообразии возможных решений для рассматриваемой иллюстрационной задачи.

Перечисленные выше варианты оценивались четырьмя критериями.

Ниже они расположены в порядке убывания важности, оцененной экспертом:

- α) недовыработка электроэнергии в год;
- β) капиталовложения на развитие ЕЭС за рассматриваемый период;
- γ) затраты на топливо в год;
- δ) выбросы золы при сжигании топлива на электростанциях в год.

Результаты исследований по рассматриваемым вариантам развития ЕЭС при принятых внешних условиях с позиций рассматриваемых критериев приведены в табл.1.

Таблица 1 – Оценка вариантов для различных внешних условий

Критерии	Варианты	Внешние условия					
		A	B	C	D	E	F
α	1	0,0	3,1	91,4	63,8	29,7	266,6
	2	0,0	0,0	88,7	61,5	27,0	264,1
	3	0,0	3,1	87,5	59,1	28,6	180,0
	4	0,0	0,0	49,6	0,0	3,42	177,3
β	1	20,20	20,20	20,20	20,20	20,20	20,20
	2	21,93	21,93	21,93	21,93	21,93	21,93
	3	21,52	21,52	21,52	21,52	21,52	21,52
	4	27,62	27,62	27,62	27,62	27,62	27,62
γ	1	12,31	12,58	12,24	11,48	12,42	8,15
	2	12,30	12,63	12,29	11,50	12,46	8,41
	3	12,42	12,69	12,44	11,65	12,55	9,58
	4	12,47	12,71	12,89	12,34	12,67	9,51
δ	1	0,85	0,86	0,88	0,62	0,85	0,88
	2	0,85	0,86	0,88	0,63	0,86	0,89
	3	1,20	1,22	1,25	0,98	1,21	1,30
	4	1,14	1,12	1,17	1,05	1,18	1,34

Расчет и анализ полезностей. Исследования проводились для трех систем предпочтений эксперта, которые различаются соотношениями весовых коэффициентов в многокритериальной функции полезности (см. табл. 2).

Таблица 2 – Оценка весовых коэффициентов

Критерии	Весовые коэффициенты по наборам		
	1	2	3
α	0,9318	0,8207	0,5902
β	0,0374	0,1034	0,2315
γ	0,0043	0,0666	0,124
δ	0,0001	0,0094	0,0544

Первый набор полезностей рассчитан на наиболее “осторожного” или пессимистичного эксперта. Такой эксперт готов заплатить максимальную “цену” для того, чтобы значение главного для него, доминирующего критерия – α оставалось на лучшем уровне. Предпочтения эксперта, характеризующиеся большими оптимизмом в вероятности сохранения нормальных условий развития, представлены вторым и третьим наборами.

Ход работы

На первом этапе работы необходимо составить функцию полезности $u(x)$ для каждого x . Функция полезности вычисляется следующим образом:

- 1) Для каждого варианта i определяется максимальное $x_{\max}$
- 2) Для $x_{\max}$ функция полезности определяется как 1: $u(x_{\max})=1$
- 3) Для остальных x_j функция полезности рассчитывается пропорционально таким образом, что $0 \leq u(x_i) \leq 1$

На следующем этапе рассчитывается аддитивная функция полезности по формуле (1) для каждого из наборов предпочтений.

На следующем этапе принимается решение с помощью формул (2) или (3). При этом необходимо учитывать критерий оценки вариантов (затраты или выгоды).

Задание

Определить наилучший вариант развития ЕЭС с учетом заданных условий.

Требования к отчету

Отчет должен содержать результаты расчетов, заполненные таблицы и выводы на заданию.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой задача многокритериального выбора?
2. Для чего используется функция полезности?
3. Для чего используются весовые коэффициенты в функции полезности?

Литература

5,7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПАНИЙ

Краткие теоретические сведения

Для реальных условий любой единственный метод не решает исчерпывающе проблему выбора, поэтому для ЛПР желательно иметь некоторый набор разных методов, из которых можно было бы выбрать наиболее подходящий. Альтернативным изложенному в Практической работе 1 методу многокритериального выбора решений является метод анализа иерархий (МАИ). Согласно основным положениям этого метода рассматриваемая проблема представляется в виде иерархии.

В МАИ основная цель исследования и все факторы, в той или иной степени влияющие на достижение цели, распределяются по уровням в зависимости от степени и характера влияния.

На первом уровне иерархии всегда находится одна вершина – цель проводимого исследования.

Второй уровень иерархии составляют факторы, непосредственно влияющие на достижение цели. При этом каждый фактор представляется в строящейся иерархии вершиной, соединенной с вершиной 1-го уровня. Третий уровень составляют факторы, от которых зависят вершины 2-го уровня. И так далее. Этот процесс построения иерархии продолжается до тех, пока в иерархию не включены все основные факторы или хотя бы для одного из факторов последнего уровня невозможно непосредственно получить необходимую информацию.

По окончании построения иерархии для каждой материнской вершины проводится оценка весовых коэффициентов, определяющих степень ее зависимости от влияющих на нее вершин более низкого уровня. При этом используется метод попарных сравнений.

Метод парных сравнений предполагает сравнение изучаемых факторов между собой. Причем в данном методе факторы сравниваются попарно по отношению к их воздействию («весу», или «интенсивности») на общую для них характеристику. Для этого для каждой вершины строится матрица попарных сравнений $A=[a_{ij}]$, где i, j – сравниваемые факторы. При этом определяются не величины разностей значений факторов, а их отношение. При этом очевидно $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Следовательно, матрица парных сравнений в данном случае является положительно определенной, обратносимметричной матрицей, имеющей ранг равный 1.

Практическая часть

Постановка задачи:

Задача выбора стратегии развития электрической сети в условиях роста электрических нагрузок, который неизбежно сопровождается ростом перетоков по сечениям и может привести к серьезным проблемам при обеспечении устойчивости.

для разработки математической модели следует выполнить процедуру ее формализации, которая представляет собой формализацию ее основных компонентов. Для поставленной задачи значимыми являются следующие компоненты

- 1.внешние условия
- 2 варианты развития сети
- 3.критерии оценки

Компоненты задачи развития сети можно формализовать следующим образом:

1. Внешние условия развития сети представлены следующими позициями:

А – «Оптимистичный вариант»: резкий рост потребления электроэнергии, значительно превышающий прогнозный уровень, обусловленный строительством крупных промышленных объектов, вводом в работу новых объектов генерации в прилегающих частях энергосистемы.

В – «Умеренный вариант»: рост потребления электроэнергии, соответствующий прогнозу, строительство объектов электроэнергетики в соответствии с планами развития

С – «Пессимистичный вариант»: потребление электроэнергии значительно ниже прогнозного, демонтаж части не востребовавшего генерирующего оборудования, останов крупных промышленных предприятий.

2. Варианты развития сети

- Снижение выработки активной мощности электрическими станциями

-Строительство тепловой электрической станции в энергодефицитном районе

- Строительство дополнительной ВЛ в сечении.

3. Критерии (в порядке убывания важности, оцененной экспертом)

-Критерий α - недовыработка электроэнергии существующими гидроэлектростанциями в год;

Критерий β - капиталовложения на развитие сети за рассматриваемый период;

Критерий γ - выбросы золы при сжигании топлива на электростанциях в год.

Для поставленной задачи иерархия выглядит в соответствии с рисунком 1.

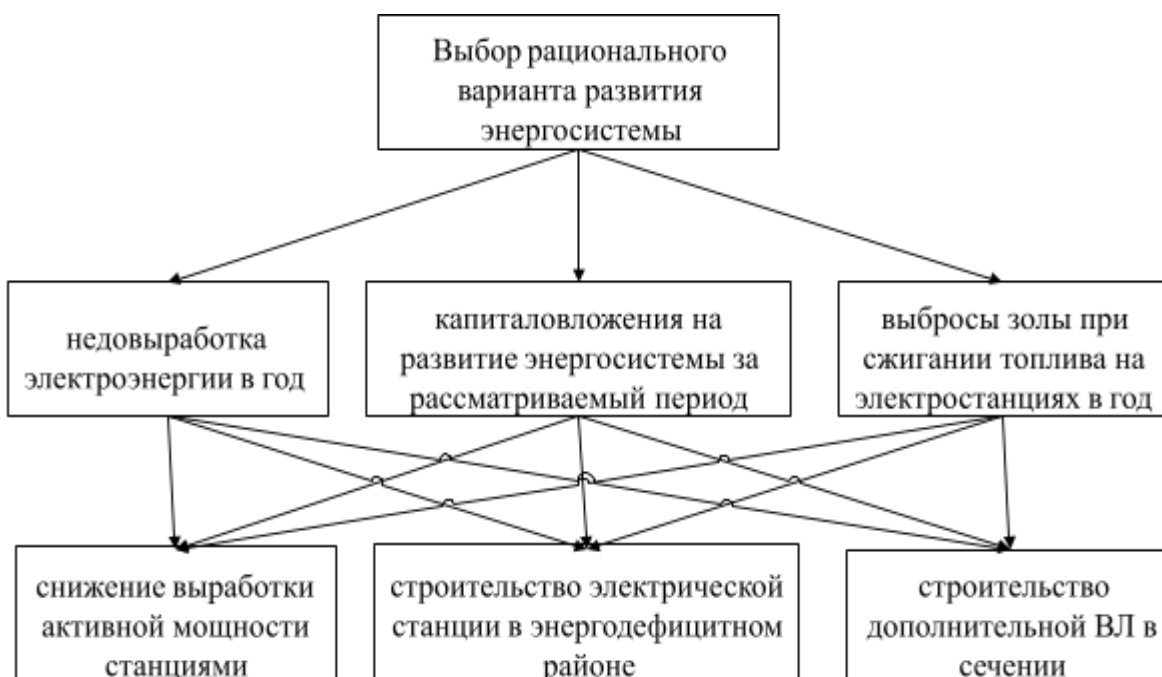


Рисунок 1 – Иерархическое дерево целей и решений

На первом (высшем) уровне находится цель решаемой задачи, в данном случае – выбор рационального варианта развития энергосистемы. Второй уровень составляют К критериев оценки возможного решения. Третий – I вариантов развития системы.

При решении поставленной задачи для заполнения матриц попарных сравнений можно не использовать субъективные суждения экспертов. При сравнении элементов второго уровня иерархии можно использовать веса критериев $\lambda^k, k = \overline{1, K}$ значения элементов третьего уровня – значения

функций полезности $u^k(x_j^k), k = \overline{1, K}$. Таким образом, осуществляется модификация метода анализа иерархий путем использования значений весов и функций полезности.

Формируется $K + 1$ квадратных матриц вида $A = [a_{ij}]$, $i, j = \overline{1..n}$, где n – количество элементов определенного уровня иерархии (таблицы 1-4). Для каждой строки каждой матрицы рассчитывается собственный вектор приоритетов и нормализованный собственный вектор приоритетов.

Аналогичным образом формируются матрицы попарных сравнений вариантов по 2 и 3 критериям.

Таблица 1 – Матрица попарных сравнений критериев

	недовыработка электроэнергии в год	капиталовложения на развитие энергосистемы за рассматриваемый период	выбросы зола при сжигании топлива на электростанциях в год	Собственный вектор приоритетов w	Нормализованный собственный вектор приоритетов w'
недовыработка электроэнергии в год	-	$a_{1,2}=\lambda_1/\lambda_2$	$a_{1,3}=\lambda_1/\lambda_3$	$w_1=(a_{1,2}*a_{1,3})^{1/3}$	$w_1'=w_1/s$
капиталовложения на развитие энергосистемы за рассматриваемый период	$a_{2,1}=\lambda_2/\lambda_1$	-	$a_{2,3}=\lambda_2/\lambda_3$	$w_2=(a_{2,1}*a_{2,3})^{1/3}$	$w_2'=w_2/s$
выбросы зола при сжигании топлива на электростанциях в год	$a_{3,1}=\lambda_3/\lambda_1$	$a_{3,2}=\lambda_3/\lambda_2$	-	$w_3=(a_{3,1}*a_{3,2})^{1/3}$	$w_3'=w_3/s$
Сумма				$S=w_1+w_2+w_3$	

Таблица 2 – Матрица попарных сравнений вариантов по 1 критерию

	Оптимистичный	Умеренный	Пессимистичный	Собственный вектор приоритетов w^1	Нормализованный собственный вектор приоритетов $w^{1'}$
Оптимистичный	-	$u^1(x_1)/u^1(x_2)$	$u^1(x_1)/u^1(x_3)$	$w^1_1 = (u^1(x_1)/u^1(x_2) * u^1(x_1)/u^1(x_3))^{1/3}$	$w^{1'}_1 = w^1_1/s$
Умеренный	$u^1(x_2)/u^1(x_1)$	-	$u^1(x_2)/u^1(x_3)$	$w^1_2 = (u^1(x_2)/u^1(x_1) * u^1(x_2)/u^1(x_3))^{1/3}$	$w^{1'}_2 = w^1_2/s$
Пессимистичный	$u^1(x_3)/u^1(x_1)$	$u^1(x_3)/u^1(x_2)$	-	$w^1_3 = (u^1(x_3)/u^1(x_1) * u^1(x_3)/u^1(x_2))^{1/3}$	$w^{1'}_3 = w^1_3/s$
				$S = w_{11} + w_{12} + w_{13}$	

Таблица 3– Матрица попарных сравнений вариантов по 2 критерию

	Оптимистичный	Умеренный	Пессимистичный	Собственный вектор приоритетов w^2	Нормализованный собственный вектор приоритетов $w^{2'}$
Оптимистичный	-	$u^2(x_1)/u^2(x_2)$	$u^2(x_1)/u^2(x_3)$	$w^2_1 = (u^2(x_1)/u^2(x_2) * u^2(x_1)/u^2(x_3))^{1/3}$	$w^{2'}_1 = w^2_1/s$
Умеренный	$u^2(x_2)/u^2(x_1)$	-	$u^2(x_2)/u^2(x_3)$	$w^2_2 = (u^2(x_2)/u^2(x_1) * u^2(x_2)/u^2(x_3))^{1/3}$	$w^{2'}_2 = w^2_2/s$
Пессимистичный	$u^2(x_3)/u^2(x_1)$	$u^2(x_3)/u^2(x_2)$	-	$w^2_3 = (u^2(x_3)/u^2(x_1) * u^2(x_3)/u^2(x_2))^{1/3}$	$w^{2'}_3 = w^2_3/s$
				$S = w_{21} + w_{22} + w_{23}$	

Таблица 4– Матрица попарных сравнений вариантов по 3 критерию

	Оптимистичный	Умеренный	Пессимистичный	Собственный вектор приоритетов w^3	Нормализованный собственный вектор приоритетов $w^{3'}$

Оптимистичный	-	$u^3(x_1)/u^3(x_2)$	$u^3(x_1)/u^3(x_3)$	$w_1^3 = (u^3(x_1)/u^3(x_2) * u^3(x_1)/u^3(x_3))^{1/3}$	$w_1^{3'} = w_1^3/s$
Умеренный	$u^3(x_2)/u^3(x_1)$	-	$u^3(x_2)/u^3(x_3)$	$w_2^3 = (u^3(x_2)/u^3(x_1) * u^3(x_2)/u^3(x_3))^{1/3}$	$w_2^{3'} = w_2^3/s$
Пессимистичный	$u^3(x_3)/u^3(x_1)$	$u^3(x_3)/u^3(x_2)$	-	$w_3^3 = (u^3(x_3)/u^3(x_1) * u^3(x_3)/u^3(x_2))^{1/3}$	$w_3^{3'} = w_3^3/s$
				$S = w_{11} + w_{12} + w_{13}$	

Общий вектор приоритетов взаимного влияния вариантов развития системы и критериев на общую цель равен произведению собственного вектора приоритетов матрицы критериев на матрицу, составленную из собственных векторов приоритетов вариантов :

$$W = w' g w^{i'} =$$

$$\begin{vmatrix} w_1' & w_1^{1'} & w_1^{2'} & w_1^{3'} \\ w_2' & w_2^{1'} & w_2^{2'} & w_2^{3'} \\ w_3' & w_3^{1'} & w_3^{2'} & w_3^{3'} \end{vmatrix} \quad (3.4)$$

Результатом матричного произведения будет вектор $W = \{w_1, w_2, w_3\}$, содержащий оценку каждого из I вариантов развития системы. Наиболее приемлемым вариантом считается тот, для которого w_i наименьшее.

Задание

Решить задачу, рассмотренную в Практической работе 1, с помощью МАИ. Для сравнения использовать веса критериев и функции полезности, полученные в Практической работе 1.

Требования к отчету

Отчет должен содержать результаты расчетов, заполненные таблицы и выводы на заданию.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой метод анализа иерархий?
2. Что является вершиной при построении иерархии?
3. Каким образом строится матрица попарных сравнений?

Литература

5,7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ИГР ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ ВЫРАБОТКИ
АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СТАНЦИЯМИ

Краткие теоретические сведения

Надежное функционирование энергосистемы обеспечивается при точном соответствии объемов произведенной и потребленной электроэнергии в каждый момент времени, а также, нахождения всех технических параметров системы в области допустимых значений. Поэтому одной из важнейших при планировании режима является задача определения экономически целесообразной выработки активной мощности электрическими станциями и величины необходимого резерва.

При этом исходными для ее решения данными являются прогнозные значения величин электрических нагрузок узлов, достоверность которых не всегда достаточно высока, т.е. задача определения режима выработки активной мощности электрическими станциями и величины необходимого

резерва в энергообъединении решается в условиях неопределенности исходной информации.

Рассчитанная в этих условиях величина выработки активной мощности электростанциями может оказаться меньше реальной потребности в ней, что вызовет дефицит мощности в энергообъединении. Это приведет к необходимости покрытия этого дефицита за счет существующего резерва и, как следствие, к увеличению стоимости запланированного режима.

В противном случае, то есть при избытке выработанной активной мощности, она окажется неиспользованной, т.е. находящейся в незапланированном резерве, что значительно снизит экономичность работы станций.

Таким образом, недостоверный прогноз электрических нагрузок в любом случае снижает экономические показатели работы, если не приводит к более тяжелым последствиям.

Поставленная задача может быть решена методами теории принятия решения в условиях неопределенности, а именно, методами теории игр, когда выбор альтернативы неоднозначно определяет последствия сделанного выбора.

При этом имеется набор возможных исходов, из которых один окажется совмещенным с выбранной альтернативой, однако какой именно - в момент выбора неизвестно, а станет ясным позже, когда выбор уже сделан и изменить ничего нельзя.

Формализованная постановка задачи формулируется следующим образом.

Существует 3 варианта возможных исходов:

- Потребление превышает прогнозную величину выработки активной мощности;

- Потребление соответствует прогнозной величине выработки активной мощности;

- Потребление менее прогнозной величины выработки активной мощности.

Предлагаются 3 возможные стратегии:

- Минимальная величина резерва активной мощности;
- Нормативная величина резервов активной мощности;
- Максимальная величина резервов активной мощности;

Величины возможных затрат (убытков) при выборе i -й стратегии при j -м исходе составляют игровую матрицу $A=[a_{ij}^j]$ и зависят от штрафов за поддержание не востребовавшегося резерва или незапланированного пополнения резерва при его нехватке.

Практическая часть

В данной постановке задача может решаться методами теории игр. Имеется множество I стратегий и множество J сценариев внешних условий.

Платежная матрица игры приведена в таблице 1.

Значения платежной матрицы a_{ij}^j рассчитываются исходя из следующих условий:

- при минимальном резерве и прогножном потреблении активной мощности требуются затраты на привлечение дополнительных ресурсов;

- при минимальном резерве и потреблении активной мощности, превышающим прогноз, требуются затраты на привлечение дополнительных ресурсов и ограничения потребителей;

- при максимальном резерве и потреблении активной мощности менее прогнозного повышенный расход энергоресурсов и как следствие повышение стоимости электроэнергии.

Таблица 1– Платежная матрица игры

Внешние условия Стратегии	Потребление превышает прогнозную величину выработки активной мощности	Потребление соответствует прогнозному величине выработки активной мощности	Потребление менее прогнозную величину выработки активной мощности
Минимальная величина резерва активной мощности	a_{11}	a_{12}	a_{13}
Нормативная величина резервов активной мощности	a_{21}	a_{22}	a_{23}
Максимальная величина резервов активной мощности	a_{31}	a_{32}	a_{33}

Центральным моментом игровых задач является введение критерия для оценки выбираемого варианта.

Поскольку значениями платежной матрицы являются затраты (проигрыши) при выборе стратегии, то для решения задачи можно использовать минимаксный критерий (критерий Вальда), который характеризует минимальный проигрыш в самом худшем случае и определяет альтернативу, обеспечивающую выигрыш.

Минимальным проигрышем считается проигрыш, определенный по формуле

$$W = \min_i (\max_j (a_{ij})) \quad (1)$$

При этом наилучшей стратегией является стратегия i , соответствующая данному проигрышу.

Если можно предполагать, что все варианты внешних условий одинаково вероятны, можно применить критерий Лапласа. Для применения

данного критерия для каждого решения находится средняя оценка по всем вариантам внешних условий (средний проигрыш), лучшим является решение с минимальной средней оценкой:

$$W = \min_i \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N a_{ij} \right) \quad (2)$$

Где N – количество возможных внешних условий.

Более оптимистичным критерием для принятия решения является критерий Гурвица. Решение принимается с учетом того, что возможны как благоприятные, так и неблагоприятные внешние условия. При использовании этого критерия требуется указать «коэффициент пессимизма» – число в диапазоне от 0 до 1, представляющее собой субъективную (т.е. не рассчитанную, а указанную человеком) оценку возможности неблагоприятных внешних условий. Если есть основания предполагать, что внешние условия будут неблагоприятными, то коэффициент пессимизма назначается близким к единице. Если неблагоприятные внешние условия маловероятны, то используется коэффициент пессимизма, близкий к нулю.

Оценки решений находятся по следующей формуле:

$$W = \min_i \left(k \cdot \max_j (a_{ij}) + (1 - k) \cdot \min_j (a_{ij}) \right) \quad (3)$$

где k – коэффициент пессимизма.

Таким образом, варианты решения задачи определения экономически целесообразной выработки активной мощности электрическими станциями можно свести в единую таблицу (таблица 2).

Таблица 2 – Варианты решения задачи

Внешние условия Стратегии	Потребление превышает прогнозируемую величину выработки активной мощности	Потребление соответствует прогнозной величине выработки активной мощности	Потребление менее прогнозной величины выработки и активной мощности	По критерию Вальда	По критерию Лапласа	По критерию Гурвица
Минимальная величина резерва активной мощности	a_{11}	a_{12}	a_{13}	$A_1 = \max(a^j_1)$	$A_1 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 a_{1j}$	$A_1 = k * (\max(a^j_1)) + (1-k)(\min(a^j_1))$
Нормативная величина резервов активной мощности	a_{21}	a_{22}	a_{23}	$A_2 = \max(a^j_2)$	$A_2 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 a_{2j}$	$A_2 = k * (\max(a^j_2)) + (1-k)(\min(a^j_2))$

Максимальная величина резервов активной мощности	a_{31}	a_{32}	a_{33}	$A_3 = \max(a_{3j})$	$A_2 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 a_{3j}$	$A_3 = k \cdot (\max(a_{3j})) + (1-k)(\min(a_{3j}))$
Решение				$\min(A_j)$	$\min(A_j)$	$\min(A_j)$

В зависимости от выбранного метода при решении поставленной задачи в игровой матрице A находится вектор, показывающий затраты (проигрыш) при каждой выбранной стратегии. Наилучшей является стратегия, для которой элемент A_j в найденном векторе наименьший.

Задание

Решить рассмотренную задачу:

1. Составить платежную матрицу, исходя из условий появления затрат в условных единицах (1 – минимальные затраты, 100 – максимальные затраты);
2. Решить задачу с использованием всех рассмотренных критериев.

Требования к отчету

Отчет должен содержать результаты расчетов, заполненные таблицы и выводы на заданию.

Контрольные вопросы

1. Для решения каких задач используется теория игр?
2. Как составляется платежная матрица?
3. Какие существуют критерии принятия решения в теории игр?

Литература

5,7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Краткие теоретические сведения

Оценка энергобезопасности регионального социально-экономического развития предполагает использование системного подхода, интеграции различных неформализованных (логических) методов.

Рассмотрим использование разновидности метода расстановки приоритетов, позволяющего обработать материалы логического анализа значимости тех или иных управленческих воздействий на факторы энергетической безопасности с целью определения доминирующих воздействий, которые имеют наибольший приоритет для достижения той или иной цели в рамках реализации конкретного сценария развития. В качестве элементов для сравнения можно взять следующие управленческие воздействия, влияющие на достижение энергетической безопасности региона:

I1 – технические;

I2 – экономические;

I3 – финансовые;

I4 – маркетинговые; I5

– организационные;

I6 – технологические;

I7 – правовые;

I8 – социальные; I9

– экологические;

I10 – психологические.

Практическая часть

Алгоритм выполнения работы состоит в следующем:

1) Работа в качестве эксперта:

Эксперту последовательно предъявляются управленческие воздействия для попарного сравнения (больше, меньше, равно) с целью определения степени предпочтительности (важности) оцениваемых управленческих воздействий на тот или иной фактор энергетической безопасности. Для сравнения управленческих воздействий применяется метод расстановки приоритетов, который предполагает формирование квадратной матрицы

$$C=C_{ij}.$$

	I1	I2	I3		I9	I10
I1	1	C12	C13	...	...	...
I2	C21	1	C23	...	...	...
I3	...	...	1	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
I9	...	...	...	...	1	...
I10	...	...	...	...	...	1

При этом C_{ij} – числовая мера, определяющая степень превосходства элемента E_i над элементом E_j того же уровня. В процессе анализа необходимо соблюдать следующие условия: если $E_i > E_j$, то $C_{ij} = 1,5$; если $E_i = E_j$, то $C_{ij} = 1,0$; если $E_i < E_j$, то $C_{ij} = 0,5$.

2) Работа по обработке экспертных оценок

После получения обобщенной экспертной оценки необходимо определить относительный вес каждого воздействия:

$$T_i = \sum_{j=1}^n C_{ij} \quad \text{где } n -$$

число рычагов;

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

Относительный вес R_i определяют по формуле

$$R_i = T_i / T$$

Для этого исходная таблица дополняется столбцами:

	I1	I2	...	T _i	R _i
I1					
I2					
...					
-	-			T	

3) Работа в качестве эксперта

Далее производится оценка значимости соответствующего управленческого воздействия на рассматриваемую процедуру (метод экспертных оценок, анкетирование).

Каждому эксперту, работающему отдельно, должен быть предоставлен перечень управленческих воздействий и предложено оценить значимость их

влияния на факторы энергетической безопасности, руководствуясь следующей системой оценок V_i :

0 – данное управленческое воздействие скорее всего не оказывает влияния на фактор энергетической безопасности;

25 – о влиянии данного управленческого воздействия нельзя сказать определенно;

50 – влияние управленческого воздействия иногда может повлечь незначительные изменения энергетической безопасности;

75 – управленческое воздействие всегда влечет за собой

незначительные изменения энергетической безопасности;

100 – управленческое воздействие всегда влечет за собой коренные изменения энергетической безопасности.

4) Определение значимости управляющих воздействий

Экспертные оценки всех экспертов сводятся воедино для получения итоговой оценки значимости управляющих воздействий.

Итоговая оценка значимости всех управленческих воздействия

производится по формуле $I = V_i * R_i$, где R_i – вес i -го воздействия.

	I_1	I_2	...	V_i	R_i	$I = V_i * R_i$
I_1						
I_2						
...						

Управляющие воздействия ранжируются по столбцу I по убыванию. Результаты количественного анализа, выполненного по предложенной методике, позволяют выделить наиболее значимые для данного фактора управленческие воздействия.

Задание

С помощью экспертных методов, выполняя роли и эксперта, и специалиста, определить наиболее целесообразные воздействия для повышения энергетической безопасности региона. При этом для обработки экспертных оценок использовать помимо своих также оценки, полученные другими экспертами (обучающимися).

Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на достижение энергетической безопасности?
2. Каким образом определяется экспертная оценка фактора?
3. Какие факторы являются наиболее важными для достижения энергетической безопасности?

Литература

5,7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Краткие теоретические сведения

При существующем уровне научно-технического прогресса энергопотребление может быть покрыто лишь за счет использования органических топлив (уголь, нефть, газ), гидроэнергии и атомной энергии на основе тепловых нейтронов. Однако, по результатам многочисленных исследований органическое топливо к 2020 г. может удовлетворить запросы мировой энергетики только частично. Остальная часть энергопотребности может быть удовлетворена за счет других источников энергии – нетрадиционных и возобновляемых.

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии. Возобновляемая энергия не является следствием целенаправленной деятельности человека, и это является ее отличительным признаком.

Невозобновляемые источники энергии – это природные запасы веществ и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии. Примером могут служить ядерное топливо, уголь, нефть, газ. Энергия невозобновляемых источников в отличие от возобновляемых находится в природе в связанном состоянии и высвобождается в результате целенаправленных действий человека.

В соответствии с резолюцией № 33/148 Генеральной Ассамблеи ООН (1978 г.) к нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии относятся: солнечная, ветровая, геотермальная, энергия морских волн, приливов и океана, энергия биомассы, древесины, древесного угля, торфа, тяглового

скота, сланцев, битуминозных песчаников и гидроэнергия больших и малых водотоков.

Потенциальные возможности нетрадиционных и возобновляемых источников энергии составляют, млрд. т.у.т в год:

- энергии Солнца – 2300; - энергии ветра – 26,7;
- энергии биомассы – 10;
- тепла Земли – 40000;
- энергии малых рек – 360;
- энергии морей и океанов – 30;
- энергии вторичных низкопотенциальных источников тепла – 530.

Разведанные запасы местных месторождений угля, нефти и газа в России составляют 8,7 млрд. т.у.т., торфа – 10 млрд. т.у.т.

По имеющимся оценкам, технический потенциал ВИЭ в России составляет порядка 4,6 млрд. т у.т. в год, что превышает современный уровень энергопотребления России, составляющий около 1,2 млрд. т.у.т. в год. Экономический потенциал НВИЭ определен в 270 млн. т у.т. в год, что составляет около 25% от годового внутрироссийского потребления. В настоящее время экономический потенциал ВИЭ существенно увеличился в связи с подорожанием традиционного топлива и удешевлением оборудования возобновляемой энергетики за прошедшие годы.

Доля возобновляемой энергетики в производстве электроэнергии составила в 2002 г. около 0,5% от общего производства или 4,2 млрд. кВт·ч, а объем замещения органического топлива – около 1% от общего потребления первичной энергии или около 10 млн. т.у.т. в год.

Стратегическими целями использования возобновляемых источников энергии и местных видов топлива являются:

- сокращение потребления невозобновляемых топливно-

энергетических ресурсов;

- снижение экологической нагрузки от топливно-энергетического комплекса;

- обеспечение децентрализованных потребителей и регионов с дальним и сезонным завозом топлива;

- снижение расходов на дальнепривозное топливо.

Необходимость развития возобновляемой энергетики определяется ее ролью в решении следующих проблем:

- обеспечение устойчивого тепло- и электроснабжения населения и производства в зонах децентрализованного энергоснабжения, в первую очередь в районах Крайнего Севера и приравненных к ним территориях. Объем завоза топлива в эти районы составляет около 7 млн. т нефтепродуктов и свыше 23 млн. т угля;

- обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения и производства в зонах централизованного энергоснабжения, испытывающих дефицит энергии, предотвращение ущербов от аварийных и ограничительных отключений;

- снижение вредных выбросов от энергетических установок в городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в местах массового отдыха населения.

В последнее время растет интерес к нетрадиционной энергетике у региональных АО-энерго и местных администраций.

Оценки показывают, что к 2010 г. может быть осуществлен ввод в действие около 1000 МВт электрических и 1200 МВт тепловых мощностей на базе возобновляемых источников энергии при соответствующей государственной поддержке.

Задание

Подготовьте сообщение (презентацию) на тему «Состояние и перспектив использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии».

Контрольные вопросы

1. Что относится к нетрадиционным возобновляемым источникам энергии?
2. Какие НВИЭ являются наиболее перспективными?
3. Каковы экологические последствия от использования НВИЭ?

Литература

3,4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА НАКЛОНА И РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ РЯДАМИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Краткие теоретические сведения

Чаще всего объекты солнечной энергетики бывают под воздействием прямой солнечной радиации около 5-6 чистых солнце-часов в день, поэтому нужно любой ценой убирать от них объекты, заслоняющие солнечный свет.

Затенение хотя бы одного угла солнечного модуля может снизить его продуктивность на 50%, поэтому очень важно его избегать. Эта проблема главным образом касается наземных креплений и некоторых плоских держателей на крыше, где ряды солнечных панелей должны быть оптимально размещены для максимального использования доступного места.

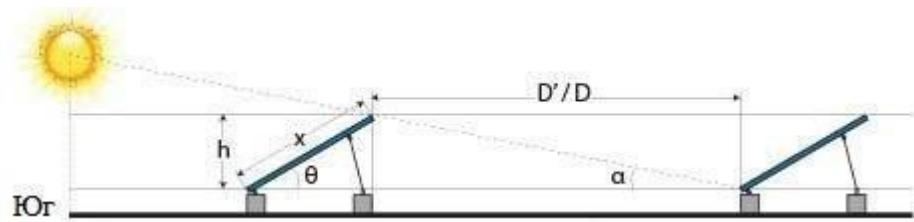


Рисунок 1. Влияние высоты солнцестояния на наклон панелей солнечных батарей (вид сбоку)

Методика проведения расчета протяженности тени начинается с позиции Солнца в небе во время зимнего солнцестояния 21 декабря. Нужно получить минимальную высоту солнцестояния α , которая является минимальным углом, по которому Солнце проходит вокруг Земли в незатемненном солнечном окне (рисунок 1). На протяжении 4 часов солнечного окна нужно определить высоту солнцестояния в 10 часов утра либо в 2 часа после полудня 21 декабря, потому что в этот день Солнце

находится в наинизшей точке небосвода. В течении 5-часового окна, необходимо найти высоту Солнца в 9.30 либо 14.30. Когда высота солнцестояния найдена, можно найти азимутальный угол Солнца ψ . При отклонении положения Солнца от линии юга (рисунок 2), нужно рассчитать минимально допустимое расстояние между рядами.

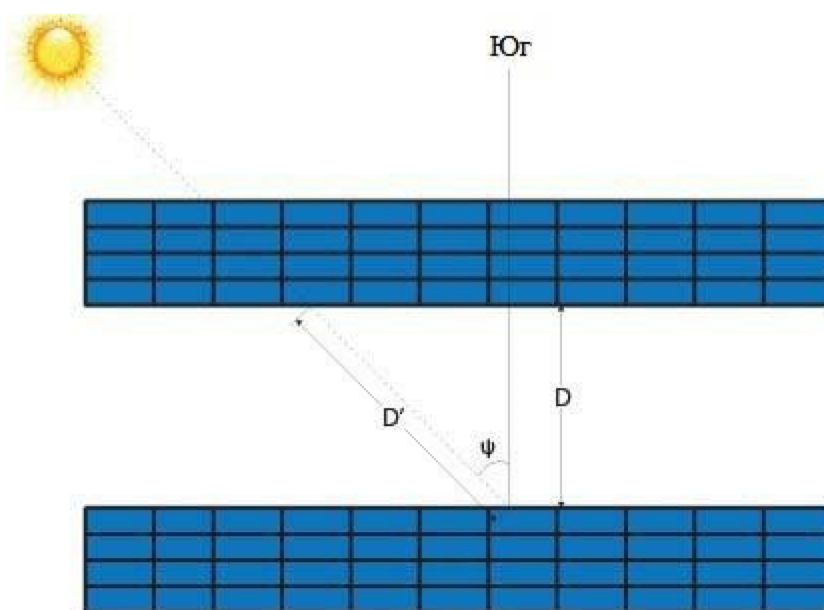


Рисунок 2. Коррекция азимутального угла Солнца при отклонении от линии юга. (вид сверху)

Нахождение значений локальных высоты солнцестояния и азимутального угла Солнца во время зимнего солнцестояния может быть довольно сложной задачей. К счастью проектировщиков солнечных систем, есть инструменты, позволяющие значительно упростить процесс расчетов. К примеру, можно воспользоваться NOAA Solar Calculator (англ. – «Солнечный калькулятор»), который находится в свободном онлайн доступе на <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/>. Кликая по карте, можно получить информацию про координаты местности и часовой пояс, и, если ввести дату солнечного солнцестояния, 21 декабря, можно легко получить данные про

расположение Солнца. Процедура использования NOAA Solar Calculator визуально показана на рисунке 3.

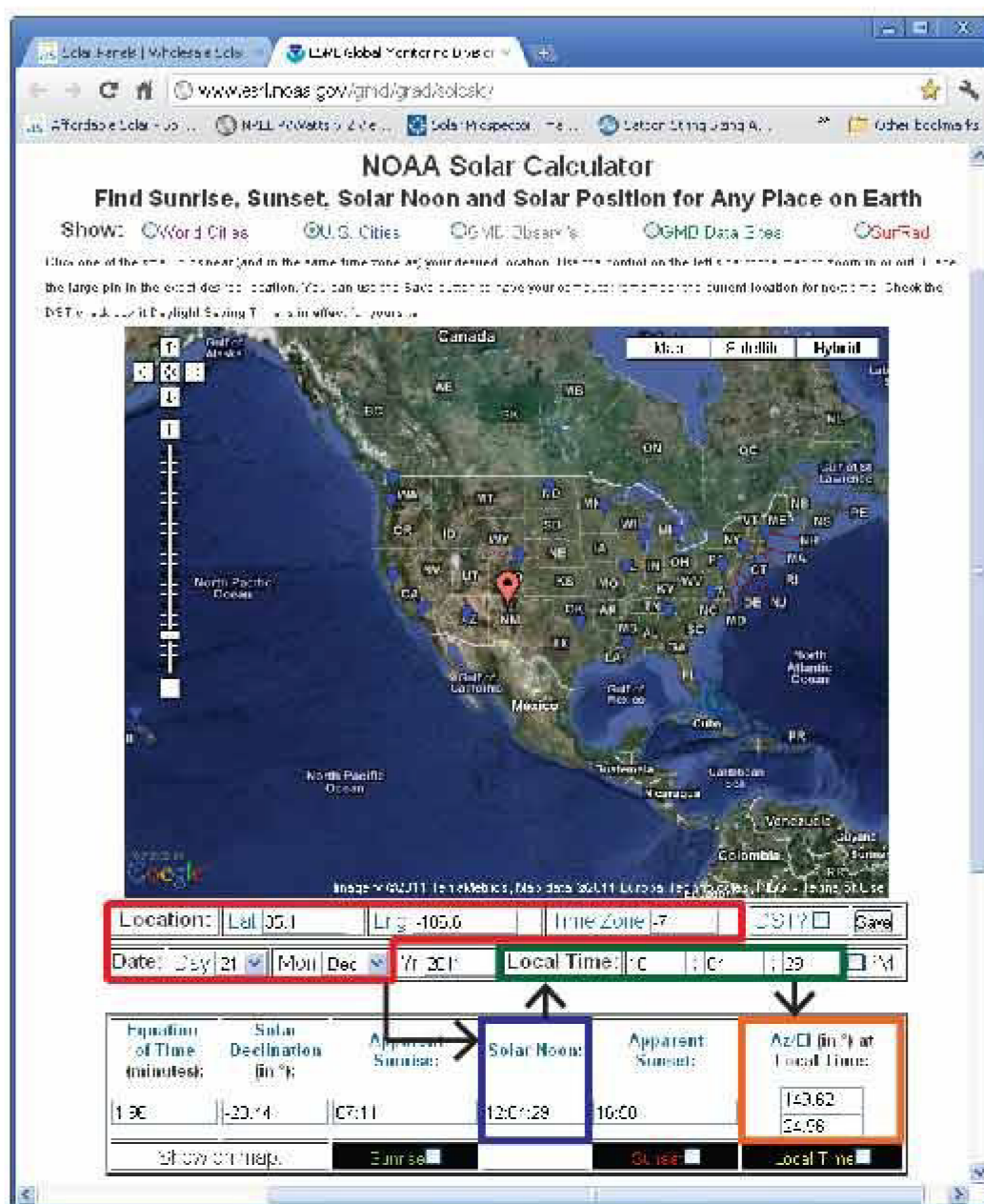


Рисунок 3. NOAA Solar Calculator во время рабочего процесса и соответствующая информация.

Шаг 1: В поля, которые обозначены красным цветом, нужно ввести исходные данные проекта. Это координаты местности, часовой пояс и дата солнцестояния, 21 декабря. Чтобы определить часовой пояс, выберите город в вашем часовом поясе на карте и данные отобразятся в соответственных полях.

Шаг 2: В поле, которое обозначено синим цветом, вычисляется солнечный полдень для вашего месторасположения, часового пояса и даты. Если вы находитесь в западной половине часового пояса, значение солнечного полудня будет опережать местное время. Для восточной половины часового пояса – будет отставать от местного времени.

Шаг 3: В поля, которые обозначены зеленым цветом, нужно ввести самое раннее время для 21 декабря, в которое панели солнечных батарей не будут затенены. При проектировании незатененного солнечного окна в середине дня следует взять предельную длину солнечного окна и разделить эту величину на два. Полученное значение в часах необходимо вычесть от солнечного полудня и ввести в поле «Local Time» (англ. – «Местное время»).

Шаг 4: В поле, которое обозначено оранжевым цветом, отобразится значение азимутального угла Солнца и высота солнцестояния для местного времени, которые будут использованы при расчете затенения для определения минимального расстояния. Вычисляется максимальное значение азимутального угла Солнца и минимальное значение высоты солнцестояния. Азимутальный угол Солнца всегда должен быть меньше 180 градусов, а высота солнцестояния – в диапазоне от 15 до 35 градусов, относительно положения Солнца с утра.

После нахождения высоты солнцестояния и азимутального угла Солнца, можно приступать к определению расстояния между рядами солнечных панелей. Для большинства систем с наземными креплениями и систем с плоскими держателями на крыше расстояние между рядами очень важно, высота препятствия может быть получена с помощью величины солнечной панели и угла наклона. Она может быть измерена либо как разница высоты между нижним/передним краем одного ряда и максимальной высотой следующего ряда, который располагается южнее, либо может быть измерена напрямую, независимо от препятствия, которое предполагается избежать.

Протяженность тени определяется с помощью простой тригонометрии, следующим уравнением:

$$D' = h / \tan(\alpha)$$

Выходя из этого, с помощью всего лишь одного действия находится минимальное расстояние между рядами, необходимое для избежания затенения в середине солнечного окна. Это называется «азимутальной коррекцией Солнца» (рисунок 2). Используя утреннее положение Солнца, получаем уравнение:

$$D = D' * \cos(180 - \psi)$$

Используя NOAA Solar Calculator, информация, с помощью которой можно быстро определить протяженность тени - это высота ряда или препятствия, желаемые размеры солнечного окна и положение в десятичной координатной системе.

Уравнения для расчета наклоненного ряда солнечных панелей

T = Длительность фотопериода для панелей солнечных батарей, когда они не затенены, в зимнее солнцестояние. (обычно 4-6 часов) α = Высота солнцестояния ψ = Азимутальный угол Солнца h = Высота препятствия

x = Длина модуля в наклоненном положении

θ = Угол наклона $h = x * \sin(\theta)$

D = Минимальное расстояние между рядами

D' = Максимальная протяженность тени

Соответственно

$$D = D' * \frac{h}{\tan(\alpha)}$$

$\cos(180 - \psi)$ (до полудня)

$$D = D' * \frac{h}{\tan(\alpha)}$$

$\cos(\psi - 180)$ (после полудня)

Для получения максимального КПД солнечных батарей необходимо грамотно подойти к расчету тех параметров, на которые человек может повлиять. Одним из таких является угол наклона солнечных батарей.

На генерацию электроэнергии солнечными фотоэлементами, прежде всего, влияют не зависящие от человека факторы, такие как погодные условия и количество солнечных дней в году. Наилучшие условия для генерации электроэнергии будут при ярком солнце и при ориентации панелей перпендикулярно солнечному свету (хотя, даже при облачной погоде солнечные батареи будут производить электроэнергию). Поэтому требуется определить такое положение солнечных батарей при котором они будут освещаться «прямым» солнцем максимальное время в течении дня.

Существует 3 варианта установки солнечных батарей:

1. Установка солнечных батарей на неподвижную конструкцию
2. Установка на двухосный трекер (поворотную платформу, которая может вращаться за солнцем в двух плоскостях)
3. Установка на одноосный трекер (платформа может изменять только одну ось, чаще всего – ту что отвечает за наклон)

У вариантов №2 и №3 есть свои преимущества (значительное увеличение выработки), но есть и недостатки (более высокая цена, необходимость дополнительной площади и т.п.). Далее будет рассматриваться вариант №1.

Почему вообще нужно менять наклон солнечных батарей. Во-первых, солнце меняет свое положение в небе в течении суток. Во-вторых, солнце меняет свое положение в небе в зависимости от поры года. В каждый сезон положение Солнца разное, поэтому в идеале, для каждого времени года подбирается свой угол наклона. К примеру, летом оптимальный угол наклона составляет 30-40 градусов, а зимой – больше 70, в зависимости от широты местности (рис. 3). Весной и осенью угол наклона имеет усредненное

значение между значением угла для лета и зимы. Для автономных систем оптимальный угол наклона зависит от месячного графика нагрузки, то есть если в данном месяце потребляется больше энергии, то угол наклона нужно выбрать оптимальным именно для этого месяца.

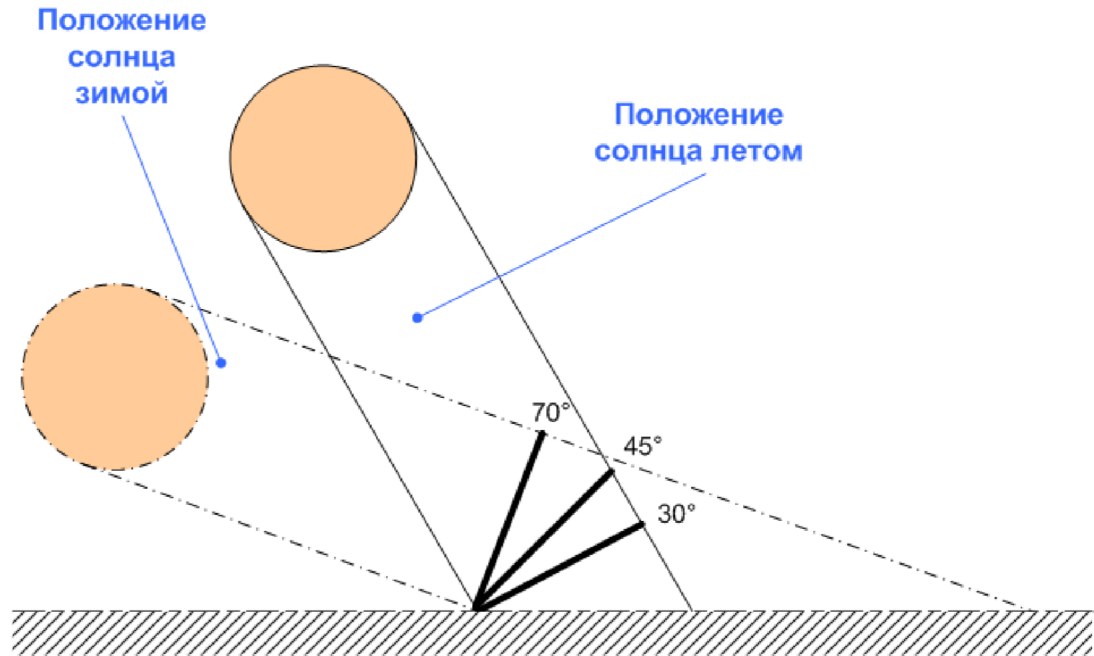


Рис. 3. Положение Солнца в разные времена года

Оптимальные углы наклона солнечных батарей для различных широт:

Широта местности	Угол наклона
0-15°	15°
15-25°	Угол наклона равен широте
25-30°	+ 5° к широте местности
30-35°	+ 10° к широте местности
35-40°	+ 15° к широте местности
Больше 40°	+ 20° к широте местности

Задание

Определить оптимальное расположение и оптимальный угол наклона солнечных батарей в соответствии с вариантом:

Вариант	Месторасположение	Длина модуля, м
1	Пятигорск	1,6
2	Стерлитамак	1,03
3	Уфа	0,6
4	Архангельск	1,95
5	Пермь	1,63
6	Якутск	1,032
7	Иркутск	0,66
8	Саранск	1,95
9	Сыктывкар	1,902
10	Самара	1,63
11	Симферополь	1,032
12	Екатеринбург	0,66

Требования к отчету

Отчет должен содержать результаты расчетов, заполненные таблицы и выводы на заданию.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит продуктивность солнечных батарей?
2. Как определяется угол наклона панелей солнечных батарей?
3. Как определяется расстояние между панелями солнечных батарей?

Литература

4,5,7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЛЭП

Краткие теоретические сведения

В последние десятилетия энергетика стала одним из показателей научно-технологического и экономического развития государства. С каждым годом от электрических сетей, которые как известно относятся к технологическому ядру энергосистемы, требуются все большие показатели безопасности, экономичности, надежности и качеству. Все более актуальным становятся понятие «умных линий» имеющее различные значения для отечественной и зарубежной энергетики:

- для зарубежной энергетики «Умные сети» (Smart Grid) — представляет собой осуществление взаимных коммуникативных обменов в цифровом формате всех участников производства, распределения, накопления, а также потребления электроэнергии;

- для Российской энергетики под понятием «Умные сети» предполагается комплексная модернизация, а также инновационное развитие всех субъектов электроэнергетики на основе передовых технологий и сбалансированных проектных решений глобально на всей территории страны.

«Умные сети» предполагают строительства современных линий электропередач, подстанций, а также модернизации имеющихся. Так как в России производство опор для линий электропередач, в том числе и сверхвысокого напряжения нету определённого ГОСТа, их исполнение может быть разнообразным (металлические нормальные, стальные многогранные и железобетонные).

Отличия современных компактных линий электропередач нового поколения первую очередь начинаются с линейной арматуры и композитных проводов — все это делается для максимального сближения фаз, уменьшения количества опор, а самое главное увеличение пропускной способности линии. Для достижения этого применяются специальные полимерные изолирующие траверсы для напряжения 110 кВ (рис.1), изолирующие распорки (рис. 2,3), а также современные полимерные изоляторы. Это позволяет значительно снизить ущерб для экологии при строительстве линий в черте городов,

курортных зон, лесов первой категории, а также сэкономить средства за счет того, что строительство компактных линий в классе напряжений 35–110 кВ дешевле, чем строительство линий в традиционных габаритах. Особенно это заметно при строительстве линий на земле с высокой стоимостью, где встает вопрос о площади отчуждаемости и охранной территории ВЛ.

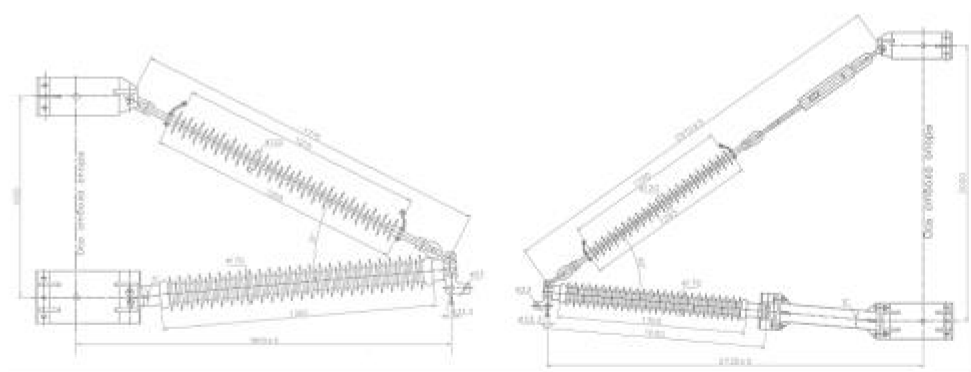


Рис. 1. Пример полимерных изолирующих траверс с тягой и увеличенной строительной длины для ВЛ 110 кВ

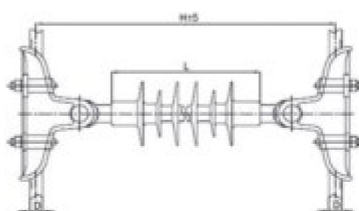


Рис. 2. Межфазная изолирующая распорка производства ЗАО «Инста» для ВЛ 10–35 кВ

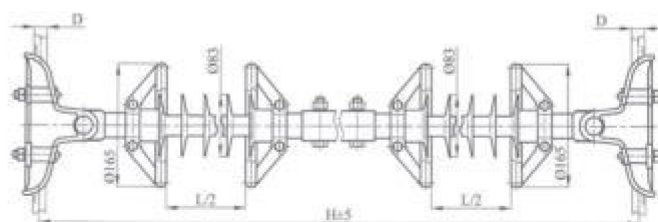


Рис. 3. Межфазные изолирующие распорка для ВЛ 110–220 кВ

Подобная линейная арматура и технические решения позволили серьезно уменьшить габариты линий. Так же вместо старых проводов марки АС возможно применение современных, изолированных или композитных алюминиевых

проводов. (например, провода марки AERO-Z или иные современные конструкции). Это позволяет увеличить длину пролета при строительстве новых линий или увеличилась площади сечения в существующих

линиях при модернизации.

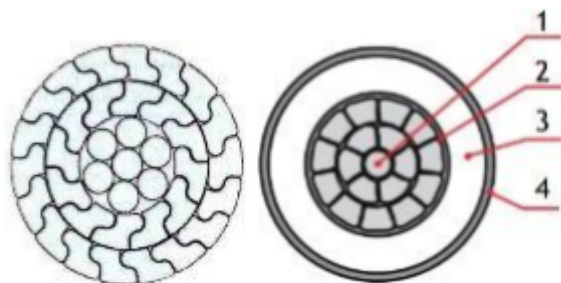


Рис. 4. Сечение современных проводов марки AERO-Z и СИП-7 (1 – Токпроводящая жила и проволока алюминиевого сплава сечением 70–300 мм², герметизированная путём введения водоблокирующих элементов при скрутке, 2 – Слой электропроводящего полиэтилена, 3 – Слой изоляции из сшитого полиэтилена, 4 – Оболочка из атмосферостойкого трекингостойкого полиэтилена)

Кроме вышеперечисленных достоинств у данные провода есть такие достоинства как повышенная динамическая прочность, меньшее образование гололеда на проводах, уменьшенное рассеивания магнитного поля, исключение возможности межфазных КЗ из-за схлестывания и набросов, а также снижаются потери на корону. Но понятие компактные линии в полной мере может быть отражено только в совокупности комплекса современной линейной арматуры, проводов и опор современной конструкции, которые могут быть изготовлены как из стандартных материалов, так и из современных (например, стеклопластик).

Одноцепные компактные ВЛ могут выполняться как на старых опорах, так и современных башенных опорах с охватывающим окном (рис. 5).

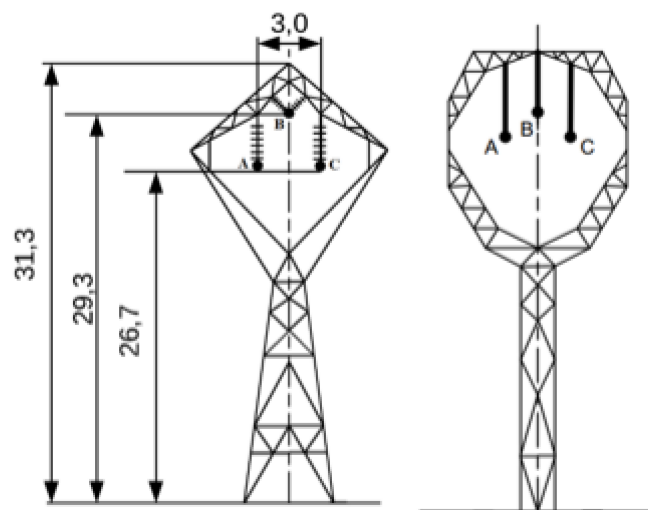


Рис. 5. Варианты современных, компактных одноцепных трехфазных ВЛ на башенной опоре с охватывающим окном

Современные компактные двухцепные ВЛ можно выполнять как минимум двумя способами: симметричное относительно оси опоры и транспонированное (рис. 6 и 7).

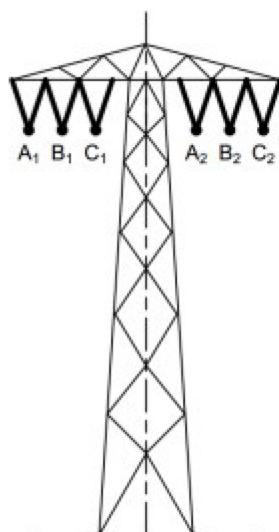


Рис. 6. Современная, компактная двухцепная трехфазная ВЛ на башенной опоре, A1, B1, C1 – фаза первой цепи; A2, B2, C2 – фаза второй цепи

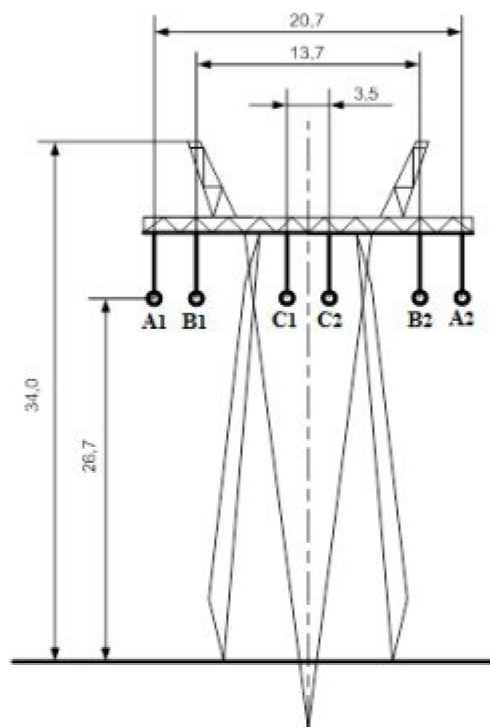


Рис. 7. Современных, компактная двухцепной трехфазных ВЛ с попарным сближением фаз, A1, B1, C1 – фаза первой цепи; A2, B2, C2 – фаза второй цепи

Стоит отметить, что на ряду с компактными ВЛ к современным компактным линиям так же относятся самокомпенсирующиеся УСВЛ, но у них имеются серьезные отличия. Их главным отличием является, то что попарное сближение фаз происходит для разных цепей, соответственно: A1 и A2, B1 и B2, C1 и C2 (рис. 8) — это позволяет производить в процессе работы изменение (регулирование) угла сдвига между векторами напряжений цепей (θ) от 0° до 120° (или до 180°), в зависимости от требуемых параметров режима работы электропередач. При необходимости регулировка угла (θ) может быть осуществлена как плавно, так и дискретно.

Для плавной регулировки потребуется установка фазоповоротных устройств (ФПУ) (рис. 9), которые могут совмещать в себе функции как трансформаторов, так и автотрансформаторов. Дискретная регулирование является более простым, но вместе с тем не менее эффективным, при нем может обеспечиваться два режимных состояния УСВЛ, а именно при $\theta=0^\circ$ или

при $\theta=120^\circ$. Такое регулирование может быть осуществлено путем соответствующего переключения фаз на подстанциях, к которым присоединена УСВЛ (рис. 9) [7].

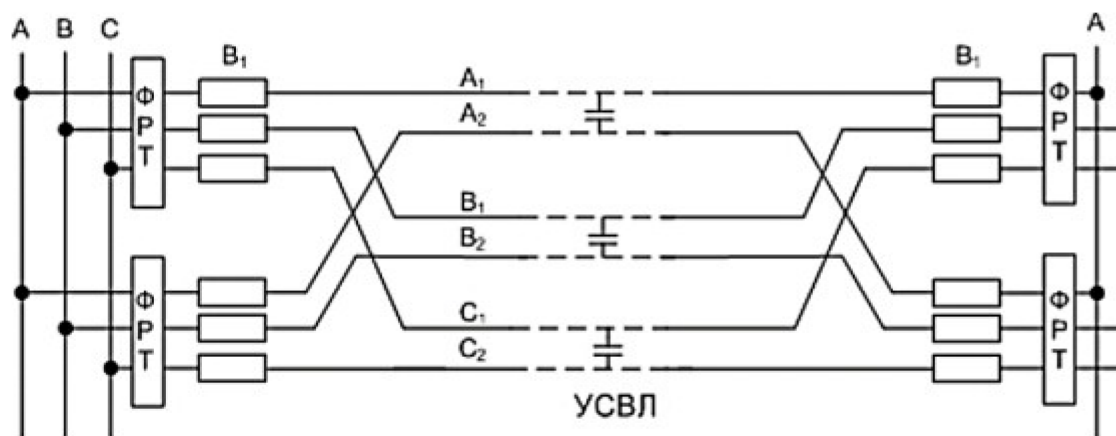


Рис. 8. Схема непрерывного регулирования угла в широком диапазоне с помощью фазорегулирующих устройств и устройств FACTS

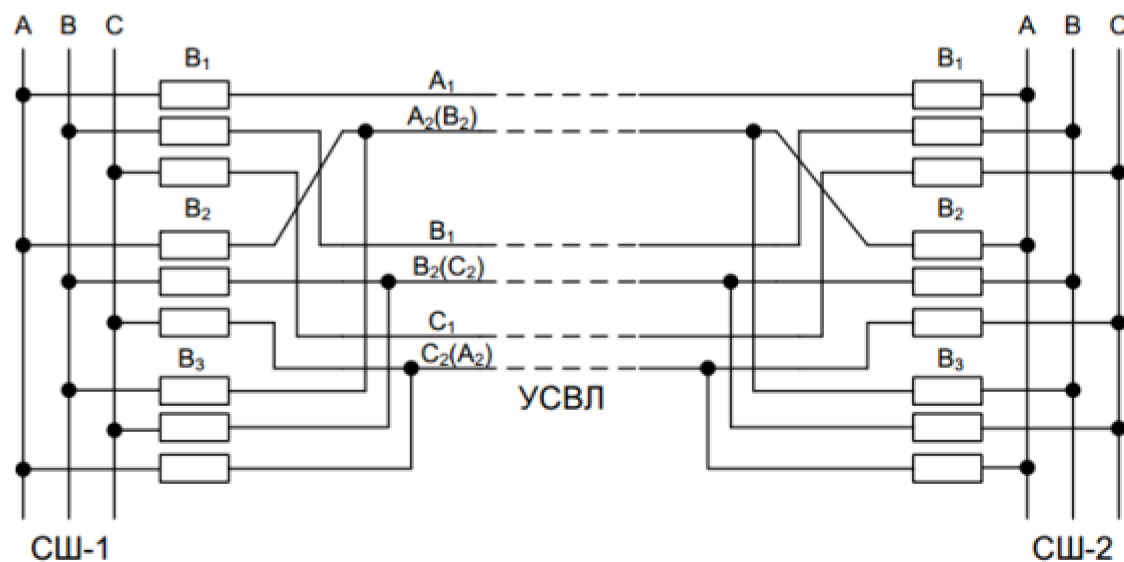


Рис. 9. Схема дискретного регулирования УСВЛ: $\theta=0^\circ$ — включены выключатели B1 и B2 (B3 отключены), $\theta=120^\circ$ — включены выключатели B1 и B3 (B2 отключены)

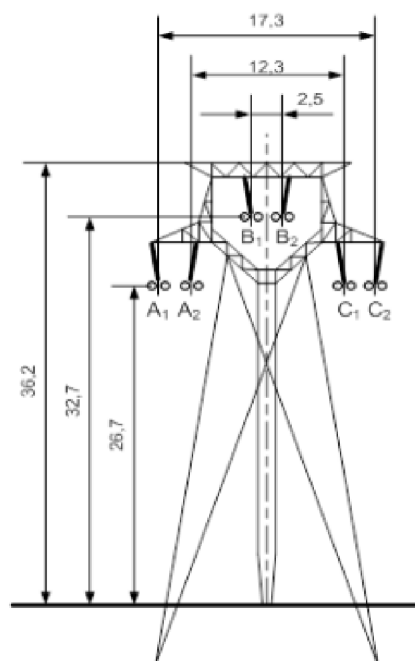


Рис. 10. Компактная двухцепная трехфазная УСВЛ «Чайка», A1, B1, C1 – фаза первой цепи; A2, B2, C2 – фаза второй цепи

Некоторые из отличительных особенностей компактных ВЛ и УСВЛ от обычных ВЛ обуславливается необходимостью производства анализа основных видов ремонтных работ и разработки специальных приемов выполнения некоторых из них. Ремонтные работы на воздушных линиях могут производиться как без напряжения, так и под напряжением. Часть приемов и регламентов проведения ремонтных работ, которые уже достаточно хорошо освоены для обычных ВЛ может быть использована для организации ремонтных работ на современных компактных ВЛ и УСВЛ. На современных компактных ВЛ и УСВЛ под напряжением могут проводиться ремонтные работы и техническое обслуживание такое же, как и на обычных, за исключением работ, связанных с межфазными изоляторами или стягивающими фазы изоляционными элементами. В случае, когда линия отключена, на ней может производиться любые работы, связанные с обслуживанием межфазных изоляторов или стягивающих фазы изоляционными элементами, для этого применяются специальные передвижные подвесные тележки.

При работах, связанных с изолирующими элементами производителем работы устанавливаются специальные приспособления для предварительной фиксации этих элементов. Другие виды ремонтных и эксплуатационных работы которые связаны с работами на опорах, линейной подвесной изоляцией и ОПН будут осуществляться аналогично производимым работам на обычных ВЛ.

Из выше перечисленного следует отметить, что ремонтные работы, выполняемые под напряжением на компактных линиях ВЛ и УСВЛ будут сходным работам на обычных ВЛ, но без приближения к токоведущим частям на расстояние, которое меньше установленного нормативными документами. На компактных ВЛ и УСВЛ находящихся под напряжением недопустимо выполнение работ на фазах, а также на других токоведущих частях, если расстояния между сближениями фаз или другими элементами, которые будут находится под разными потенциалами, меньше установленного нормативными документами. Из этого следует, то что ремонтные работы на компактных одноцепных трехфазных ВЛ на башенной опоре с охватывающим окном (рис. 3) может оказаться недопустимым из-за их предельной компактизации.

При выполнении работ на двухцепных компактных ВЛ (рис. 5–8) необходимо произвести полное отключение одной из цепей, на которой планируется выполнение описанных выше специальных ремонтных работ (например, на фазах в пролете). За счет того, что в УСВЛ попарно сближаются фазы принадлежащие разным цепям у них имеются определенные преимущества над компактными ВЛ. Для этих линий возможны как минимум два режима работы для дискретного регулирования (рис. 6) $\theta=0^\circ$, что позволяет иметь одинаковое напряжение в сближенных фазах или $\theta=120^\circ$, тогда между ними будет линейное напряжение и множество других при плавной регулировке при применении фазарегулирующих устройств (рис. 8).

В случае, когда $\theta=0^\circ$ пару сближенных фаз можно рассматривать как одну фазу с глубоким расщеплением.

На компактных УСВЛ расстояние от одной пары фаз до другой, а также к заземленным элементам опор соизмерима с расстоянием на обычных опорах, поэтому ремонт под напряжением возможен с применением всех приемов и процедур, применяемых для обычных ВЛ с глубоко расщепленными фазами. Но за достоинством работать на УСВЛ под напряжением в режиме $\theta=0^\circ$ скрывается негативный фактор в снижение пропускной способности нежели работы в режиме $\theta=120^\circ$. Если на компактной двухцепной УСВЛ применяется пофазное управление, то при необходимости возможно проведение ремонтных работ с отключением только двух сближенных фаз, при этом работы на них будут проводится как на отключенной ВЛ, разумеется не стоит забывать о том, что 4 других фазы будут находится, а работе. Так же две пары фаз компактных УСВЛ оставшиеся в работе могут обеспечить 4-х фазный режим работы. Он будет осуществляться следующим образом: при $\theta=0^\circ$ и отключении пары фаз A1, A2, две другие пары фаз будут иметь следующую фазировку: B1 и C2, C1 и A2. Это позволяет сохранить полноценные трехфазное питание шин приемной подстанции.

Задание

Подготовьте сообщение (презентацию) на тему «Современные конструкции ЛЭП».

Контрольные вопросы

1. Каким образом увеличивают пропускную способность линии?
2. Назовите отличия самокомпенсирующиеся УСВЛ

Литература

1,3,7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. ПЛАНИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО
СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ

Краткие теоретические сведения

В соответствии с «Инструкцией по снижению технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений» разрабатываются пятилетние планы МСП и годовые планы с разбивкой по кварталам, основой которых являются проекты планов по потерям электроэнергии, результаты расчетов потерь, нормальных режимов электрических сетей за отчетный и планируемый период, предложения к проектам новых планов МСП нижестоящих подразделений, схемы развития электрических сетей, проекты планов по капитальному строительству, ремонту и реконструкции электрических сетей. В том же документе рекомендуется следующая последовательность включения МСП в проекты планов:

1. В первую очередь планируется выполнение организационных мероприятий по оптимизации режимов электрических сетей и совершенствование их эксплуатации, а также мероприятия по совершенствованию систем расчетного и технического учета электроэнергии

2. В пределах выделенных фондов, материальных и трудовых ресурсов планируются технические мероприятия, предусмотренные планами капитального строительства и реконструкции электрических сетей, обеспеченные проектно-сметной документацией и согласованные с подрядчиками. Преимущество первоочередного включения в проекты планов и последующего внедрения имеют технические мероприятия с меньшим сроком окупаемости затрат на внедрение. Срок окупаемости определяется по формуле

$$T_{ок} = \frac{K}{\frac{3 \delta_w - P_a}{100} \cdot 100 - \Delta I} \text{ лет,}$$

где K – затраты на внедрение мероприятия, тыс. руб

$z_э$ - удельные затраты на потери электроэнергии, руб/кВт*ч

δw -приведенные к году снижение потерь энергии от внедрения мероприятий, тыс. кВт*ч

P_a - норма ежегодных амортизационных отчислений капитальных вложений

ΔI_0 - изменение издержек на техническое обслуживание сети после выполнения мероприятий, определяемое по сметным нормам, тыс. руб.

При отсутствии данных о фактических значениях ΔI_0 срок окупаемости определяется по формуле

$$T_{ок} = \frac{K}{\delta w - \frac{P_{\Sigma}}{100} 100 - \Delta I_0} \text{ лет}$$

P_{Σ} – норма суммарных ежегодных отчислений от капитальных вложений, определяемых по «Инструкции....»

При составлении пректа сводного сводного плана мероприятий по энергосистеме срок окупаемости для суммы мероприятия одного наименования подчиненных подразделений определяется по формуле

$$T_{ок} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{z_{эcp} \sum_{i=1}^n \delta w_i - 100 \cdot \frac{P_{\Sigma}}{100} \sum_{i=1}^n K_i} \text{ лет}$$

где

$$\sum_{i=1}^n K_i \sum_{i=1}^n \delta w_i \text{ -соответственно суммарные затраты на внедрение м}$$

суммарное приведенное к году снижение потерь энергии от внедрения технических мероприятий одного наименования подчиненных подразделений, тыс. руб, тыс. кВт*ч

$Z_{ср}$ - средние удельные затраты на потери электроэнергии для n технических мероприятия, руб/кВт*ч

При этом суммирование K_i и δw_i должно вестись отдельно для технических мероприятий с сопутствующим снижением потерь.

При необходимости расчета абсолютного годового экономического эффекта по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях этот эффект рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{K}{T_{ок}} (1 - 0,12T_{ок}), \text{ тыс. руб}$$

Абсолютный годовой экономический эффект от внедрения беззатратных организационных мероприятий определяется по формуле

$$\mathcal{E} = 3\delta W, \text{ тыс. руб}$$

После проведения технических мероприятий, существенно изменяющих схему сети и режим ее работы, последний должен оптимизироваться по новой схеме.

Мероприятия по оптимизации схем и режимов электрических сетей включаются в проект плана ежегодно, если по ним проводятся оптимизационные расчеты и если имеется дополнительный эффект от внедрения планируемых мероприятий по оптимизации по сравнению с существующим оптимальным режимом.

Эффективность каждого последующего мероприятия определяется с учетом уже достигнутого эффекта ,полученного от внедрения всего всего предшествовавшего комплекса организационных и технических мероприятий.

Мероприятия по снижению потерь электроэнергии (МСП) могут быть разделены на 4 группы, имеющие различные механизмы формирования эффекта:

- 1) мероприятия по совершенствованию управления режимами электрических сетей;
- 2) мероприятия по автоматизации управления режимами электрических сетей;
- 3) мероприятия по реконструкции электрических сетей;
- 4) мероприятия по совершенствованию учета электроэнергии.

Мероприятия каждой из перечисленных групп имеют организационные и технические аспекты.

К организационным аспектам МСП относятся:

- внедрение программного обеспечения, проведение расчетов по выбору МСП и оценке их экономических показателей;
- разработка плана мероприятий;
- выпуск организационно-распорядительных документов, устанавливающих ответственность подразделений за те или иные составляющие потерь и за проведение мероприятий по их снижению в установленные планом сроки;
- разработка системы стимулирования персонала к снижению потерь электроэнергии;
- введение системы контроля за проведением работ по снижению потерь электроэнергии и соответствующей системы их учета и анализа;
- выделение средств и материальных ресурсов для приобретения необходимого оборудования, его доставки и установки;

- установление в договорах электроснабжения условий потребления реактивной энергии потребителями в соответствии с действующими нормативными документами.

Перечисленные работы и действия мероприятиями по снижению потерь не являются и непосредственного эффекта, выражающегося в снижении потерь, не имеют.

К техническим аспектам МСП относятся:

- реализация оптимального управления режимами электрических сетей.
- установка и ввод в действие технических средств снижения потерь электроэнергии, средств телеизмерений параметров режима электрических сетей и автоматических устройств управления режимами;

К мероприятиям по совершенствованию управления режимами электрических сетей относятся:

- 1) реализация оптимальных режимов замкнутых электрических сетей 110 кВ и выше по реактивной мощности и напряжению;
- 2) проведение переключений в рабочей схеме сети, обеспечивающих распределение электроэнергии при минимальных потерях;
- 3) перевод неиспользуемых генераторов станций в режим СК;
- 4) осуществление регулирования напряжения в центрах питания радиальных сетей 6-110 кВ, обеспечивающего минимальные потери электроэнергии при допустимых отклонениях напряжения у потребителей электроэнергии;
- 5) размыкание линий 6-35 кВ с двухсторонним питанием в точках, обеспечивающих электроснабжение потребителей при минимальных суммарных потерях электроэнергии в сетях 6-35 кВ и выше;

6) отключение в режимах малых нагрузок одного из трансформаторов на подстанциях с двумя и более трансформаторами; 7) выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ.

К мероприятиям по автоматизации управления режимами электрических сетей относятся:

- 1) установка и ввод в работу автоматических регуляторов напряжения на трансформаторах с РПН;
- 2) установка и ввод в работу автоматических регуляторов источников реактивной мощности;
- 3) установка и ввод в работу средств телеизмерений.

К мероприятиям по реконструкции электрических сетей относятся:

- 1) разукрупнение подстанций, ввод дополнительных ВЛ и трансформаторов для разгрузки перегруженных участков сетей, перемещение трансформаторов с одних подстанций на другие с целью нормализации их загрузки, ввод дополнительных коммутационных аппаратов и т.п.;
- 2) ввод компенсирующих устройств (КУ) на подстанциях энергосистемы;
- 3) ввод технических средств регулирования напряжения (трансформаторов с продольно-поперечным регулированием, вольтодобавочных трансформаторов, трансформаторов с РПН и т.д.).

К мероприятиям по совершенствованию учета электроэнергии относятся:

- 1) обеспечение работы измерительных трансформаторов и электросчетчиков в допустимых условиях (отсутствие недогрузки первичных цепей ТТ, перегрузки вторичных цепей ТТ и ТН, обеспечение требуемых температурных условий, устранение вибраций оснований счетчиков и т.д.);

2) замена измерительных трансформаторов на трансформаторы с улучшенными характеристиками и с номинальными параметрами, соответствующими фактическим нагрузкам;

3) замена существующих приборов учета на приборы с улучшенными характеристиками;

4) установка приборов технического учета электроэнергии на радиальных линиях, отходящих от подстанций (головной учет);

5) периодические проверки условий работы электросчетчиков расчетного учета у потребителей и выявление хищений электроэнергии.

Основное содержание организационных и технических аспектов мероприятий по совершенствованию управления режимами электрических сетей

Расчеты оптимальных режимов замкнутых электрических сетей по реактивной мощности и напряжению осуществляют по специальным оптимизационным программам. Ведение оптимальных режимов диспетчером может осуществляться в соответствии с графиком регулирования устройств, составленным на основании предварительно проведенных прогнозных расчетов (управление в режиме off line), либо в темпе процесса (on line) на основе данных, поступающих от системы телеизмерений (ТИ).

Ведение оптимальных режимов в темпе процесса намного эффективнее, так как использует фактические, а не прогнозные данные о режиме. Для реализации такого управления необходимо:

1) провести оценку наблюдаемости сети (выявление зон, управление которыми возможно с помощью уже установленных средств ТИ), определить оптимальные места установки дополнительных средств ТИ. Такая оценка осуществляется по специальным программам;

2) внедрить программу оценивания режима сети (оценивания состояния), позволяющую рассчитывать режимы на основе данных телеизмерений;

3) внедрить программу оперативного формирования наблюдаемой схемы сети, соответствующей функционирующим в данный момент средствам ТИ и находящимся в работе участкам сети (при выходе из строя датчика ТИ или выводе в ремонт оборудования программа должна формировать новую расчетную схему в соответствии с изменившейся зоной наблюдаемости);

4) внедрить программу оптимизации текущих режимов сети по коэффициентам трансформации и реактивной мощности источников;

5) внедрить программу "Советчик диспетчера", выбирающую в каждый момент времени из полного перечня устройств, оптимальные параметры которых определены программой оптимизации, ограниченный круг устройств, наиболее эффективно влияющих на уровень потерь, и рекомендуемую необходимые действия по изменению их режима.

Выбор оптимальной рабочей схемы сети обычно осуществляют на основе вариантных расчетов. Особо следует рассмотреть возможность размыкания контуров, в которые входят линии различных номинальных напряжений.

Перевод неиспользуемых генераторов в режим СК производят с целью получения дополнительного источника реактивной мощности.

Целесообразность такого перевода определяют на основе сравнения снижения потерь электроэнергии в сети за счет использования этого источника и расхода электроэнергии на его работу.

Оптимальный закон регулирования напряжения в центре питания радиальной сети 35-110 кВ определяют с учетом регулировочных возможностей трансформаторов с РПН 35-110/6-20 кВ и трансформаторов с ПБВ. Основным критерием при этом является минимизация количества

электроэнергии, отпускаемой потребителям с шин трансформаторов с ПБВ с недопустимыми отклонениями напряжения. Регулировочные ответвления трансформаторов с ПБВ напряжением 35-110/6-20 кВ и 6-20/0,4 кВ устанавливают на уровне, обеспечивающем минимальные потери электроэнергии в сети.

Оптимизация мест размыкания сетей 6-35 кВ с двухсторонним питанием осуществляется на основе перебора точек возможного размыкания сети с оценкой изменения потерь как в размыкаемой сети 6-35 кВ, так и в питающих сетях 110-220 кВ, происходящего вследствие перенесения нагрузки с одной узловой подстанции на другую.

Отключение одного из трансформаторов на подстанциях с двумя и более трансформаторами в режимах малых нагрузок производят в случае, если снижение потерь холостого хода превышает происходящее при этом увеличение нагрузочных потерь. Такое отключение может осуществляться как в часы ночных провалов нагрузки, так и в периоды ее сезонного снижения.

Выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ производят путем переключения части абонентов с перегруженных фаз на недогруженные

Основное содержание мероприятий по автоматизации управления режимами электрических сетей

Оптимальные режимы работы ряда устройств определяются местными параметрами текущего режима электрической сети. Их регулирование целесообразно осуществлять с помощью автоматических устройств, установленных непосредственно в точке установки оборудования. Эффект от их установки заключается в более тщательном отслеживании изменений режима, чем это могло бы быть выполнено диспетчером.

Основное содержание мероприятий по реконструкции схем сетей

Реконструкцию схем сетей проводят, исходя из рассмотрения комплекса условий, в которых уровень потерь электроэнергии является одним

из параметров, но, как правило, не основным. Поэтому такую реконструкцию относят не к целевым МСП, а к мероприятиям с сопутствующим снижением потерь. Численное значение снижения потерь определяют на основе сравнения их значений до и после реконструкции.

Ввод компенсирующих устройств и технических средств регулирования напряжения производят, исходя из снижения потерь как основного фактора (как правило). Иногда целью является увеличение пропускной способности сети или нормализация отклонений напряжения. Эффективность этих МСП определяют на основе сравнения потерь до и после их проведения.

Основное содержание мероприятий по совершенствованию учёта электроэнергии

Необходимость обеспечения допустимых условий работы приборов учета, их периодических проверок и выявления хищений электроэнергии не требует особых пояснений.

Обоснование целесообразности замены измерительных трансформаторов и приборов учета на оборудование с улучшенными характеристиками, приоритетную последовательность такой замены и количественную оценку эффективности замены каждого прибора осуществляют на основе расчета снижения потерь электроэнергии, обусловленных погрешностями приборов учета, происходящего при замене приборов.

Установка приборов технического учета электроэнергии на отходящих от подстанции линиях целесообразна на радиальных линиях 35-110 кВ, фидерах 6-10 кВ и линиях 0,4 кВ. Их установка позволяет определять фактические небалансы электроэнергии, увеличить точность расчета технических потерь электроэнергии и локализовать очаги коммерческих потерь.

Задание

Подготовьте сообщение (презентацию) на тему «Мероприятия по снижению потерь электроэнергии».

Контрольные вопросы

1. Каким образом планируют мероприятия по снижению потерь?
2. Как рассчитывается экономический эффект от МСП?
3. Как классифицируются МСП?

Литература

1,3,7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Краткие теоретические сведения

Результатом планирования мероприятий по снижению потерь энергии является конкретный набор организационных и технических мероприятий, обеспечивающих снижение технических ПЭ до экономически обоснованного уровня. В этот набор мероприятий могут также включаться мероприятия по совершенствованию систем расчетного и коммерческого учета электроэнергии, направленные на снижение коммерческих потерь энергии. При этом остается нерешенным вопрос рациональной последовательности выполнения этих мероприятий в течение отчетного периода (месяца, квартала, года).

Объемы материальных ресурсов, необходимых для проведения МСП, определяются при их расчете оптимизационным или иным возможным способом. Далее возникает задача рационального использования трудовых ресурсов, которые может выделить сетевая и энергосбытовая компания в течение года на реализацию запланированных мероприятий.

Эту задачу можно сформулировать и решить следующим образом:

Необходимо составить календарный план выполнения мероприятий по снижению потерь энергии, характеризующихся трудозатратами на их выполнение t_i и годовым эффектом $\mathcal{E}_i$ ($i=1, \dots, N_M$), который обеспечивал бы получение наибольшего суммарного эффекта за период планирования и был удобен с точки зрения его выполнения.

В качестве годовых эффектов $\mathcal{E}_i$ для каждого из N_M мероприятий может использоваться ожидаемое годовое снижение потерь от внедрения данного МСП.

Весь период планирования обычно разбивается на ряд интервалов N_{II}

(месяцев или кварталов), причем для каждого интервала задается величина трудоресурсов T_j , которые могут быть выделены на проведение МСП ($j=1, \dots, N_{II}$). Трудозатраты t_i для организационных и технических МСП должны использоваться в полном объеме за один интервал периода планирования, т.к. только в этом случае мероприятие становится эффективным. Иначе (т.е., если часть мероприятия осуществляется в j -й интервал, а оставшаяся часть – в $j+1$ -й), может возникнуть недопустимый ущерб от перерывов электроснабжения (например, при замене проводов линий или трансформаторов) или недоиспользование капиталовложений (при установке батарей статических конденсаторов). Таким образом, на осуществление ряда МСП накладывается ограничение по единовременности их выполнения (в пределах одного временного интервала).

Составленный годовой план с одной стороны должен удовлетворять требованиям максимальной эффективности, а с другой – равномерности распределения трудозатрат по интервалам. О равномерной напряженности плана можно судить по примерному равенству коэффициентов использования трудоресурсов за периоды, которые определяются как отношение необходимых трудозатрат к выделяемым на данный интервал трудоресурсам.

Указанные требования противоречивы, поскольку максимального эффекта от МСП можно добиться, внедрив их все в начале планового периода. Однако при этом план получается максимально неравномерным. Таким образом, поставленная задача является оптимизационной, а в силу единовременности ряда МСП – еще и целочисленной. Поэтому для ее решения целесообразно использование методов целочисленного программирования.

Для математической формулировки задачи введем следующие обозначения:

x_{ij} – переменная, принимающая в общем случае значения в интервале от нуля до 1, а для МСП, требующих единовременного выполнения, – дискретные значения 0 или 1 в зависимости от того, выполняется

$$\sum_{i=1}^{N_{II}} x_{ij} \leq 1$$

мероприятие i в интервале j или нет, причем $j=1$; τ_j – относительная продолжительность получения эффекта от мероприятия в течение периода планирования, которая для кварталов, например, может быть задана значениями 0,875; 0,625; 0,375; 0,125 ($\frac{7}{8}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{8}$).

Тогда требованию максимальной эффективности плана МСП соответствует целевая функция

$$F_{\Theta}(x) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \Theta_i \tau_j x_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

с наложенными ограничениями

$$\sum_{i=1}^{N_M} x_{ij} t_i \leq T_j, \quad j = 1, \dots, N_{II} \quad (2)$$

Вместе с тем, величины располагаемых трудоресурсов по интервалам T_j обычно известны ориентировочно, поэтому для учета возможности их незначительного превышения имеет смысл в правой части выражения (3.2) ввести коэффициент возможного превышения трудозатрат над трудоресурсами $k_{IIj} \geq 1$, а для учета «ущерба» от этого превышения – ввести в (1) функцию штрафа вида

$$\phi_{uj} = \max \{0, Y_j (T_{3j} - T_j)\}, \quad (3)$$

$$T_{3j} = \sum_{i=1}^N x_{ij} t_i$$

где $i=1$ – суммарные трудозатраты за j -й период.

Значения коэффициентов $k_{\Pi j}$ и удельного «ущерба» от превышения трудоресурсов U_j могут задаваться отдельно для каждого интервала, исходя из технико-экономических показателей работы предприятия. Величина U_j определяет жесткость ограничений на превышение располагаемых трудоресурсов и регламентирует необходимость привлечения дополнительных сил на выполнение МСП.

С учетом функции штрафа (3) целевую функцию (1) и ограничения (2) можно переписать в виде

$$F_{\Sigma}(x) = \sum_{j=1}^{N_{\Pi}} \sum_{i=1}^{N_M} \tau_j (x_{ij} - \max(0, U_j(T_{3j} - T_j))) \rightarrow \max \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^M x_{ij} t_i \leq k_{\Pi j} T_j, \quad j = 1, \dots, N_{\Pi} \quad (5)$$

В том случае, если среди запланированных мероприятий имеются такие, для которых величина x_{ij} может принимать дробные значения, введение функции штрафа (3.3) может оказаться излишним, поскольку в ходе решения задачи для определенного интервала доли таких МСП будут заполнять величину трудозатрат точно до величины выделенных на период трудоресурсов. Это замечание, в первую очередь, относится к такому мероприятию, как проведение рейдов по выявлению неучтенной электроэнергии в производственном и коммунально-бытовом секторах.

Целевая функция $F_{\Sigma}(x)$ сепарабельна по интервалам, т.е.

$$F_{\Sigma}(x) = \sum_{j=1}^{N_{\Pi}} F_{\Sigma j}(x)$$

Поэтому задачу (3.4) можно разбить на N_H отдельных подзадач. Однако, учитывая, что τ_j уменьшается с увеличением j , для обеспечения максимального эффекта следует решать эти подзадачи последовательно, начиная с первого интервала. При этом для каждого последующего интервала $j+1$ определяется величина «недовыполнения» каждого МСП

j

$$x_{i(j+1)} = 1 - \sum_{l=1}^j x_{il}$$

Если эта величина равна нулю, значит, соответствующее мероприятие уже в полном объеме включено в план предыдущих интервалов и из дальнейшего рассмотрения исключается.

Задача (4)–(5) может быть решена с помощью алгоритма «укладки ранца» целочисленного программирования. При этом последовательность расчета такова.

Для всех МСП определяются показатели $\beta_i = \mathcal{E}_i/t_i$, $i=1, \dots, N_M$. Мероприятия ранжируются в порядке убывания показателей β_i , т.е. $\beta_{k-1} \geq \beta_k$, $k=2, \dots, N_M$. Последовательно, начиная с первого интервала ($j=1$), ранжированным переменным по порядку присваиваются максимально возможные значения x_{kj} до тех пор, пока не нарушится условие (3.5). При этом, когда наступает момент

$$T_j \leq \sum_{i=1}^{N_M} x_{ij}t_i \leq k_{\Pi j}T_j$$

присвоение переменным x_{kj} максимальных значений осуществляется путем последовательного перебора всех МСП с $x_{kj} < 1$ и проверки на

постоянное возрастание текущего значения функции $F_{\Sigma j}(x)$. Осуществляется переход к следующему интервалу $j+1$, и процедура расчета повторяется, но в рассмотрении участвуют только те МСП, для которых $x_{k(j+1)} < 1$.

Задача решается последовательно для всех интервалов и определяется эффективный план МСП на плановый период. Однако очевидно, что этот план будет наименее равномерным. Например, в случае превышения выделяемых на период трудоресурсов над суммарными необходимыми трудозатратами на выполнение МСП первые интервалы будут более загруженными, чем последующие. План может оказаться и не самым эффективным за счет сравнительно высоких величин «ущербов» для первых интервалов.

Практическая часть

Задача: В годовой план МСП для рассматриваемого ПЭС были включены мероприятия, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Список мероприятий по снижению потерь энергии

№ МСП	Наименование МСП	Эффект, кВт*ч	Трудозатраты, чел.ч
1.1. 1.	Размыкание контуров Ф122-Ф-202	20058	20
1.1.2.	Размыкание контуров Ф127-Ф-114	26158	20
1.1.3.	Размыкание контуров Ф113-Ф-111	1219	20
1.1.4.	Размыкание контуров Ф136-Ф-142	36823	20
1.1.5.	Размыкание контуров Ф171-Ф-196	23348	40
1.1.6.	Размыкание контуров Ф213-Ф-205	17496	40
1.1.7.	Размыкание контуров Ф152-Ф-161	37012	40
1.1.8.	Размыкание контуров Ф146-Ф-149	21993	40
1.7.1.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Портовая	12153	4
1.7.2.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Чигири	1859	4
1.7.3.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Белогорье	33158	4
1.7.4.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Птицефабрика	33113	4
1.7.5.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Ивановка	8199	4
1.7.6.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Дим	49223	4
1.7.7.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Куропатино	25448	4
1.7.8.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Лазо	16304	4
1.7.9.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Муравьевка	15492	4
1.7.10.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Николаевка	547	4

1.7.11.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Раздольное	21279	4
1.7.12.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Садовое	6054	4
1.7.13.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Степное	4869	4
1.7.14.	Оптимизация напряжения в центре питания ПС Тамбовка	42411	4
2.1.1.	Установка БСК Ф12	402196	192
2.1.2.	Установка БСК Ф168	356632	192
2.1.3.	Установка БСКФ67	466226	192
2.1.4.	Установка БСК Ф203	531209	192
2.1.5.	Установка БСК Ф131	237963	192
2.3.1.	Замена провода Ф94	168237	192
2.3.2.	Замена провода Ф38	226184	256
2.3.3.	Замена провода Ф106	351004	320
2.3.4.	Замена провода Ф 201	418223	320
2.3.5.	Замена провода Ф23	136636	320
ИТОГО		3748726	2664

В столбце «№ МСП» таблицы 1 указаны номера мероприятий, которые состоят из номера вида МСП из типового перечня, приведенного в инструкции, и порядкового номера мероприятия, принятого на предприятии электрических сетей.

В столбце «Наименование МСП» приведены сведения о конкретном месте проведения мероприятия.

В столбце «Эффект» указаны значения величины снижения потерь энергии за год (в кВт.ч) в случае выполнения мероприятия.

В столбце «Трудозатраты» приведены значения трудозатрат (в человеко-часах) на выполнение мероприятий, определенные планово-экономическим отделом предприятия.

Планово-экономическим отделом ПЭС определены трудовые ресурсы, которые может выделить предприятие для внедрения МСП в течение года в размере 3000 чел.ч, т.е. в среднем по 750 чел.ч в квартал.

Задания

Задание 1: Составьте годовой план внедрения МСП в соответствии с подходом, регламентированным Инструкцией по снижению технологического

расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений (мероприятия включаются в план по мере увеличения их порядкового номера, т.е. начиная с мероприятий вида 1.1, затем – 1.7 и только потом мероприятия 2.1 и 2.3.) Результаты оформите в таблице 2:

Квартал	№ МСП	Эффект, кВт*ч	Трудозатраты, чел.ч	Общие трудозатраты, чел.ч	Суммарный годовой эффект, кВт*ч	Приведенный годовой эффект, кВт*ч
1						
2						
ИТОГО	-					

В таблице 2 помимо мероприятий, попавших в определенный квартал, для каждого квартала указаны:

- Общие трудозатраты как сумма трудозатрат МСП, включенных в этот квартал;
- Суммарный годовой эффект как сумма эффектов МСП, включенных в этот квартал;
- Приведенный годовой эффект, равный суммарному годовому эффекту, умноженному на относительную продолжительность получения эффекта τ_j для данного квартала (τ_j равна 0,875; 0,625; 0,375; 0,125 по кварталам).

Задание 2. Составьте годовой план внедрения МСП в соответствии с методом «укладки ранца».

Последовательность расчета алгоритма «укладки ранца» такова.

Для всех МСП определяются показатели

$$\beta_i = \mathcal{E}_i / t_i, i = 1, \dots, N_M \quad (6)$$

Мероприятия ранжируются в порядке убывания показателей β_i , т.е. $\beta_{k-1} \geq \beta_k$, $k=2, \dots, N_M$. Последовательно, начиная с первого интервала ($j=1$), ранжированным переменным по порядку присваиваются максимально возможные значения x_{kj} до тех пор, пока не нарушится условие.

$$\sum_{i=1}^{N_M} x_{ij} t_i \leq k_{\Pi j} T_j, \quad j = 1, \dots, N_{II}.$$

При этом, когда наступает момент

$$T_j \leq \sum_{i=1}^{N_M} x_{ij} t_i \leq k_{\Pi j} T_j$$

присвоение переменным x_{kj} максимальных значений осуществляется путем последовательного перебора всех МСП с $x_{kj} < 1$ и проверки на постоянное возрастание текущего значения функции $F_{\mathfrak{A}j}(x)$. Осуществляется переход к следующему интервалу $j+1$, и процедура расчета повторяется, но в

рассмотрении участвуют только те МСП, для которых $x_{k(j+1)} < 1$.

Порядок выполнения:

Вначале для каждого МСП по формуле (6) рассчитать показатель β_i и все мероприятия были отсортированы в порядке убывания этого показателя.

Результаты сортировки представить в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты сортировки МСП

№ МСП	Эффект, кВт*ч	Трудозатраты, чел.ч	β_i

После сортировки мероприятия распределить по кварталам в соответствии с положениями алгоритма «укладки ранца», т.е. начиная с тех, у которых больше показатель β_i . В результате получить оптимальный годовой план внедрения МСП, представить в таблице 4.

Квартал	№ МСП	Эффект, кВт*ч	Трудозатраты, чел.ч	Общие трудозатраты, чел.ч	Суммарный годовой эффект, кВт*ч	Приведенный годовой эффект, кВт*ч
ИТОГО	-					

Задание 3 (повышенный уровень). Составить календарный план мероприятий с учетом возможной переработки 5% и штрафа за переработку 100 кВт/чел

Контрольные вопросы

1. Как выполняется планирование мероприятий по снижению ПЭ?
2. В чем сложность оптимизационной задачи по планированию МСП?
3. В чем суть метода «укладки ранца»?

Литература

3,5,6

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бушуев, В. В. Мировая энергетика – 2050. Белая книга : учебное пособие / Бушуев В. В. - Москва : Энергия, Институт энергетической стратегии, 2011. - 355 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-98908- 048-9
 - 2 Бушуев, В. В. ТЭК и экономика России. Вчера, сегодня, завтра 1990-2010- 2030 : учебное пособие / Бушуев В. В. - Москва : Энергия, Институт энергетической стратегии, 2011. - 488 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-905696-01-5
 - 3 Основы современной энергетики : учебник : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова, Т. 2, Современная электроэнергетика / под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : МЭИ, 2008. - 632 с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-383-00161-5. - ISBN 978-5-383-00163-9
 - 4 Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю.Д. Сибикин ; М.Ю. Сибикин. - М.|Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 229 с. - ISBN 978-5-4475-2717-4
 - 5 Воропай, Н. И. (1943-). Надежность систем электроснабжения : конспект лекций / Н.И. Воропай ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Иркутский гос. техн. ун-т, Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сиб. отд-ния Рос. акад. наук. - Новосибирск : Наука, 2006. - 205 с. : ил. ; 20. - Библиогр.: с. 181 (12 назв.). - ISBN 5-02-032545-7
 - 6 Основы современной энергетики : курс лекций для менеджеров энергетических компаний : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова, Т. 1, Современная теплоэнергетика / А. Д. Трухний, А. А. Макаров, В. В. Клименко. - М. : МЭИ, 2002. - 368 с. : ил. - Библиогр.: в конце глав. - ISBN 5-7046-0890-6 (Ч.1). - ISBN 5-7046-0889-2
 - 7 Ушаков, В. Я. Современные проблемы электроэнергетики : Учебное пособие / Ушаков В. Я. - Томск : Томский политехнический университет, 2014. - 447 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-4387-0521-5
- МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации самостоятельной работы

по дисциплине «Современные проблемы электроэнергетики»

для студентов направления подготовки /специальности

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»,

Магистерская программа «Мониторинг и управление режимами электрических сетей на базе

интеллектуальных информационно-измерительных систем и технологий "

Методические указания по самостоятельной работе составлены в соответствии с рабочей программы дисциплины «Современные проблемы электроэнергетики» и Положения об учебно-методическом комплексе дисциплины к подготовке выпускника для получения квалификации: магистр.

Утверждены на заседании кафедры АЭСиЭ (протокол №_ от " " _____ 26 г.).

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению 13.04.02

«Электроэнергетика и электротехника», Магистерская программа "Мониторинг и управление режимами электрических сетей на базе интеллектуальных информационно-измерительных систем и технологий"

Составитель:

Доцент кафедры АЭС и Э, канд.техн.наук, Степанова А.А.

Оглавление	3
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	75
1. СТРУКТУРА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	76
2. МЕТОДИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	76
<u>2.1 Выполнение дистанционного группового проекта «Использование</u>	<u>77</u>
<u>НВИЭ в России»</u>	<u>77</u>
<u>2.2. Методика самостоятельной работы по подготовке к лекции</u>	<u>78</u>
<u>2.3. Методика самостоятельной работы по подготовке к практическим</u>	<u>79</u>
<u>занятиям</u>	<u>79</u>
<u>2.4. Методика самостоятельной работы по подготовке реферата, доклада</u>	<u>81</u>
<u>2.5. Методика самостоятельной работы по самостоятельному изучению</u>	<u>84</u>
<u>литературы</u>	<u>84</u>
3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	88

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Дисциплина «Современные проблемы электроэнергетики» является основной, призванной формировать профессиональную подготовку магистрантов, обучающихся по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», магистерская программа "Мониторинг и управление режимами электрических сетей на базе интеллектуальных информационно-измерительных систем и технологий" в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования. Самостоятельная работа, наряду с аудиторными занятиями, составляет основу успешного освоения учебного курса, приобретения профессионализма и повышения компетентности.

1. СТРУКТУРА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Общий объём самостоятельной работы составляет 67,5 астр. час.

Самостоятельная работа распределена следующим образом:

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов (астр)
Дистанционные групповые проекты – совместные блоги, сайты, wiki-документы	Совместный проект "Использование НВИЭ в России"	Групповое задание	15
Подготовка к лекции	Конспект	Собеседование	0.83
Подготовка к практическому занятию	Конспект	Собеседование	5.4
Подготовка реферата, доклада	Реферат	Доклад	11.25
Самостоятельное изучение литературы	Конспект	Собеседование	21.53
ИТОГО			54

2. МЕТОДИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1 Выполнение дистанционного группового проекта «Использование НВИЭ в России»

Выполнения данного вида самостоятельной работы предполагает выполнение и группового научного проекта на заданную тему.

Для реализации совместного проекта предлагается воспользоваться одним из современных средств коллективной работы (например, Google Sites, Google Drive, Яндекс.Диск и т.д.).

В выбранном сервисе необходимо создать документ (сайт, блог и т.д.), дать доступ всем участникам группы.

Каждый участник группы выбирает один из примеров НВИЭ в России, добавляет информацию о нем в коллективный документ. По окончании наполнения документа, документ структурируется: разделы группируются по видам НВИЭ или по времени создания и т.д.

Готовый документ должен быть презентован; в презентации и защите могут принимать участие как один (выбранный) член группы, так и каждый из создателей коллективного документа.

Для выполнения данного вида самостоятельной работы необходимо изучить литературу, материалы, полученные на практике, материалы, представленные в сети Интернет; систематизировать полученную информацию, выполнить ее анализ, сформулировать предложения по заданной тематике.

По каждому НВИЭ необходимо предоставить следующую информацию:

- история или предпосылки создания;
- технические характеристики;
- экологические характеристики; - состояние на сегодняшний день; - перспективы развития.

2.2. Методика самостоятельной работы по подготовке к лекции

При подготовке к лекции в первую очередь необходимо прочитать конспект лекции.

Конспект лекции следует рассматривать как источник информации по конкретной дисциплине или группе дисциплин. Любой источник информации

содержит лишь некоторый набор сведений, далеко не исчерпывающий существующие точки зрения, статистические данные, аналитические выкладки, касающиеся прямо или косвенно данной тематики. В силу этого обстоятельства конспекты лекций рекомендуется расширять и обогащать, активно используя дополнительную литературу.

Даже самого лучшего конспекта недостаточно, чтобы безупречно подготовиться к тесту, семинару, зачету, экзамену. Конспект лекций – один (но далеко не единственный) из основных источников информации по конкретному курсу, помимо рекомендованных учебников, учебных и учебно-методических пособий, научных работ, аналитических и статистических сборников и прочего. При этом преподаватель в процессе оценки знаний студента обычно ориентируется именно на прочитанные им лекции, поэтому конспекты следует использовать при подготовке к ответу в обязательном порядке.

Во-первых, тему целесообразно учить в соответствии с планом, отмеченным в конспекте. В учебниках различных авторов в соответствии с их подходом к преподаванию дисциплины темы могут излагаться в различном порядке.

Во-вторых, рекомендованная преподавателем литература по соответствующей теме, отмеченная в конспекте, будет нужна для более широкого обзора темы и охвата всех вопросов, предложенных преподавателем. При этом самостоятельно, без консультации преподавателя, дополнительную литературу подобрать достаточно сложно.

В-третьих, в конспекте содержится уже проработанная информация, не требующая детального подхода к изучению. Стил ь изложения материала в различных литературных источниках далеко не всегда бывает доступным.

В-четвертых, содержание конспекта – минимум, который студент обязан знать в обязательном порядке в соответствии с учебным планом. При этом в авторских учебниках и пособиях отдельным разделам может уделяться

большее внимание, чем остальным, а ваш лектор может иметь на этот счет собственное мнение.

В-пятых, конспект окажет вам большую услугу, если рассматривать его как маленькую энциклопедию важнейших вопросов, которые могут быть вам заданы преподавателем. Большинство вопросов при итоговой оценке знаний будет задано с учетом того, что в лекциях предлагались ответы на них.

2.3. Методика самостоятельной работы по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия по дисциплине предполагают изучение определенной проблемы и возможности ее решения. В ходе самостоятельной подготовки к практическим занятиям студенты готовят программы расчетов, обрабатывают результаты и составляют отчеты.

Форма отчётности – наличие отчетов по решенным задачам, правильность которых проверяет преподаватель и делает соответствующие пометки в журнале.

Ряд практических занятий проводится в форме дискуссии, на которых проходит обсуждение конкретных проблем электроэнергетики. Обсуждения направлены на освоение научных основ, эффективных методов и приемов решения конкретных практических задач, на развитие способностей к творческому использованию получаемых знаний и навыков. Основная цель заключается в закреплении знаний полученных в ходе прослушивания лекционного материала. Семинар проводится в форме устного опроса студентов по вопросам семинарских занятий, а также в виде решения практических задач или моделирования практической ситуации. В ходе подготовки к семинару студенту следует просмотреть материалы лекции, а затем начать изучение учебной литературы. Следует знать, что освещение того или иного вопроса в литературе часто является личным мнением автора,

построенного на анализе различных источников, поэтому следует не ограничиваться одним учебником или монографией, а рассмотреть как можно больше материала по интересующей теме.

В ходе самостоятельной работы студенту необходимо отслеживать научные статьи в специализированных изданиях.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Проработать конспект лекций;
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу;
3. Ответить на вопросы плана семинарского занятия;
4. Выполнить домашнее задание;
5. Проработать тестовые задания и задачи;
6. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

При подготовке к семинарским занятиям следует руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя, использовать основную литературу из представленного им списка. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «дополнительная» в представленном списке. При подготовке доклада на семинарское занятие желательно заранее обсудить с преподавателем перечень используемой литературы, за день до семинарского занятия предупредить о необходимых для предоставления материала технических средствах, напечатанный текст доклада предоставить преподавателю

2.4. Методика самостоятельной работы по подготовке реферата, доклада

Реферат – это один из самых сложных видов самостоятельной работы с книгой, а для этого следует овладеть более простыми приемами работы – разработкой плана, составлением тезисов и конспектов. Подготовка реферата и выступление с его изложением углубляет знания, расширяет кругозор,

приучает логически, творчески мыслить, развивать культуру речи.

При просмотре литературы намечается ориентировочный план реферата, в который включается обычно 3-4 основных вопроса или раздела. Каждом из разделов формулируются подвопросы, помогающие последовательно раскрыть содержание проблемы.

В процессе изучения материала формулировки подвопросов и разделов обычно уточняются. При реферировании следует делать выписки, записывать мысли, возникающие при чтении; следует также точно записывать и определения тех понятий, которые будут использованы в реферате. Из прочитанной литературы нужно заимствовать не буквальный текст, а важнейшие мысли, идеи, теоретические положения; можно цитировать небольшие отрывки, приводить диаграммы, схемы, чертежи, но главное – высказывать собственные соображения по вопросам реферата. Приведенные выше советы следует рассматривать как примерные, предполагающие и другие подходы, поскольку у каждого человека вырабатываются свои приемы и навыки составления рефератов. Большую помощь в работе над рефератом оказывают предисловия к монографиям и сборникам. В них можно найти сведения о цели издания, а также о существующих пробелах в исследовании.

При разработке плана реферата важно учитывать, чтобы каждый его пункт раскрывал одну из сторон избранной темы, а все пункты в совокупности охватывали тему целиком. Различают несколько композиционных решений реферата: во-первых, хронологическое, когда тема раскрывается в исторической последовательности; во-вторых, описательное, при котором тема расчленяется на составные части, в целом раскрывающие определенное явление; в-третьих, аналитическое, когда тема исследуется в ее причинно-следственных связях и взаимозависимых проблемах. Важно следить за тем, чтобы каждый пункт плана был соотнесен с главной темой и не содержал повторения в других пунктах. Важными разделами реферата является вступление и заключение. Во вступлении надо обосновать актуальность темы, обозначить круг составляющих ее проблем, четко и кратко

определить задачу своей работы. В заключении делаются краткие выводы, подводятся итоги. В конце реферата должен быть приложен список литературы.

В отличие от тематического конспекта реферат требует большей творческой активности, самостоятельности в обобщении изученной литературы, умения логически стройно изложить материал, оценить различные точки зрения на исследуемую проблему и высказать о ней собственное мнение. В реферате важно связать теоретические положения с практикой.

Итак, реферат – это самостоятельное произведение автора, которое должно свидетельствовать о знании литературы по данной теме, ее основной проблематике, отражать точку зрения автора реферата на эту проблематику, его умение осмысливать явления жизни на основе теоретических знаний.

При оценке реферата обычно руководствуются следующими критериями:

1. Удалось ли его автору раскрыть сущность данной проблемы;
2. Сумел ли автор показать связь рассматриваемой проблемы с жизнью;
3. Проявил ли автор самостоятельность и творческий подход в изложении реферата;
4. Можно ли считать реферат логически стройным и т.д.

Для подготовки реферата (доклада) предлагаются следующие темы:

1. Состояние и перспективы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии
2. Современные подходы к конструкции электрических машин
3. Методы и средства регулирования частоты в энергосистеме
4. Использование объектов постоянного тока в мировой электроэнергетике
5. Современные устройства проводов для воздушных линий

электропередачи

6. Преобразователи электроэнергии
7. Сверхпроводящие кабели для линий электропередачи
8. Применение силовой электроники в электроэнергетике
9. Современное состояние и тенденции развития

трансформаторостроения

10. Баланс реактивной мощности и регулирования напряжения в энергосистеме
11. Современные конструкции ЛЭП
12. Идентификация параметров моделей элементов электропередачи
13. Проблемы нетрадиционной энергетики и экологии
14. Средства управляемой компенсации
15. Тенденции мирового развития энергетики
16. Волоконно-оптические кабели для подвески на воздушных ЛЭП
17. Современная структура электроэнергетической отрасли России

2.5. Методика самостоятельной работы по самостоятельному изучению литературы

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в **изучении литературы**. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Поэтому надо научиться делать эту работу рационально, то есть необходимо учиться читать.

Методы эффективной работы с книгой в целях развития интеллекта можно условно разделить на две группы:

1. Правильная организация процесса чтения
2. Повышение скорости чтения и восприятия.

В комплексе оба метода могут в 2-3 раза сократить время прочтения различных материалов.

При чтении текста мозг формирует «свою трактовку содержания» прочитанного. Происходит перекодирование сообщения на языке собственных мыслей читателя. Мозг выделяет «ядерное», сущностное значение из текста. Эффективность такой перекодировки зависит от осмысления и внимательности чтения.

Дифференциальный алгоритм чтения в соответствии с блоками позволяет реализовать логико-семантический анализ текста: вначале выделить ключевые слова, затем построить смысловые ряды и, наконец, выделив цепь знаний, сформулировать доминанту. Именно так и только так (по О.А. Андрееву) можно увидеть главное, действительно, проникнуть в суть вещей, явлений, излагаемых автором.

Возможны три основных способа чтения.

- Первый способ – артикуляция или проговаривание вслух (или почти вслух) того, что читаешь. Скорость такого чтения невелика.
- Второй способ – чтение про себя, при котором речевой процесс проявлен в форме внутренней речи, то есть без открытой артикуляции. Текст, при этом усваивается более эффективно. Способ в принципе допускает быстрое чтение.
- Третий, наиболее совершенный способ чтения – тоже молча, но в условиях максимального сжатия внутренней речи, при котором она проявляется в виде коротких залпов ключевых слов и смысловых рядов, адекватно отражающих смысл текста.

Итак, артикуляция замедляет процесс чтения и от нее необходимо избавиться. Однако не приведет ли сокращение артикуляции при повышении скорости чтения к снижению качества восприятия и осмысления полученной информации?

Как показали исследования психологов, иногда при чтении слова могут быть заменены наглядными представлениями, пространственными схемами. Целые группы слов – одним словом.

Быстро читающие люди обладают способностью, не проговаривая читаемый текст, сразу улавливать и фиксировать замысел автора, а затем усваивать его на уровне внутренней речи. В этом случае, несмотря на высокую скорость чтения, происходит глубокое понимание и усвоение прочитанного, так как основная идея понятна с самого начала. Задачу научиться такому чтению можно решать в два этапа. Первый предполагает сокращение артикуляции, если она ярко выражена, второй – овладение приемами чтения, при которых текст воспринимается крупными информационными блоками.

Перед углубленным чтением любого текста (статьи, книги, конспекта, лекции перед экзаменом) сначала бегло просмотрите его целиком. При этом постарайтесь выявить основные стержневые идеи, наиболее крупные части и логику их изложения. Лишь после такого просмотра переходите к более детальному чтению.

Перед чтением статьи или параграфа учебника попробуйте проделать следующее: прочитайте внимательно первый абзац, потом бегло просмотрите первые или последние фразы следующих абзацев (в них обычно содержится основная информация), обратите внимание на курсивы, разрядки, подзаголовочный текст и, наконец, внимательно прочтите один-два последних абзаца; постарайтесь выявить основное направление текста и его построение.

Прочитав в тексте интересную идею, полезно остановить свое внимание на ней, прислушаться к тем мыслям, которые она у вас вызвала, подумать о тех последствиях, которые из нее вытекают, попытаться развивать ее дальше.

Существенно замедляют чтение регрессии – частые возвратные движения глаз, многократное повторное прочитывание материала.

Возвратиться к уже прочитанному, но недостаточно хорошо понятому участку лучше всего, когда прочитан законченный смысловой фрагмент текста и сделана хотя бы попытка его осмысления, а не в процессе чтения предложения.

Любой текст не однороден по своей информационной насыщенности. В некоторых предложениях, абзацах сконцентрировано очень много информации, например, формулируются основные положения, ведущие идеи и т.д., а другие служат лишь иллюстрацией, фоном. Таким образом, текст имеет «смысловой рельеф». Чем точнее читатель умеет определить степень важности каждого отрезка текста и приспособить к «смысловому барьеру» способ своего чтения (то есть замедлить и углубить в более важных местах и ускорять в менее важных), тем продуктивнее чтение. Постарайтесь гибко варьировать способ работы с текстом в соответствии с его «смысловым барьером».

Чтобы чтение было эффективным, попробуйте по прочитанному всегда отвечать на 6 вопросов: *«Кто делает? Что делает? Когда? Почему? Где? Как?»*

Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько **форм записей**, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование, реферирование.

3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить следующие виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Дистанционные групповые проекты – совместные блоги, сайты, wiki-документы, тематические web-страницы и web-квесты	1 2 3 4	1 2 3	2	2
2	Подготовка к лекции		1 2 3	2	1 2
3	Подготовка к практическому занятию	1 2 3 4	1 2 3	1 2	1 2
4	Подготовка реферата, доклада	1 2 3 4	1 2 3	2	1 2
5	Самостоятельное изучение литературы	1 2 3 4	1 3	2	1 2

Основная литература

1 Бушуев, В. В. Мировая энергетика – 2050. Белая книга : учебное пособие / Бушуев В. В. - Москва : Энергия, Институт энергетической стратегии, 2011. - 355 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

- ISBN 978-5-98908-048-9

2 Бушуев, В. В. ТЭК и экономика России. Вчера, сегодня, завтра 1990-2010-2030 : учебное пособие / Бушуев В. В. - Москва : Энергия, Институт энергетической стратегии, 2011. - 488 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-905696-01-5

3 Основы современной энергетики : учебник : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова, Т. 2, Современная электроэнергетика / под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : МЭИ, 2008. - 632 с. : ил. -

Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-383-00161-5. - ISBN 978-5-383-00163- 9
4 Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ю.Д. Сибикин ; М.Ю. Сибикин. - М.|Берлин : Директ-Медиа, 2014. - 229

с. - ISBN 978-5-4475-2717-4

Дополнительная литература:

1 Воропай, Н. И. (1943-). Надежность систем электроснабжения : конспект лекций / Н.И. Воропай ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Иркутский гос. техн. ун-т, Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сиб. отд-ния Рос. акад. наук. - Новосибирск : Наука, 2006. - 205 с. : ил. ; 20. - Библиогр.: с. 181 (12 назв.). - ISBN 5-02-032545-7

2 Основы современной энергетики : курс лекций для менеджеров энергетических компаний : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова, Т. 1, Современная теплоэнергетика / А. Д. Трухний, А. А. Макаров, В. В.

Клименко. - М. : МЭИ, 2002. - 368 с. : ил. - Библиогр.: в конце глав. - ISBN 5-7046-0890-6 (Ч.1). - ISBN 5-7046-0889-2

3 Ушаков, В. Я. Современные проблемы электроэнергетики : Учебное пособие / Ушаков В. Я. - Томск : Томский политехнический университет, 2014. - 447 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-4387-0521-5

Методическая литература

1 Степанова А.А. Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Современные проблемы энергетики» (эл. вид),

СКФУ, 2018

2 Степанова А.А. Методические указания по самостоятельной работе по дисциплине «Современные проблемы энергетики» (эл. вид), СКФУ,

«Интернет» 1 Основные направления снижения потерь электроэнергии. Энергия единой сети. № 2, 2012 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://labsm.ru/pluginfile.php/740/mod_resource/content/2/.

2 Энергетика будущего. Международный проект ИТЭР. [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.iterrf.ru/upload/docs/Booklet_new.pdf