

ББК 31.27-01 я 73
Ч 42

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного
университета*

Чемборисова Н.Ш.

АСДУ и оптимизация режимов: Лабораторный практикум для студентов специальностей 100100, 100200, 100400, 210400 очной и заочной форм обучения
Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2002.

В пособии приведены краткие теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ, таблицы исходных данных и таблицы для оформления результатов. Это практическое руководство для выполнения лабораторных работ по курсам "АСУ и оптимизация режимов ЭЭС", "АСДУ и оптимизация режимов ЭЭС".

Рецензенты: Л.П. Чеботова, начальник сектора режимов ОАО "Амурэнерго".

Лабораторная работа №1

КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ РЕЖИМА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПО АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Цель работы

Получение и численное исследование критерия экономичности режима электроэнергетической системы по активной мощности.

Задание на работу

1. Изучить краткие теоретические сведения и дать ответы на контрольные вопросы.
2. По заданному преподавателем номеру варианта выбрать исходные данные для работы и провести предварительную подготовку к ней. Построить необходимые графики и сделать выводы.
3. Провести расчеты на ЭВМ и оформить результаты в соответствии с пунктом «Порядок выполнения работы».
4. Составить отчет по лабораторной работе, включающий все полученные данные, графики, распечатку и сделанные выводы.

Краткие теоретические сведения

Расходная характеристика $B_1=f(P_1)$ представляет собой зависимость часового расхода условного топлива B от генерируемой активной мощности P , изменяющейся в диапазоне $[P_{\min}, P_{\max}]$. Начальный расход B_0 используется на генерацию минимально возможной P_{\min} (рис.1.1). По расходной характеристике методом численного дифференцирования можно приблизительно получить характеристику относительных приростов (ХОП) $b=\varphi(P_1)$, причем (рис.1.1, 1.2):

$$b = \frac{dB}{dP} \cong \frac{\Delta B}{\Delta P} = \frac{B^{(2)} - B^{(1)}}{P^{(2)} - P^{(1)}}$$

Обратный переход осуществляется методом численного интегрирования. Так, площадь ΔB криволинейной трапеции (рис.1.2) можно приблизительно определить по формуле:

$$\Delta B = \frac{1}{2}(b^{(2)} - b^{(1)})(P^{(2)} - P^{(1)}),$$

тогда

$$B^{(2)} = B^{(1)} + \Delta B$$

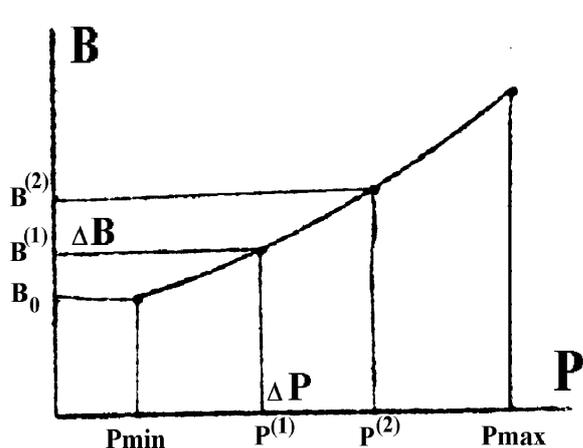


Рис. 1.1

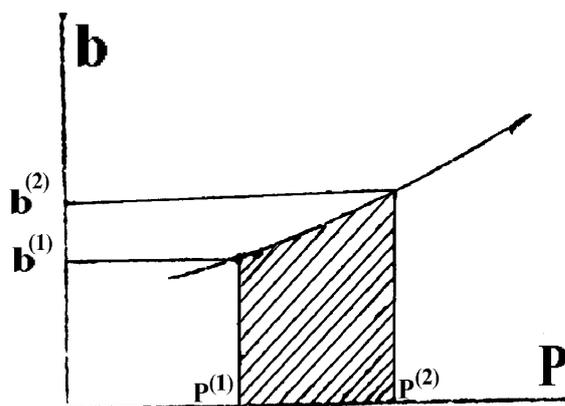
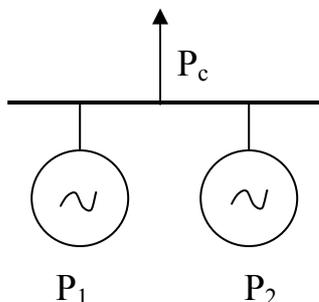


Рис. 1.2

Если две станции работают на общую нагрузку P_c (рис.1.3), то в каждый момент времени должно выполняться следующее условие баланса мощности:



$$P_c = P_1 + P_2 .$$

Суммарный расход топлива в такой схеме :

$$B_{\Sigma} = B_1 + B_2 .$$

Рис. 1.3

Если произвольным образом загрузить первую станцию до значения $P_1^{(0)}$, то мощность второй станции составит $P_2^{(0)} = P_c - P_1^{(0)}$.

Чтобы оценить экономичность такого распределения, разгрузим первую станцию от значения $P_1^{(0)}$ до $P_1^{(1)} = P_1^{(0)} - \Delta P$. Тогда вторую станцию нужно загрузить на величину

$$P_2^{(1)} = P_2^{(0)} + \Delta P .$$

Такая операция приведет к уменьшению расхода первой станции на ΔB_1 и увеличению расхода второй станции на ΔB_2 . Пусть $\Delta B_2^{(1)}$ больше $\Delta B_2^{(2)}$, т. е. суммарный расход двух станций увеличился на :

$$\Delta \Delta B_1^{(1)} = B_2^{(1)} - \Delta B_1^{(1)} > 0$$

При загрузке первой станции на ΔP и разгрузке второй на столько же

$$P_1^{(2)} = P_1^{(0)} + \Delta P ,$$

$$P_2^{(2)} = P_2^{(0)} - \Delta P ,$$

получим

$$\Delta \Delta B_2^{(2)} = \Delta B_2^{(1)} - \Delta B_1^{(2)} < 0,$$

т. е. налицо экономический выигрыш. Продолжая действовать в этом же направлении, можно убедиться, что наиболее экономичным режимом является случай, когда

$$\Delta B_2 = \Delta B_1.$$

Из условия баланса мощностей: $\Delta P_1 = \Delta P_2$, тогда можно получить

$$\frac{\Delta B_1}{\Delta P_1} = \frac{\Delta B_2}{\Delta P_2},$$

или в пределе

$$b_1 = b_2.$$

Этот вывод можно обобщить и при наличии в системе “ n ” станций, т. е.

$$b_1 = b_2 = \dots = b_n.$$

Таким образом, критерием экономичности распределения активной нагрузки энергосистемы является равенство относительных приростов станций.

Контрольные вопросы

1. Дать определение расходной характеристики относительных приростов. В каких единицах они измеряются?
2. Как по расходной характеристике графически построить ХОП?
3. Как по ХОП приблизительно определить расходную характеристику?
4. На что используется минимальный расход топлива B_0 ?
5. Вывести критерий оптимального распределения мощности между станциями.

Предварительная подготовка к работе

По заданному преподавателем варианту исходных характеристик $b_1(P_1)$ и $b_2(P_2)$ построить зависимость $B_1(P_1)$ и $B_2(P_2)$. Величину интервалов, на которые разбивается диапазон мощностей $[P_{\min}, P_{\max}]$, принять равным 10 МВт. Построить зависимость $B_{\Sigma}(P_1)$. Определить на графике минимальное значение B_{Σ} и соответствующую мощность P_1 . Вычислить P_2 и получить значение b_1 и b_2 на ХОП. Убедиться в их равенстве.

Порядок выполнения работы

1. Используется следующая информация:

количество точек “n” на ХОП;

начальный расход V_0 , т.у.т.;

координаты точек ХОП: $[b_1P_1], [b_2P_2] \dots [b_nP_n]$;

нагрузка энергосистемы P_c .

Процесс увеличения с шагом ΔP мощности P_1 от $P_{1\min}$ и расчете $P_2, V_1(P_1)$ и $V_2(P_2)$ продолжается до достижения $P_{1\max}$.

2. После окончания расчета построить зависимость $B_\Sigma = V_1(P_1) + V_2(P_2)$ при $P_1 + P_2 = P_0$ для $P_1 = P_{1\min} \dots P_{1\max}$ с шагом ΔP . Определить из нее минимальный суммарный расход $\sum B$ и отвечающую ему мощность $P_1^{\text{опт}}$.

3. Значение $P_2^{\text{опт}}$ определяется как $P_2^{\text{опт}} = P_c - P_1^{\text{опт}}$.

4. Определить на ХОП значения b_1 и b_2 , соответствующие P_1 и P_2 .

5. Сравнить b_1 и b_2 и убедиться в их равенстве.

Варианты исходных данных по лабораторной работе 1

ХОП № 1 и 2	№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
	P_c МВт	200	210	220	230	240	250	260	270
ХОП № 1 и 5	№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
	P_c МВт	220	230	240	250	260	270	280	290
ХОП № 5 и 6	№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
	P_c МВт	255	260	270	275	280	290	300	305

Характеристики относительных приростов (ХОП) взять из работы № 2.

Лабораторная работа № 2

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ МЕЖДУ ТЭС

Цель работы:

Ознакомление с методикой распределения суточного графика активной нагрузки энергосистемы между тепловыми электростанциями.

Краткие теоретические сведения

Для концентрированной энергосистемы, в которой содержатся только тепловые электростанции, баланс активных мощностей в сети запишется в виде:

$$W = \sum_{i=1}^m P_i - P_H,$$

где P_i – активная мощность, генерируемая i -ой станцией;

P_H – нагрузка энергосистемы;

m – количество станций в сети.

Суммарный расход топлива по всей энергосистеме составит:

$$B = \sum_{i=1}^m B_i (P_i),$$

здесь B_i – расход топлива на генерацию мощности P_i на i -й станции.

Для получения минимального расхода топлива B с учетом соблюдения баланса мощностей воспользуемся методом Лагранжа с функцией

$$L = B + \mu W$$

(μ – некоторый постоянный коэффициент).

Минимум L можно определить, взяв частные производные от L по P_i и приравняв их к нулю

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = 0,$$

или

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial P_1} &= \frac{\partial B}{\partial P_1} + \mu = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial P_2} &= \frac{\partial B}{\partial P_2} + \mu = 0 \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{\partial L}{\partial P_m} &= \frac{\partial B}{\partial P_m} + \mu = 0 \end{aligned}$$

отсюда

$$-\mu = \frac{\partial B}{\partial P_1} = \frac{\partial B}{\partial P_2} = \dots = \frac{\partial B}{\partial P_m}$$

Но производная $\frac{\partial B}{\partial P_i} = b_i$ – это относительный прирост расхода топлива на i -й

ТЭС. Тогда критерием оптимальности является

$$b_1 = b_2 = \dots = b_m,$$

т. е. равенство относительных приростов всех станций.

Практическое решение задачи получения минимального расхода топлива можно осуществить по следующей схеме:

- 1) по заданным ХОП станций $b_i = f(P_i)$ произвести их суммирование и получить эквивалентную характеристику $b_c = f(P_c)$;
- 2) для рассматриваемой нагрузки энергосистемы на эквивалентной характеристике определить b_c по значению P_c ;
- 3) на ХОП каждой станции отыскиваются мощности P_1, P_2, \dots, P_m , соответствующие значению b_c .

Пункт 1 выполняется так, как показано на рис.2.1.

Задаются значением $b_c^{(1)}$ и проводят прямую параллельную оси абсцисс по всем трем графикам до пересечения с ними. Полученные значения $P_1^{(1)}, P_2^{(1)}$ и $P_3^{(1)}$ суммируются, в результате чего определяется $P_c^{(1)}$:

$$P_c^{(1)} = P_1^{(1)} + P_2^{(1)} + P_3^{(1)}$$

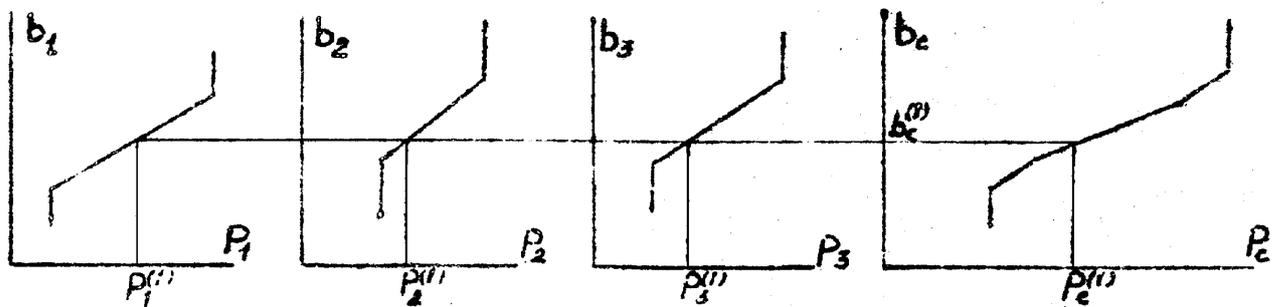


Рис. 2.1

На эквивалентной характеристике таким образом получена первая точка с координатами $[b_c^{(1)}, P_c^{(1)}]$. Повторяют эту операцию, задаваясь значениями $b_c^{(2)}, b_c^{(3)}$ до получения

$$P_{c \max} = P_{2 \max} + P_{3 \max}.$$

Построив суммарную характеристику, можно, отложив на оси активных мощностей P_c , определить b_c и по нему обратным ходом получить P_1, P_2, P_3 , то есть выполнить пункты 2 и 3.

Контрольные вопросы

1. Как записать функцию Ланранжа для концентрированной ЭЭС? Дать определение ее составляющим.
2. Каким образом определяется минимум функции Ланранжа?
3. Каков критерий оптимального распределения активных мощностей между ТЭС?
4. Как практически решается задача оптимального распределения между ТЭС?
5. Как по определенным характеристикам $b_i (P_i)$ станций построить $b_c (P_c)$?

Задание на работу

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями и дать ответы на контрольные вопросы.
2. Произвести предварительную подготовку к работе в соответствии со следующим ниже списком.

Предварительная подготовка

1. По номеру варианта, заданному преподавателем, подготовить исходные данные в следующем порядке:
 - количество расчетных станций m ;
 - количество расчетных интервалов t (допускается от 1 до 24 часов);
 - график нагрузки энергосистемы;
 - характеристики относительных приростов станций.
 Сначала количество точек “ n ” на ХОП и начальный расход V_0 . Затем координаты точек ХОП: $[b_1, P_1] \dots [b_n, P_n]$.
2. Построить характеристики $b_i = f(P_i)$ для каждой из станций и суммарную $b_c = f(P_c)$ на миллиметровой бумаге.
3. Произвести графическое распределение графика $P_c(t)$ между электростанциями. Результаты свести в таблицу.

Таблица 1

Расчетный час	1	2	3	T
$P_c, \text{МВт}$				
$P_1, \text{МВт}$				
$P_2, \text{МВт}$				
$P_m, \text{МВт}$				

Порядок выполнения работы

1. Провести расчет с использованием ЭВМ .
2. Заполнить таблицы результатов:
суммарная (эквивалентная) ХОП энергосистемы (табл. 2);

Таблица 2

$b_c,$	
$P_c, \text{МВт}$	

нагрузки P_i и расходы топлива B_i для каждого часа расчетного интервала (табл.3);

Таблица 3

№ станции	t, час	1	2	3	t
1	$P_1,$ МВт				
	$B_1,$ тут				
2	$P_2,$ МВт				
	$B_2,$ тут				
m	$P_m,$ МВт				
	$B_m,$ тут				

3. Сопоставить данные, полученные в табл. 1 и 3, и убедиться в правильности предварительных расчетов и выводов.

1.Каталог характеристик относительных приростов (ХОП)

Таблица 4

№ ХОП	K_T	B_0	$b, \text{тут/МВт}$	0,30 80	0,31 100	0,33 110	0,36 130	0,38 150
1	5	20	$P, \text{МВт}$					
2	5	22	$b, \text{тут/МВт}$	0,31 90	0,32 140	0,34 170	0,36 180	0,39 200
3	4	28	$P, \text{МВт}$	0,31 210	0,32 240	0,34 280	0,36 300	_____
4	4	22	$P, \text{МВт}$	0,32 80	0,34 110	0,37 140	0,40 160	_____

продолжение табл.4

№ ХОП	K_T	B_0	$b, \text{тУТ/МВт}$ $P, \text{МВт}$	0,32 120	0,33 140	0,35 160	0,38 190	0,40 210
5	5	25						
6	5	30	$b, \text{тУТ/МВт}$ $P, \text{МВт}$	0,33 110	0,34 130	0,36 140	0,38 160	0,42 190
7	5	30	$b, \text{тУТ/МВт}$ $P, \text{МВт}$	0,34 210	0,35 230	0,37 240	0,39 260	0,41 300
8	5	20	$b, \text{тУТ/МВт}$ $P, \text{МВт}$	0,32 80	0,33 100	0,35 110	0,37 130	0,39 160
9	5	25	$b, \text{тУТ/МВт}$ $P, \text{МВт}$	0,31 110	0,33 140	0,36 170	0,37 200	0,39 210
10	5	20	$b, \text{тУТ/МВт}$ $P, \text{МВт}$	0,31 60	0,32 100	0,34 120	0,36 140	0,38 150
11	5	30	$b, \text{тУТ/МВт}$ $P, \text{МВт}$	0,32 120	0,33 140	0,35 160	0,37 180	0,40 200
12	5	25	$b, \text{тУТ/МВт}$ $P, \text{МВт}$	0,32 200	0,33 220	0,34 250	0,35 270	0,38 320

График нагрузки ЭЭС в табл. 5

Таблица 5

$t, \text{ час}$		1	2	3	4
Вариант 1	$P, \text{ МВт}$	430	520	580	460
Вариант 2	$P, \text{ МВт}$	420	600	670	540
Вариант 3	$P, \text{ МВт}$	300	470	520	410
Вариант 4	$P, \text{ МВт}$	440	480	630	520

Варианты с набором ХОП в табл.6

Таблица 6

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
№ графика	1	1	1	2	3	2	1	1
№ ХОП	1,2,3	1,3,4	1,3,5	2,3,6	2,4,6	2,5,7	2,4,6	1,2,7

продолжение табл. 6

№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
№ графика	1	4	4	4	4	4	1	1
№ ХОП	1,4,7	2,6,7	4,5,7	5,7,8	6,7,8	7,8,9	7,9,10	4,7,8
№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
№ графика	1	4	4	2	2	2	2	3
№ ХОП	4,7,9	9,10,11	10,11,12	9,11,12	5,9,12	3,5,9	2,7,9	1,2,5

Лабораторная работа № 3

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ТЭС И ГЭС

Цель работы

Ознакомление с методикой распределения активной нагрузки в концентрированной энергосистеме, содержащей ГЭС и ТЭС.

Краткие теоретические сведения

Условие баланса электрических мощностей без учета потерь активной мощности в сети запишется как

$$W = P_T + P_G - P_C,$$

где P_T , P_G , P_C – соответственно активные мощности ТЭС, ГЭС и нагрузки ЭЭС. Для ГЭС с суточным циклом регулирования сумма часовых расходов воды $Q^{(t)}$ за сутки должна быть равна заданному суточному притоку воды $Q_{сут.прит.}$ к водохранилищу

$$\sum_{t=1}^{24} Q^{(t)} = Q_{сут.прит.} = Q_{зад}.$$

Для определения минимума расхода условного топлива на генерирующую ТЭС и ГЭС при условии соблюдения баланса активных мощностей в сети и притока воды на ГЭС составим функцию Лагранжа

$$\sum_{t=1}^{24} B^{(t)}(P^{(t)}) + \sum_{t=1}^{24} \mu W^{(t)} + \lambda (\sum_{t=1}^{24} Q^{(t)}(P_G^{(t)}) - Q_{сут.прит.})$$

и, взяв частные производные от нее, приравняем их к нулю

$$\frac{\partial L}{\partial P_T^{(t)}} = \frac{\partial B_T^{(t)}}{\partial P_T^{(t)}} + \mu^{(t)} = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_G^{(t)}} = \lambda \frac{\partial Q^{(t)}}{\partial P_G^{(t)}} + \mu^{(t)} = 0,$$

$$\text{где} \\ \frac{\partial W}{\partial P_G^{(t)}} = \frac{\partial W}{\partial P_T^{(t)}} = \mu^{(t)},$$

отсюда

$$-\mu^{(t)} = \frac{\partial B^{(t)}}{\partial P_T^{(t)}} = \lambda \frac{\partial Q^{(t)}}{\partial P_G^{(t)}}.$$

Тогда критерием оптимального распределения активной нагрузки энергосистемы между ТЭС и ГЭС является

$$-\mu^{(t)} = b_T^{(t)} = \lambda q_2^{(t)} .$$

Значение λ носит название коэффициента Лагранжа и показывает, какому количеству сэкономленного топлива АВ соответствует увеличение на 1 м^3 пропускаемого через турбину ГЭС объема воды. Таким образом, ГЭС сводится к разряду ТЭС. Значение λ остается постоянным для всех расчетных часов.

Для определения значения λ можно воспользоваться методом подбора. Задавшись некоторым достоверным значением λ и умножив его на ХОП ГЭС, осуществим распределение графика нагрузки энергосистемы между ТЭС и ГЭС. Затем, опираясь на полученные мощности ГЭС, найдем часовые расходы воды $Q^{(t)}$, сумма которых даст суточный расход $Q_{\text{СУТ}}$.

Если при этом заданный суточный расход воды ГЭС $Q_{\text{ЗАД}}$ равен расчетному $Q_{\text{СУТ}}$ с достаточной точностью ε , то дальнейшая коррекция не производится. В противном случае значение λ изменяется последовательно в большую сторону, если $Q_{\text{СУТ}} > Q_{\text{ЗАД}}$, и в меньшую – если $Q_{\text{СУТ}} < Q_{\text{ЗАД}}$.

Контрольные вопросы

1. Каков вид функции Лагранжа для схемы, содержащей ГЭС и ТЭС ? Что представляют собой составляющие?
2. Как определить минимальный расход условного топлива на ТЭС и ГЭС?
3. Что является критерием оптимального распределения нагрузки между ТЭС И ГЭС?
4. Что показывает множитель Лагранжа?
5. Как определить значение λ методом подбора?

Задание на работу

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями и ответить на контрольные вопросы.
2. Подготовить в соответствии с заданным преподавателем номером варианта исходные данные.
3. Оформить отчет и сделать выводы.

Порядок проведения работы

1. Провести расчет, используя следующую информацию:
общее количество ТЭС и ГЭС в энергосистеме;
количество ГЭС в энергосистеме;
число расчетных интервалов;
расходные характеристики ГЭС в виде полиномов

$$Q = a_0 + a_1 P_{\Gamma} + a_2 P_{\Gamma}^2;$$

заданы коэффициенты a_i в последовательности a_0, a_1, a_2 ;
заданы расходные характеристики ТЭС

$$Q = c_0 + c_1 P_{\Gamma} + c_2 P_{\Gamma}^2;$$

заданы расход воды $Q_{\text{ЗАД}}$ и $\lambda^{(0)}$ для каждой ТЭС;
задан график нагрузки энергосистемы. Для каждого интервала T задается $P_{\Gamma} = \text{const}$;
задана желаемая точность расчета ϵ в процентах к небалансу расхода воды ΔQ на ГЭС.

- Получить результат. Если небаланс $|\Delta Q| < \epsilon$, то расчет окончен. В противном случае введите новые значения $\lambda^{(1)}$ в зависимости от величины и знака ΔQ .
- Заполнить таблицу результатов 1 (табл. 1).

Таблица 1

t, час	1	2	...	24
P_{Γ}				
Q_{Γ}				
P_{Γ}				
V_{Γ}				

Окончательное значение $\lambda =$

Максимальный небаланс воды $\Delta Q\% =$

Таблица вариантов исходных данных

Таблица 2

№ варианта	Расходные характеристики			График нагрузки ЭЭС				Расход воды Q_3	Начальное значение $\lambda^{(0)}$	
		a_0	a_1	a_2	P_1	P_2	P_3			P_4
1	ГЭС	100	0,05	0,003	400	600	800	500	300	1,3
	ТЭС	60	0,05	0,003						
2	ГЭС	120	0,09	0,005	400	600	800	500	350	0,8
	ТЭС	60	0,05	0,003						
3	ГЭС	140	0,15	0,005	450	700	900	500	400	1,2
	ТЭС	100	0,20	0,003						
4	ГЭС	100	0,05	0,003	430	580	750	480	300	1,3
	ТЭС	60	0,05	0,003						
5	ГЭС	100	0,05	0,003	420	550	770	510	300	1,3
	ТЭС	60	0,05	0,003						

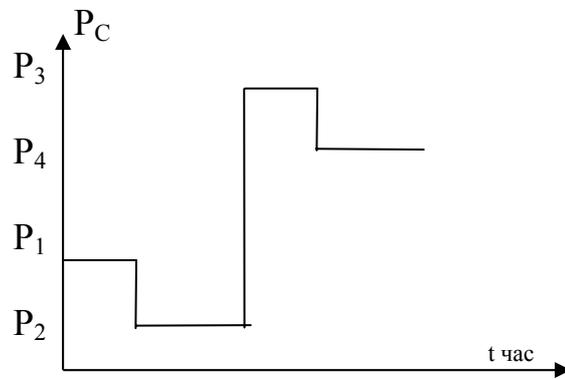
Продолжение табл.2

6	ГЭС	120	0,09	0,005	380	570	780	450	350	0.8
	ТЭС	80	0,10	0,002						
7	ГЭС	120	0,05	0,005	440	590	750	460	350	0.8
	ТЭС	80	0,10	0,002						
8	ГЭС	120	0,09	0,005	410	550	710	500	350	0.8
	ТЭС	80	0,10	0,002						
9	ГЭС	140	0,15	0,005	450	700	900	500	400	1.2
	ТЭС	100	0,20	0,003						
10	ГЭС	140	0,15	0,005	470	690	850	480	400	1,2
	ТЭС	100	0,20	0,003						
11	ГЭС	140	0,15	0,005	430	650	820	490	400	1,2
	ТЭС	100	0,20	0,003						
12	ГЭС	160	0,20	0,006	500	700	900	450	400	1,6
	ТЭС	120	0,20	0,004						
13	ГЭС	160	0,20	0,006	480	670	850	470	400	1,6
	ТЭС	120	0,20	0,004						
14	ГЭС	160	0,20	0,006	450	680	870	440	400	1,6
	ТЭС	120	0,20	0,004						
15	ГЭС	170	0,25	0,006	500	800	900	600	450	2,0
	ТЭС	140	0,20	0,005						
16	ГЭС	170	0,25	0,006	470	770	860	590	450	2,0
	ТЭС	140	0,20	0,005						
17	ГЭС	170	0,25	0,006	480	800	890	610	450	2,0
	ТЭС	140	0,20	0,005						
18	ГЭС	160	0,20	0,006	600	800	1000	500	450	2,3
	ТЭС	160	0,25	0,005						
19	ГЭС	160	0,20	0,006	580	760	970	490	450	2,3
	ТЭС	160	0,25	0,005						
20	ГЭС	160	0,20	0,006	550	790	950	470	450	2,3
	ТЭС	160	0,25	0,005						
21	ГЭС	100	0,05	0,003	400	600	800	500	300	1,0
	ТЭС	80	0,10	0,002						
22	ГЭС	100	0,05	0,003	390	570	750	490	300	1,0
	ТЭС	80	0,10	0,002						
23	ГЭС	100	0,05	0,003	420	610	790	470	300	1,0
	ТЭС	80	0,10	0,002						
24	ГЭС	120	0,09	0,005	400	600	800	500	300	1,4
	ТЭС	60	0,05	0,003						
25	ГЭС	120	0,09	0,005	420	580	790	480	300	1,4
	ТЭС	60	0,05	0,003						

Расходные характеристики ТЭС и ГЭС :

$$B_{\Gamma} = a_0 + a_1 P_{\Gamma} + a_2 P_{\Gamma}^2 \quad Q_{\Gamma} = a_0 + a_1 P_{\Gamma} + a_2 P_{\Gamma}^2$$

График нагрузки энергосистемы :



Лабораторная работа № 4
ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАФИКА НАГРУЗКИ
ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ В СЕТИ

Цель работы

Исследование влияния учета сети на оптимизацию режима по критерию минимума расхода топлива в системе.

Краткие теоретические сведения

Учет потерь активной мощности в сети π приводит к следующему условию баланса:

$$W = P_1 + P_2 + \dots + P_m - P_0 - \pi ,$$

где P_i – нагрузка станций (I от 1 до m);

P_0 – нагрузка энергосистемы.

При этом происходит перераспределение активных мощностей между станциями, а снижение потерь в сети обусловит уменьшение расхода топлива в системе

$$B = B_1 + B_2 + \dots + B_m .$$

Целевой функцией здесь является минимум расхода топлива B при условии W , т. е. функция Лагранжа имеет вид:

$$L = B + \mu W .$$

Для определения экстремума L возьмем частные производные от L по всем P_i и приравняем их к нулю.

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = \frac{\partial B_i}{\partial P_i} + \mu \left(1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_i}\right) = 0, \quad i=1+m$$

или

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = b_i + \mu(1 - \delta_i) = 0 ,$$

где

$$b_i = \frac{\partial B_i}{\partial P_i}, \quad \delta_i = \frac{\partial \pi}{\partial P_i} .$$

Отсюда

$$b_i = \frac{1}{1 - \delta_i} = \mu, \quad i=1+m .$$

Пусть $\eta_i = \frac{1}{1 - \delta_i}$, тогда

$$b_1 \eta_1 = b_2 \eta_2 = \dots = b_m \eta_m = \mu.$$

Последние равенства являются критерием оптимального распределения электрической мощности в энергосистеме при учете потерь в сети. Влияние сетевого коэффициента η_i сводится к изменению положения ХОП (смещению) вверх или вниз в зависимости от знака η_i . Производная δ_i численно равна изменению значения потерь π при изменении нагрузки i -й станции на единицу и постоянстве загрузки остальных станций (кроме балансирующей). Практическое решение задачи, реализованное в программе, осуществляется итеративно.

Контрольные вопросы

1. Как записывается баланс мощностей в сети с учетом потерь π ?
2. Что является целевой функцией при составлении функции Лагранжа? Каков ее общий вид?
3. Каков критерий оптимального распределения мощностей с учетом потерь активной мощности в сети?
4. Как изменяется положение ХОП станций в соответствии со значением и знаком η_i ?
5. Как проводится итеративный расчет оптимального распределения мощностей? Чем определяется его окончание?

Задание на работу

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями и ответить на контрольные вопросы.
2. Получить у преподавателя номер варианта и подготовить исходные данные в соответствии с пунктом «Подготовка исходных данных».
3. Провести расчет и занести результаты в табл. 1

Таблица 1

№ внутр.итерации	P_1 , МВт	P_2 , МВт	U_1 , кВ	U_2 , кВ	δ_1 град	δ_2 град	π_Σ МВт	V_Σ тут
---------------------	----------------	----------------	---------------	---------------	--------------------	--------------------	---------------------	-------------------

$P_1, P_2, U_1, U_2, \delta_1, \delta_2$ – соответственно мощности, модули и фазы напряжения в соответствующих узлах; π_Σ – потери активной мощности в сети; V_Σ – суммарный расход условного топлива.

4. После того, как π_Σ стабилизируется, начинает работать вторая внешняя итерация и пункт 4 повторяется и т. д.
5. Критерием окончания расчетов является стабилизация значения V_Σ т.е.

$$V_{\Sigma}^{(i)} - V_{\Sigma}^{(i+1)} \leq \varepsilon,$$

где i - номер внешней итерации,

ε - заданная точность расчета.

6. Сопоставить результаты для случаев с учетом и без учета потерь в сети и сделать выводы.

Подготовка исходных данных

Лабораторная работа 4 проводится в сети неизменной структуры и с постоянными параметрами схемы (рис.1).

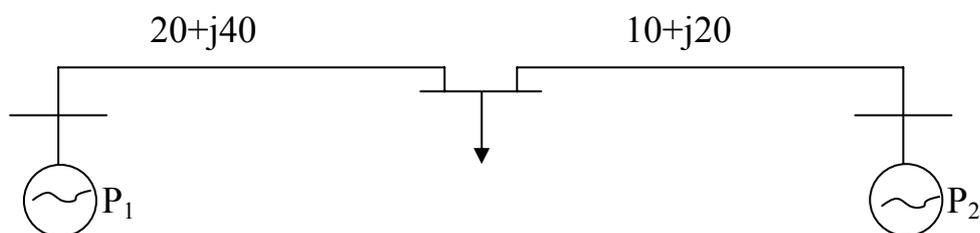


Рис.1

Напряжение балансирующего узла «0»- $U_0 = 220$ кВ.

Количество узлов $K_{UZ}=2$.

Количество ветвей $K_{ветвей}=2$.

Количество станций $K_{ст}=2$.

ХОП 1 $K_T=2$ $V_0=0$
 $b_1=0.1$ $P_1=100$
 $b_2=0.2$ $P_2=200$

ХОП 2 $K_T=2$ $V_0=0$
 $b_1=0.11$ $P_1=100$
 $b_2=0.22$ $P_2=200$

Значение P_C определяется по таблице в соответствии с номером заданного преподавателем варианта (табл.2).

Таблица 2

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
P_C	230	235	240	245	250	255	260	265
№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
P_C	270	275	280	285	290	295	300	305
№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
P_C	310	315	320	325	330	335	340	350

Содержание

Лабораторная работа №1 КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ РЕЖИМА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПО АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ	2
Лабораторная работа № 2 ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ МЕЖДУ ТЭС	6
Лабораторная работа № 3 ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ТЭС И ГЭС	12
Лабораторная работа № 4 ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАФИКА НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ В СЕТИ.....	17

Наиля Шавкатовна Чемборисова

доцент кафедры "Энергетика" АмГУ, канд. техн. наук

АСДУ и оптимизация режимов. Лабораторный практикум

Изд-во АмГУ. Подписано к печати

Министерство образования Российской Федерации
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Энергетический факультет

Н. Ш. Чемборисова

**АСДУ
И ОПТИМИЗАЦИЯ
РЕЖИМОВ ЭЭС**

Лабораторный практикум

Благовещенск
2002