

**Некоммерческое
акционерное
общество**



**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

Кафедра
«Электрические станции, сети и
системы»

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Методические указания и задания к выполнению
лабораторных работ №1 и №2
для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Алматы 2015

СОСТАВИТЕЛИ: К.К. Тохтибакиев, А.А. Абдурахманов, А.Д. Тананова.
Методические указания и задания к выполнению лабораторных работ № 1 и №2 для студентов специальности 5В0701800 – Электроэнергетика. –Алматы: АУЭС, 2015. 24с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ и содержат: введение, цель и задачи, объем и содержание работы, задание, порядок выполнения работ и список литературы.

Ил. 29, табл. 1, библиогр. 5 назв.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. ЭиАПУ Гали К.О.

Печатается по сводному плану издания НАО «Алматинский университет энергетики и связи» на 2015 г.

©НАО «Алматинский университет энергетики и связи» 2015 г

Введение

Предметом лабораторных исследований по данной дисциплине являются электромеханические переходные режимы электроэнергетических систем и сетей. Многообразие и сложность изучаемых явлений и процессов, а также невозможность практического эксперимента на реальном объекте, приводит к необходимости применения для этой цели метода моделирования. В настоящее время наиболее перспективными считаются методы математического моделирования с применением развитых средств вычислительной техники. Реализацией этих методов являются диалоговый автоматизированный комплекс анализа режимов (ДАКАР), предназначенный для расчета и анализа установившихся режимов и переходных процессов электроэнергетических систем.

Выполнение лабораторных работ, основанных на применении программного комплекса ДАКАР, дает студенту возможность изучения основ математического моделирования режимов ЭЭС, а также возможность развития практических навыков работы с ЭВМ в диалоговом режиме.

Целью лабораторных занятий является закрепление теоретического материала, изучаемого студентами ранее.

При разработке настоящих методических указаний составители учитывали необходимость развития навыков самостоятельной работы студента.

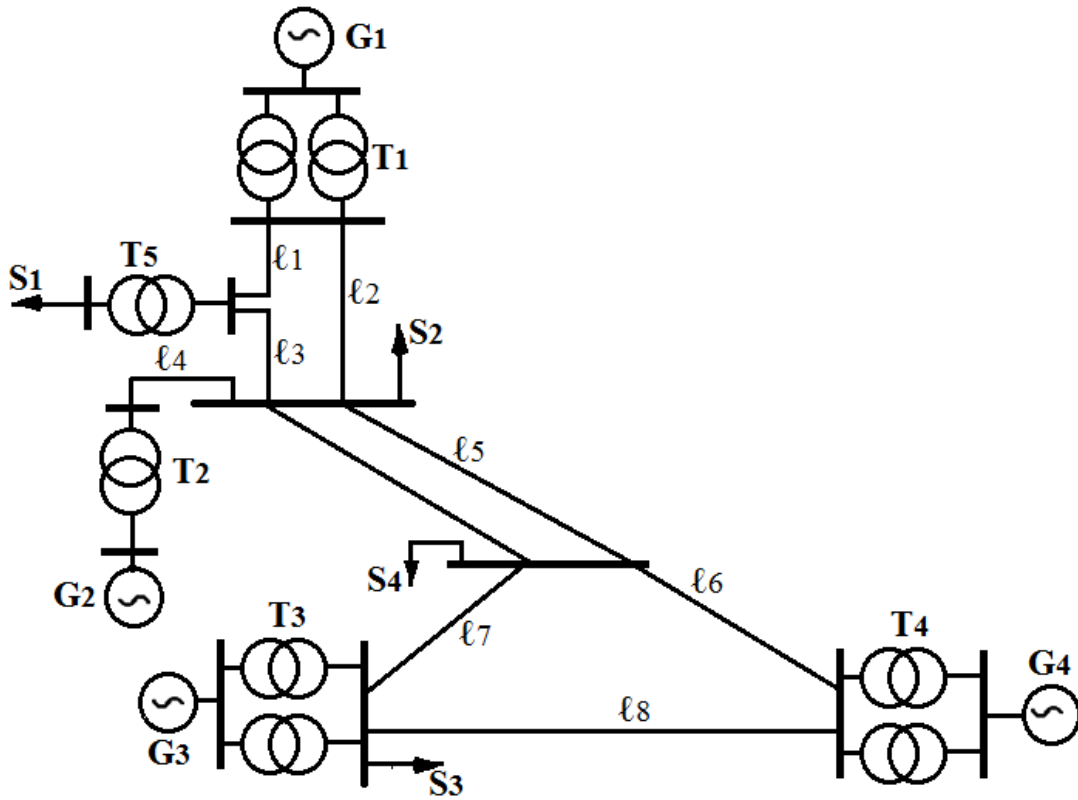
В качестве теоретического материала, необходимого при выполнении лабораторных работ, студентам, наряду с лекционным материалом, предлагается самостоятельно изучить соответствующие источники, указанные в списке рекомендуемой литературы.

Для выполнения лабораторных работ с применением программного комплекса ДАКАР студентам необходимо экспортировать графическую схему, которую студенты строили (по дисциплине «Электрические сети и системы») и выполняли расчеты режимов для данной схемы, с программного комплекса RASTR.

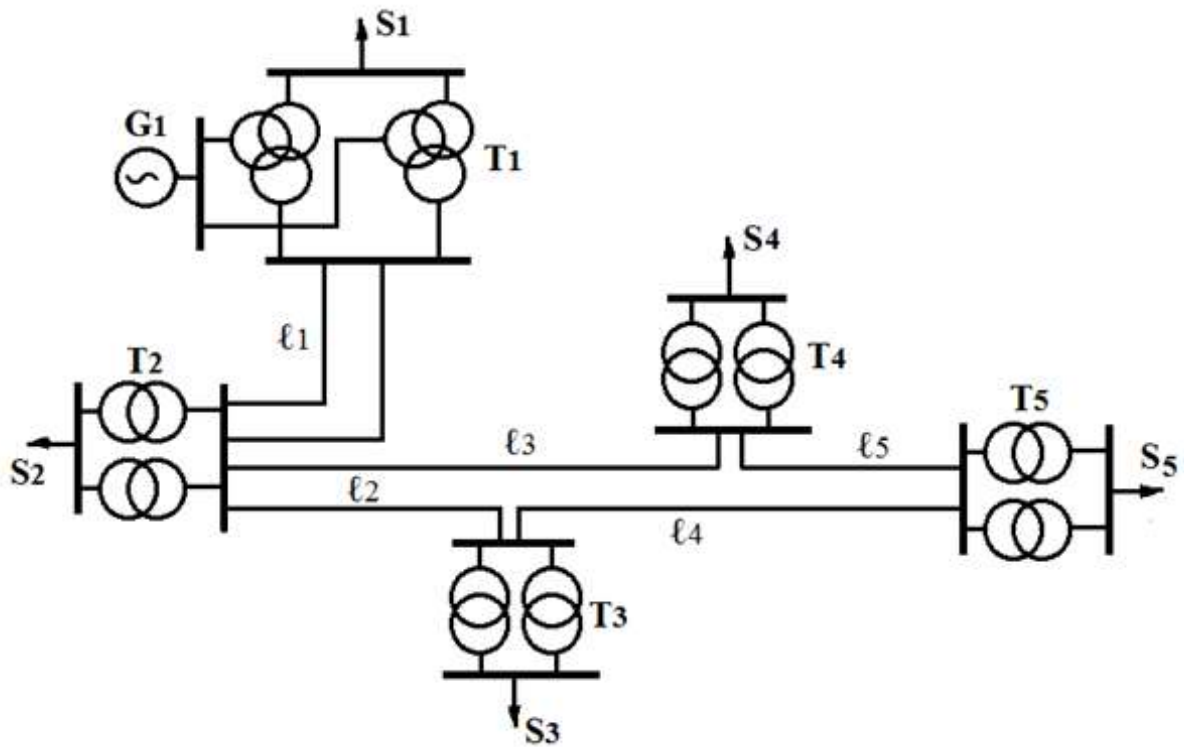
При выполнении лабораторной работы №1 студентам задается вариант преподавателем, исходные данные для графической схемы представлены в таблице 1. Следующие лабораторные работы будут продолжением первой работы, т.к. расчеты режимов и исследования устойчивости энергосистемы для следующих лабораторных работ студенты выполняют для этой же схемы.

Схема электрических сетей

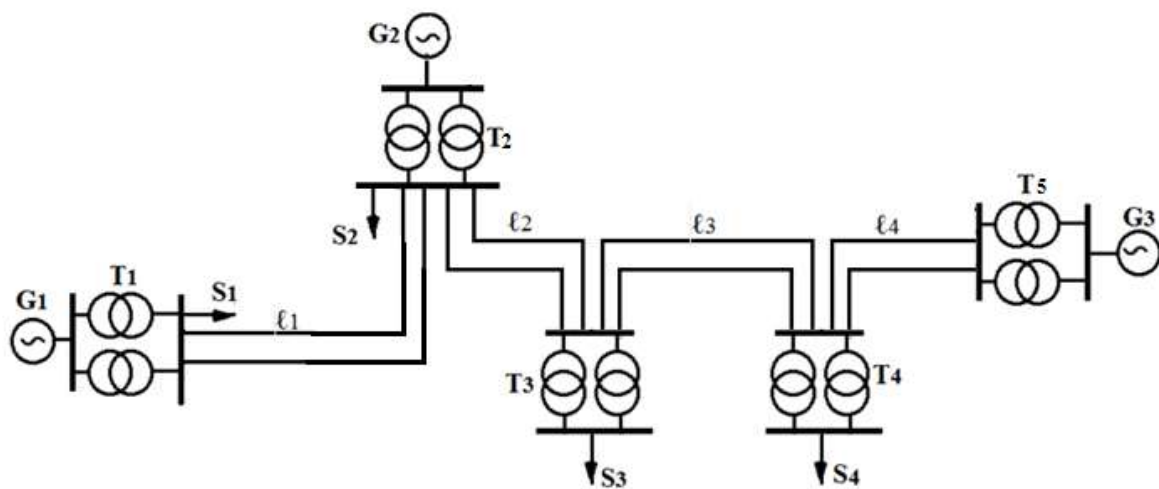
Вариант-1



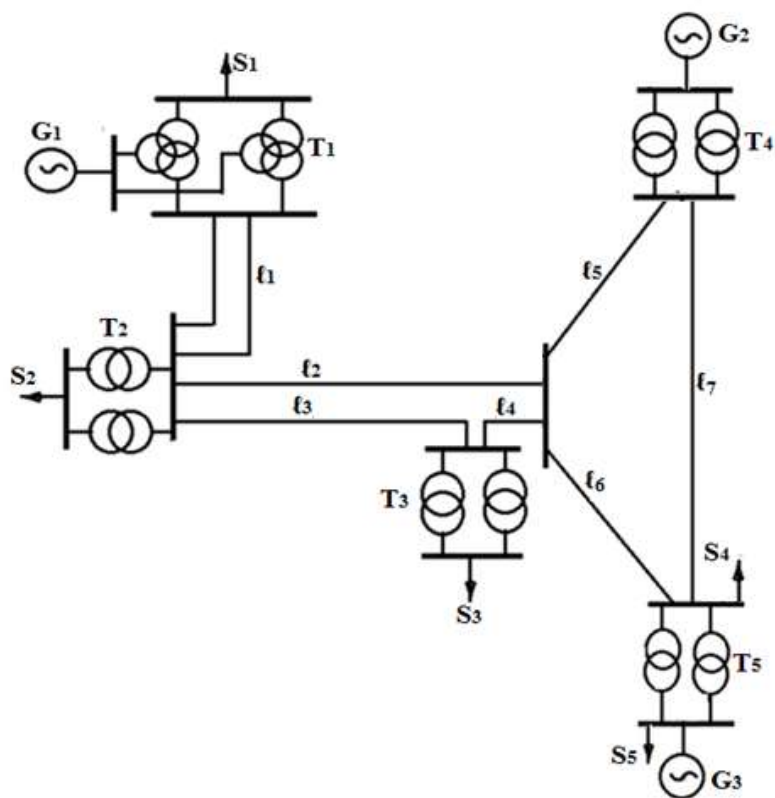
Вариант-2



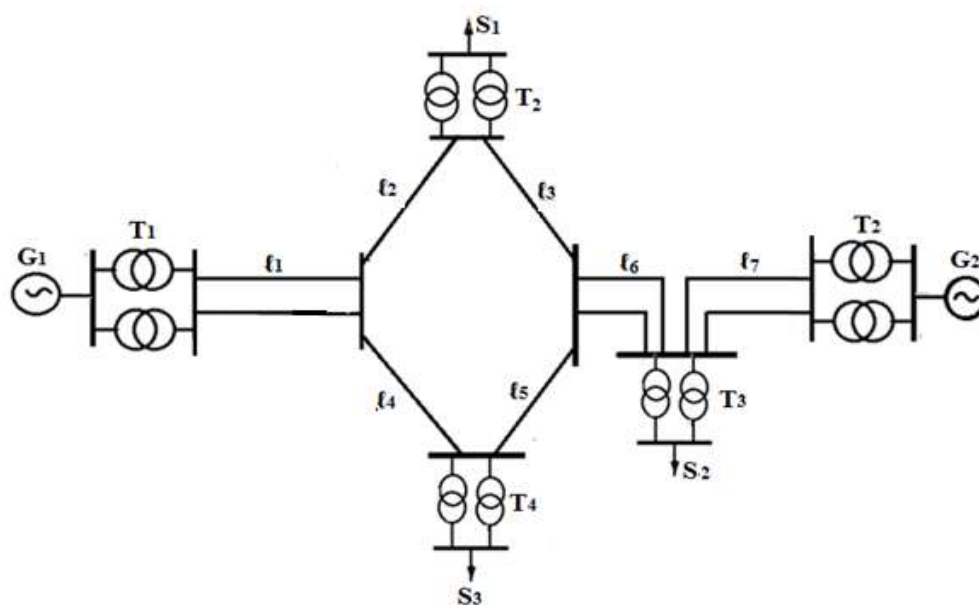
Вариант-3



Вариант-4



Вариант-5



Вариант-6

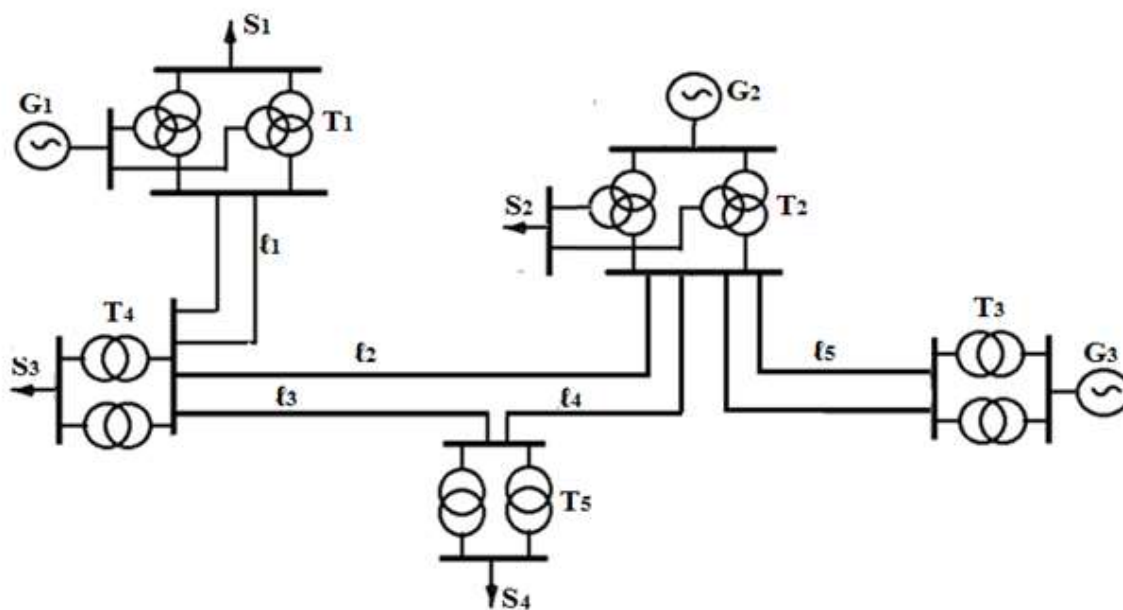


Таблица 1 – Исходные данные графической схемы

Параметры	Ед. изм.	Варианты					
		1	2	3	4	5	6
Мощность трансформатора $T_1, S_{ном}$	МВА	160	200	400	125	125	125
Мощность трансформатора $T_2, S_{ном}$	МВА	80	160	125	63	160	63
Мощность трансформатора $T_3, S_{ном}$	МВА	63	63	160	40	125	63
Мощность трансформатора $T_4, S_{ном}$	МВА	100	40	160	63	63	40
Мощность трансформатора $T_5, S_{ном}$	МВА	63	100	200	100	63	40
Нагрузка, S_1	МВА	90+j48	90+j48	90+j48	90+j48	90+j48	90+j48
Нагрузка, S_2	МВА	56+j32	56+j32	56+j32	56+j32	56+j32	56+j32
Нагрузка, S_3	МВА	110+j65	110+j65	110+j65	110+j65	110+j65	110+j65
Нагрузка, S_4	МВА	86+j45	86+j45	86+j45	86+j45	86+j45	86+j45
Протяженность линии, ℓ_1	км	45	80	70	55	85	70
Протяженность линии, ℓ_2	км	80	50	87	120	40	90
Протяженность линии, ℓ_3	км	30	38	115	78	48	42
Протяженность линии, ℓ_4	км	25	75	95	42	35	72
Протяженность линии, ℓ_5	км	65	56	-	40	25	66
Протяженность линии, ℓ_6	км	90	-	-	43	52	-
Протяженность линии, ℓ_7	км	110	-	-	105	62	-
Протяженность линии, ℓ_8	км	210	-	-	-	-	-

Примечание – на схеме все линии принять с номинальным напряжением $U_H=220$ кВ, и сечение провода – АС 240/32.

1 Лабораторная работа №1. Построение графических схем электрических сетей для расчетов режимов в энергосистемах

Цель работы: подготовка информации для расчета режима и формирование режимной графической схемы ЭЭС с возможностью отображения на ней результатов расчета.

1.1 Порядок проведения работы

Построение графической схемы рассматривается на примере фрагмента транзита Север-Юг, принадлежащего энергосистеме Казахстана.

Для создания графической схемы для начала экспортируем данные графической схемы с программного комплекса RASTR, для этого в меню пуска открываем программный комплекс ДАКАР, в открывшемся окне «Конструкторское бюро» в меню дерева проекта выбрать позицию «Режимная схема», и нажав правой кнопкой, выбрать «Импорт режимной схемы из формата ЦДУ» (рисунок 1.1)

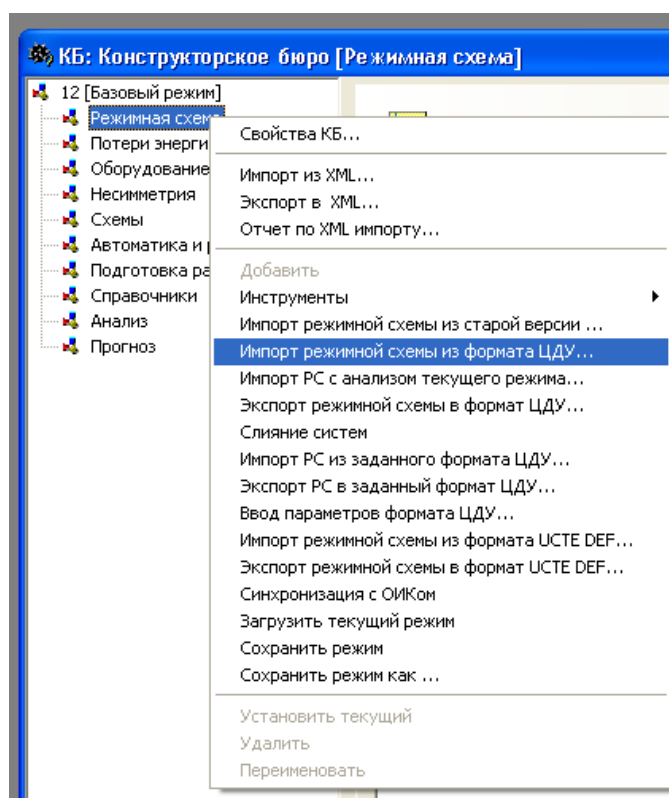


Рисунок 1.1

Далее в открывшемся окне находим файл, выполненный в программном комплексе RASTR, с расширением «.exr» и открываем ее в программе ДАКАР. В результате открывается окно с перечнем всех узлов графической схемы (рисунок 1.2), которую нужно перенести в отчет в виде таблицы.

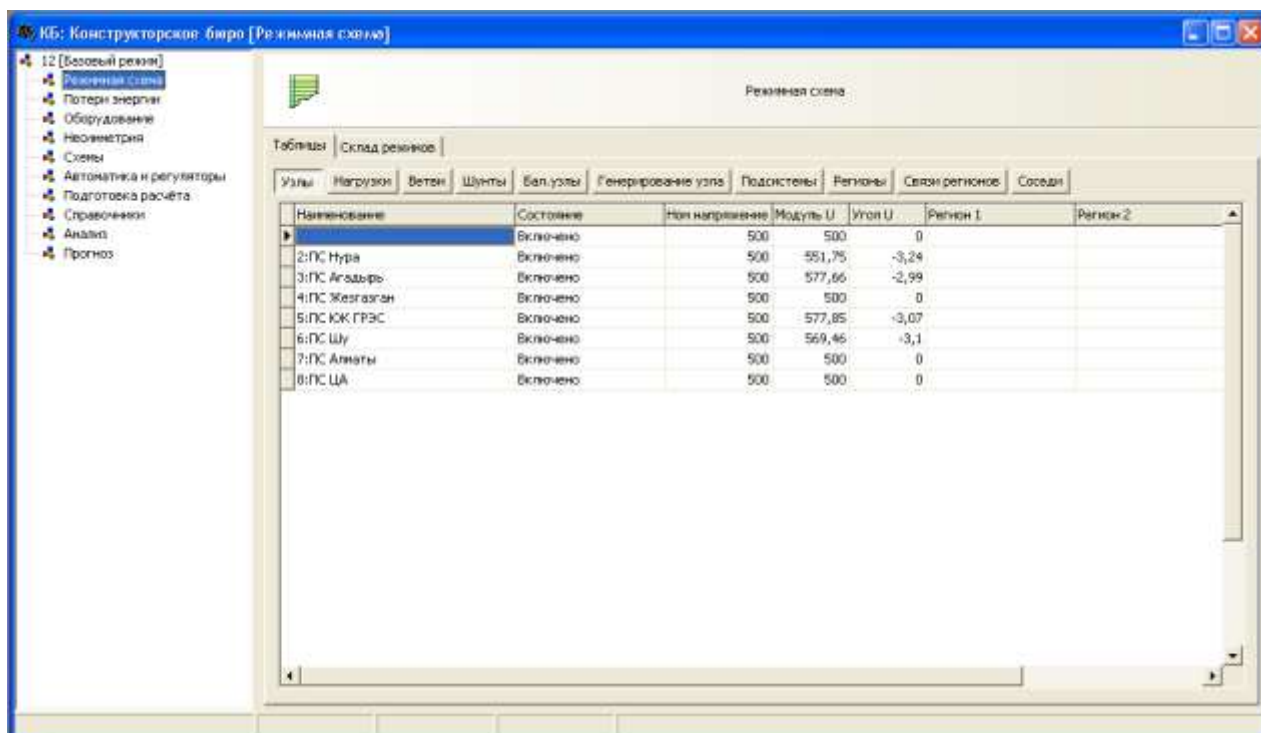


Рисунок 1.2

Создание новой графической схемы начинается с ее наименования. Для этого активируют позицию «Схема» (рисунок 1.3) в меню дерева проектов. В 2 открывшемся окне «Страница графических схем» вводят название новой схемы, в данном случае «Север-Юг»

После активации позиции «Схема» в меню дерева проекта в окне «Страница графических схем» выбирают кнопку «Создать схему». В открывшемся окне нажатием кнопки «Далее» переходят к вводу наименования графической схемы и вновь нажимают кнопку «Далее». После этого остается нажать кнопку «Финиш» для появления пустой рабочей области окна, где формируется графический образ существующей режимной схемы.

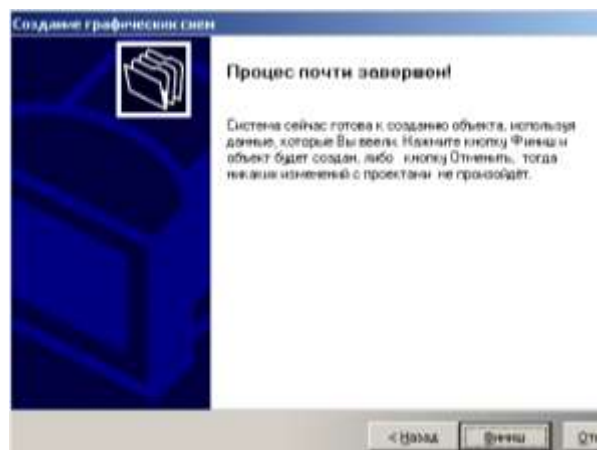
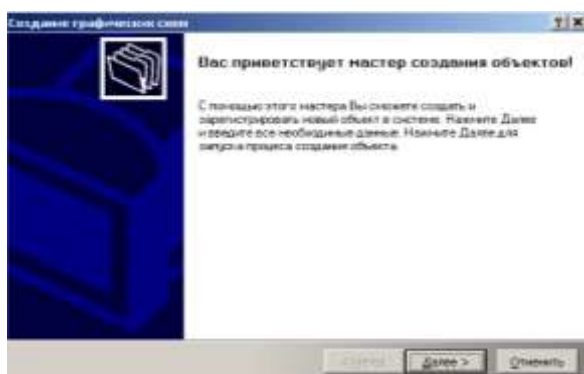
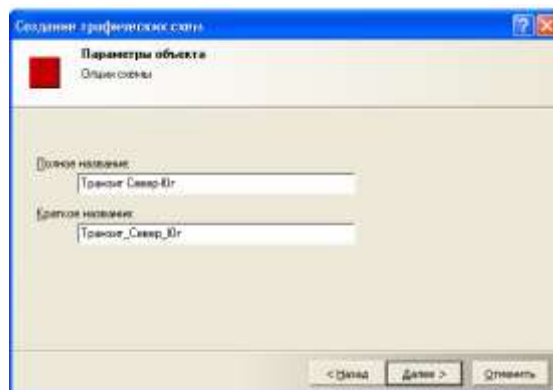
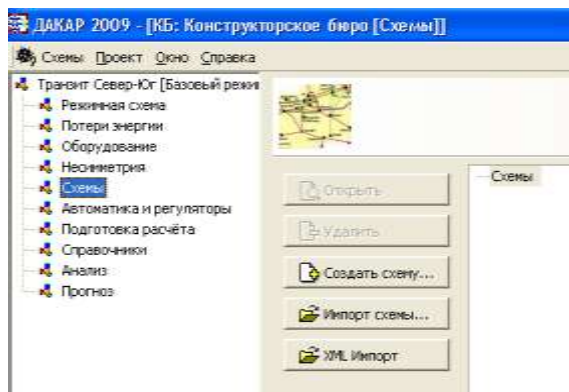


Рисунок 1.3

Создание графической схемы по данным режимной схемы осуществляется с помощью окна «Строитель/навигатор схемы», которое открывается при активации позиции «Инструменты» основного меню. Окно состоит из нескольких закладок, каждая из которых содержит данные режимной схемы о таких элементах, как «Узлы», «Ветви», «Нагрузки» (рисунок 1.4).

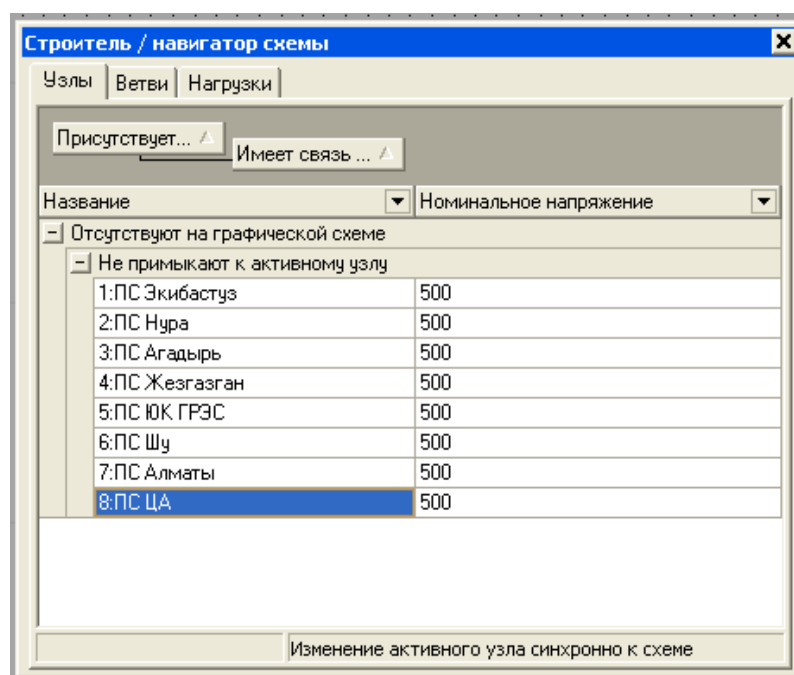


Рисунок 1.4

Закладка «Узлы» является главной при построении схемы. Кроме того, ее удобно использовать для навигации по графической схеме с целью привязки к данным.

Для удобства отслеживания перенесенных на графическую схему элементов схемы введено понятие «активный узел». Все узлы режимной схемы разделены на четыре группы и разнесены по соответствующим спискам «Навигатора»:

1) Присутствуют на графической схеме.

Примыкают к активному узлу.

Не примыкают к активному узлу.

2) Отсутствуют на графической схеме.

Примыкают к активному узлу.

Не примыкают к активному узлу.

Перемещаясь по списку узлов, выбирают активный узел, который хотят перенести на графическую схему, и получают его графическое отображение со всеми подключенными к нему элементами (нагрузка, генерирование, реакторы, конденсаторные батареи, ветви и этикетки).

После рисования узла на схеме автоматически будут отображены ветви, соединяющие новый узел с другими узлами, присутствующие на графической схеме.

В основе процесса рисования графической схемы лежит задание вручную активного узла, и на графической схеме создается куст узлов. Выбираем узел 1: ПС Экибастуз и переносим на графическую схему (рисунок 1.5). При этом создаётся список узлов, примыкающих к данному активному узлу, с номерами 2, 3. Для дальнейшего построения графической схемы выбираем из этого списка следующий рисуемый узел 2: ПС Нура.

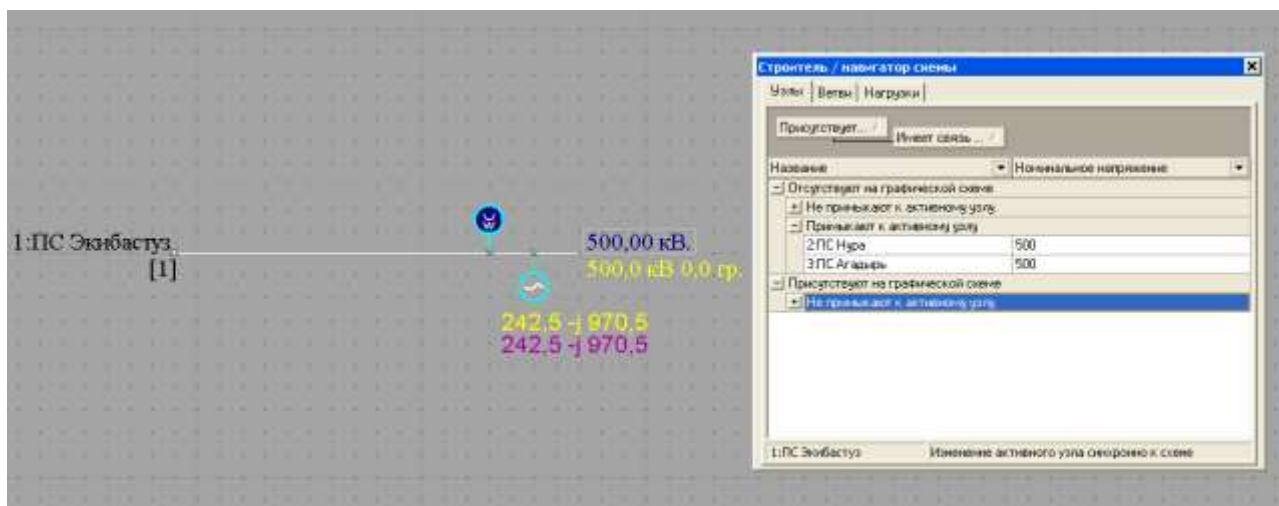


Рисунок 1.5

В результате формируемая графическая схема дополняется двумя новыми объектами - добавленным узлом и ветвью, соединяющей этот узел с активным узлом, с отображением все параметров режима, которые предварительно были заданы через диалог настройки этикеток схемы (рисунок 1.6).

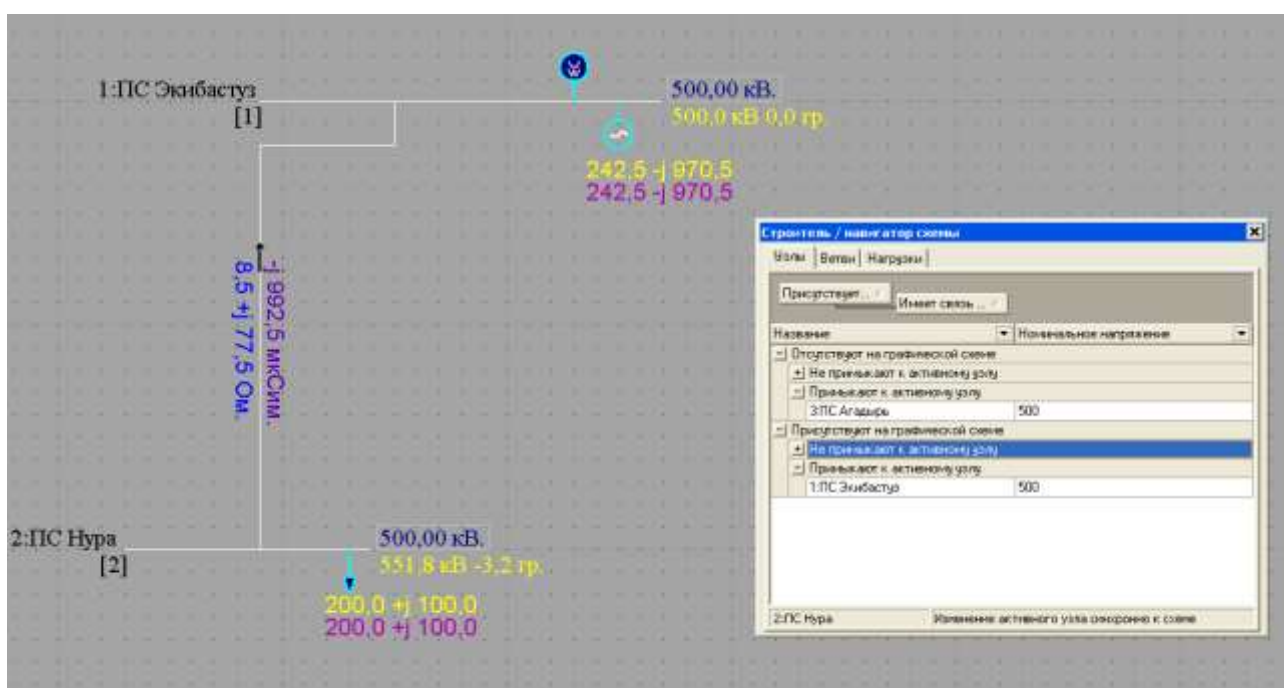


Рисунок 1.6

Далее выбирается узел 3: ПС Агадырь (рисунок 1.7).

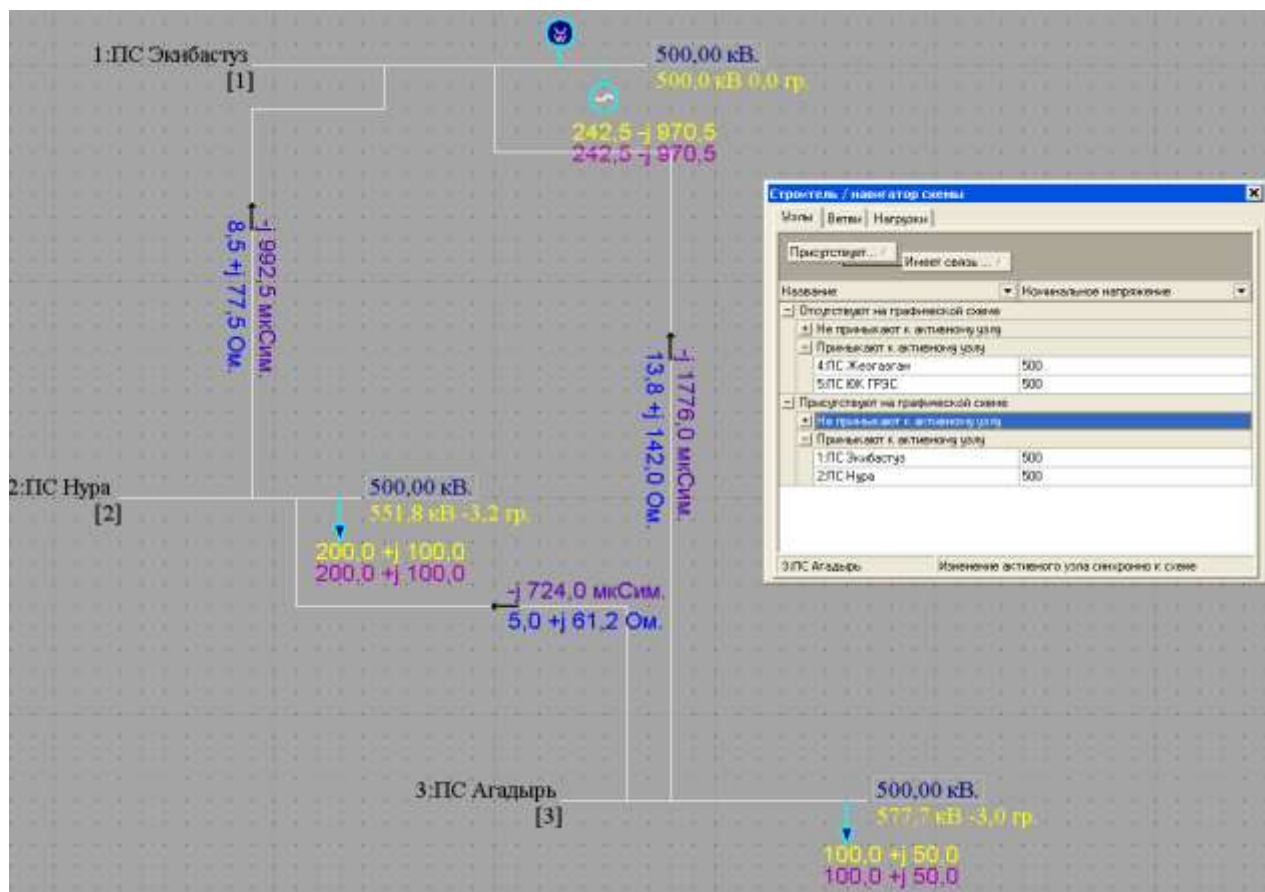


Рисунок 1.7

Аналогичным образом – путем добавления недостающих узлов – создается новая графическая схема в полном объеме (рисунок 1.8).

При изменении параметров режима на графической схеме (в графическом редакторе) автоматически изменяются их значения в таблице режимной схемы и оборудования. Аналогичным образом ведет себя эта связь в «обратном направлении»: изменения в таблицах режимной схемы автоматически отображаются в свойствах элементов графической схемы.

2 Лабораторная работа №2. Расчеты установившихся режимов

Цель работы: освоить расчеты установившихся режимов (УР) в программном комплексе ДАКАР для схем энергосистемы Казахстана. Проанализировать факторы, влияющие на результаты расчета УР.

2.1 Задания для лабораторной работы

2.1.1 Выполнить расчет УР с фиксированной частотой 50,00 Гц (при наличии балансирующего узла (БУ) и без учета статических характеристик нагрузки). По результатам расчета оценить несбалансированность БУ – разницу между расчетным и заданным значениями мощности БУ.

2.1.2 Выполнить расчет УР с учетом изменения частоты и без учета статических характеристик нагрузки (СХН). Оценить изменение частоты по сравнению с предыдущим УР, объяснить появление двух новых строк в результатах расчета: «Статизм максимальный» и «Статизм генераторов текущий».

2.1.3 Выполнить расчет УР с учетом изменения частоты и учетом СХН. Оценить изменение частоты по сравнению с предыдущим УР и объяснить появление в результатах расчета характеристики «Регулирующий эффект нагрузки».

2.1.4 Выполнить расчет УР с учетом изменения частоты и учетом СХН при изменении генерации активной мощности и нагрузки в опорном узле. Объяснить появившиеся изменения в результатах расчета по сравнению с предыдущим режимом.

2.2 Порядок проведения работы

2.2.1 Расчеты установившихся режимов в программном комплексе ДАКАР выполняются для схемы первой лабораторной работы.

2.2.2 Запустить программный комплекс ДАКАР и активировать графическую схему №1 лабораторной работы.

2.2.3 Для расчета УР нужно в основном меню выбрать позицию «Расчет», затем позицию «Подготовить», дальше – позицию «Выполнить» и выпадающем списке указать «Уст. режим» (рисунок 2.1).

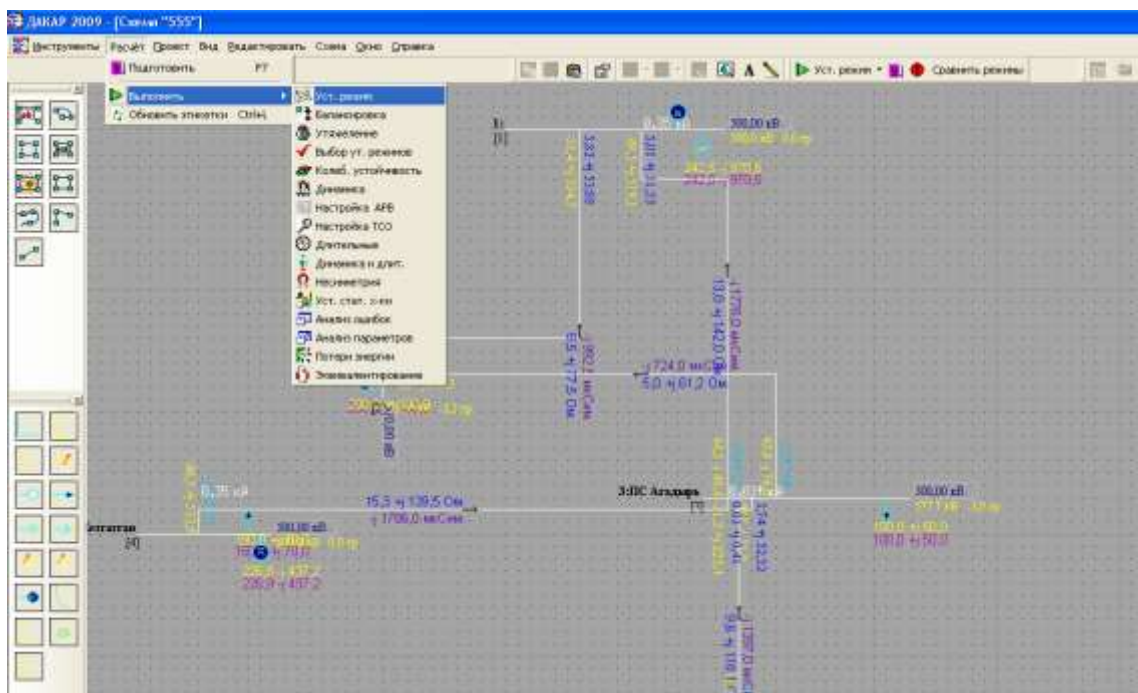


Рисунок 2.1

В открывшемся окне «Параметры модели» (рисунок 2.2) для проведения расчета с фиксированной частотой не требуются какие-либо дополнительные установки согласно тому, как показано ниже:

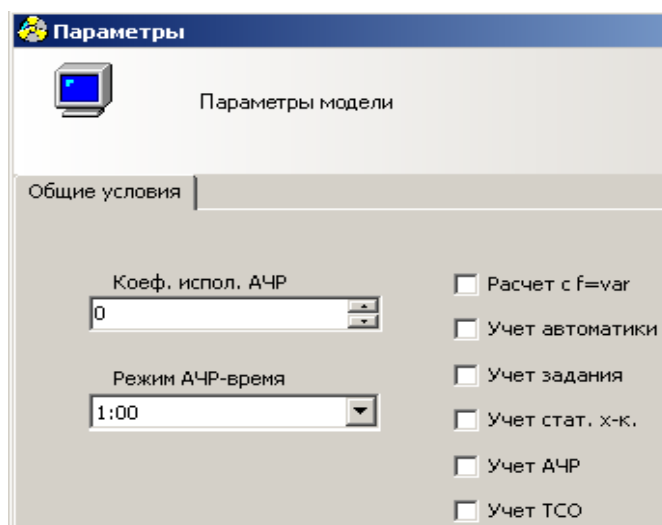


Рисунок 2.2

Итоговый абзац численных результатов расчета на странице «Результаты» выглядит следующим образом (рисунок 2.3):

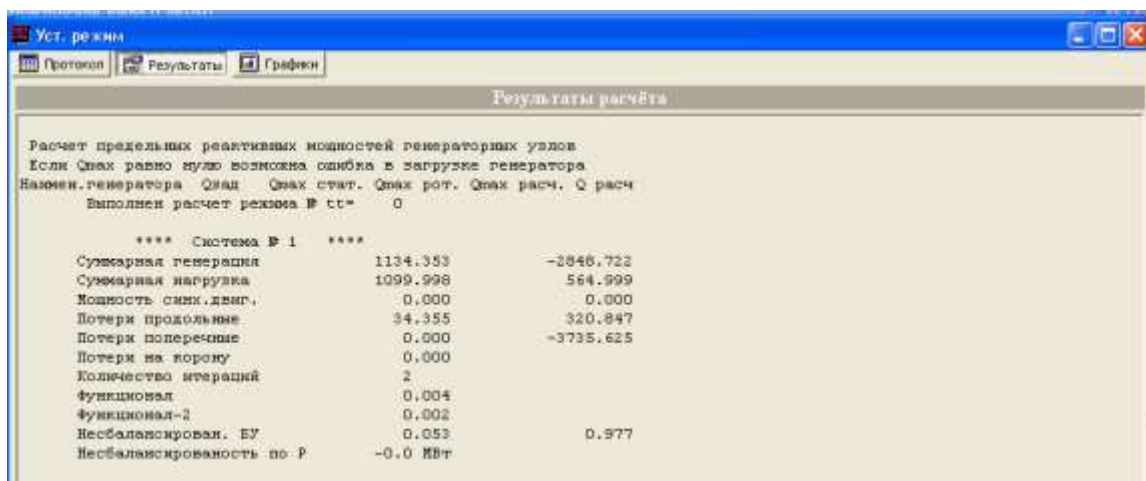


Рисунок 2.3

Таблицу результатов представить в отчете к лабораторной работе №2.

2.2.4 Для проведения расчета режима с учетом изменения частоты в окне «Параметры модели» достаточно отметить радиокнопку «Расчет с f=var» (рисунок 2.4):

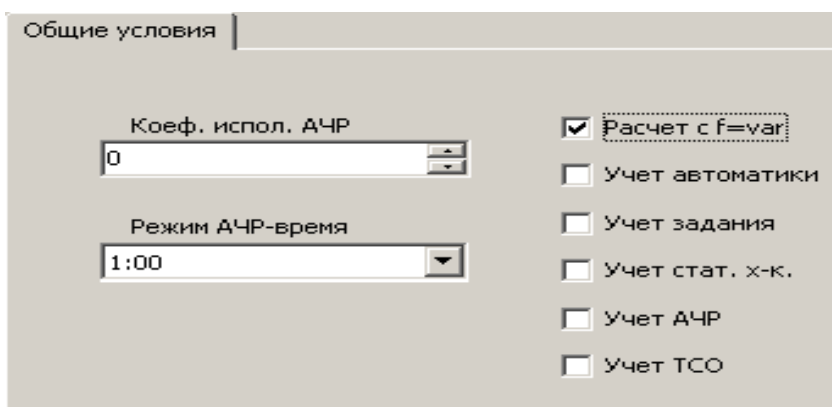


Рисунок 2.5

В результате расчета получим (рисунок 2.6):

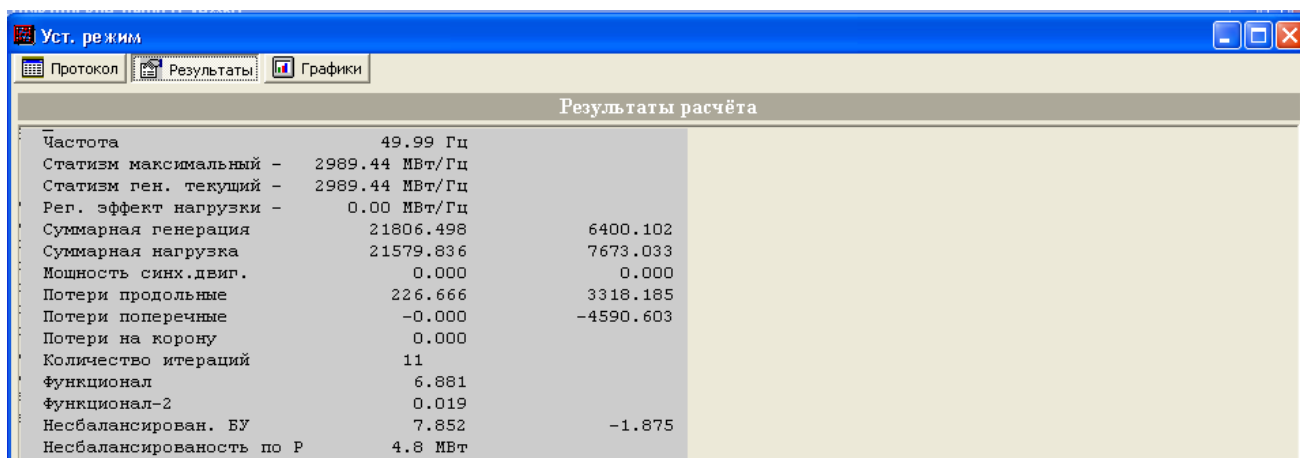


Рисунок 2.6

По сравнению с предыдущим режимом здесь появились три новых строки – «Статизм максимальный», «Статизм генераторов текущий», «Регул. эффект нагрузки». Первые две показывают соответственно максимальное и реальное значение изменения мощности турбин при изменении частоты ЭЭС на 1 Гц. Реальное значение рассчитывается без учета турбин, регуляторы скорости которых в процессе расчета вышли на ограничение мощности. Третья строка – это регулирующий эффект нагрузки – здесь ее значение равно нулю, потому что режим был рассчитан без учета СХН.

Таблицу результатов представить в отчете к лабораторной работе №2.

2.2.5 Для выполнения расчетов с учетом СХН вначале следует выбрать подходящую статическую характеристику нагрузки, отражающую зависимость мощности от частоты, например, типовую для 110 кВ. Для этого в дерева проекта выбираем позиции справочник и дополнительные (рисунок 2.7).

Наименование	A0	A1	A2	af	akr	b0	b1	b2	bf	bkr
Типовая 110 кВ	0,83	-0,3	0,47	1,5	0,4	3,7	-7	4,3	-0,5	
Типовая 35 кВ	0,83	-0,3	0,47	1,5	0,4	4,9	-10,1	6,2	-0,5	
Постоянная проводимость	0	0	1	0,5	0,4	0	0	1	-0,5	
Стат. хар-ка по частоте	1	0	0	1	0	1	0	0	0	
Квадратичная зависимость	0	0	1	2,5	0,4	0	0	1	-0,5	
стат. хар-ка NPB	1	0	0	0,5	0,4	1	0	0	-0,5	

Рисунок 2.7

Затем в основном меню указывают позицию «Подготовить», в позиции основного меню «Расчет» выбирают «Уст. стат. х-ки» и в открывшемся окне «Параметры модели» указывают «Типовая 110 кВ», как показано ниже (рисунок 2.8):

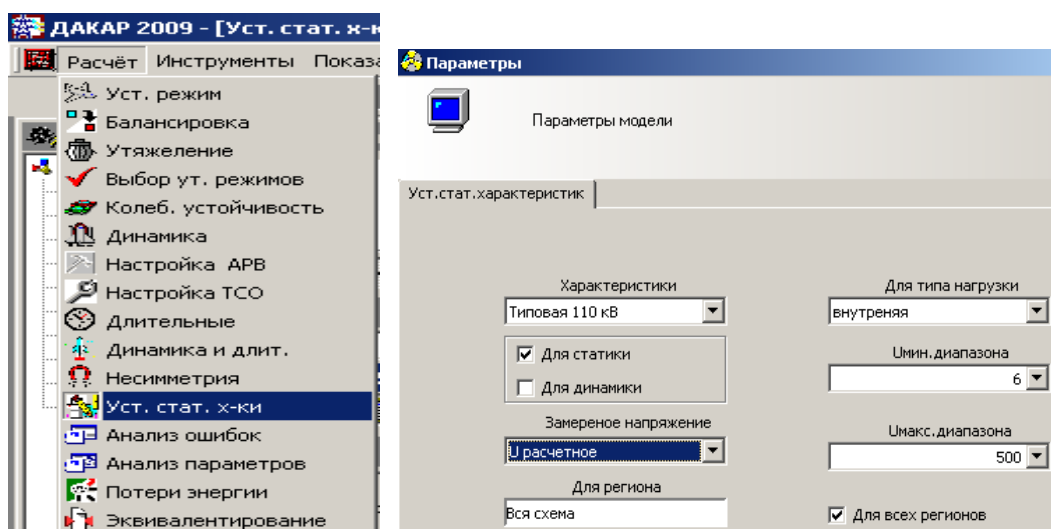


Рисунок 2.8

Далее при переходе к расчету УР в параметрах модели требуется отметить/актуализировать радиокнопки «Расчет с $f=var$ » и «Учет стат. х-к» (рисунок 2.9):

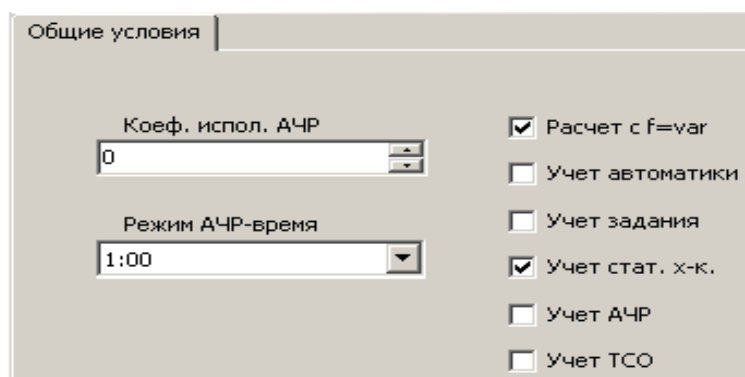


Рисунок 2.9

Получаем результаты в следующем виде (рисунок 2.10):

Результаты расчёта	
Частота	49.99 Гц
Статизм максимальный -	2989.44 МВт/Гц
Статизм ген. текущий -	2989.44 МВт/Гц
Рег. эффект нагрузки -	647.40 МВт/Гц
Суммарная генерация	21803.010
Суммарная нагрузка	21576.449
Мощность синх. двиг.	0.000
Потери продольные	226.566
Потери поперечные	0.000
Потери на корону	0.000
Количество итераций	8
Функционал	5.864
Функционал-2	0.195
Несбалансирован. БУ	8.135
Несбалансированность по Р	5.6 МВт

Рисунок 2.10

При расчете с учетом СХН регулирующий эффект нагрузки составляет 647.40 МВт.

Таблицу результатов представить в отчете к лабораторной работе №2.

2.2.6 Чтобы оценить как на частоте скажется уменьшение нагрузки, отключим нагрузку n-го узла (например нагрузка 480_N).

С этой целью в позиции меню «Режимная схема», откроем вкладку «Таблицы» (рисунок 2.11)

Узлы	Нагрузки	Ветви	Шунты	Бал.узлы	Генерирование узла	Подсистемы	Регионы	Связи регионов	Соседи
Наименование	Узел	Тип	Состояние	Акт.нагрузка	Реак.нагрузка	U замер	P расчетная	Q расчетная	Стат х-ка
240_N:	240:УК 500	внутренняя	Включено	70	35	520,8642	69,7016	35,0203	Типовая 110 кВ
245_N:	245:Семей	внутренняя	Включено	67	30	514,9854	66,7349	30,0404	Типовая 110 кВ
325_N:	325:НУРА 500	внутренняя	Включено	488	210	499,9904	486,0664	210,2795	Типовая 110 кВ
445_N:	445:Актогай	внутренняя	Включено	80	40	514,9882	79,6827	40,0528	Типовая 110 кВ
469_N:	469:АГАДЫРЬ 5	внутренняя	Включено	200	80	499,992	199,2067	80,1057	Типовая 110 кВ
▶ 480_N:	480:ЖЕЗ.500	внутренняя	Включено	506	200	498,8375	503,897	200,1618	Типовая 110 кВ

Рисунок 2.11

Выберем таблицу «Нагрузки» и установим состояние 480-ого узла «Отключено»:

▶ 480_N:	480:ЖЕЗ.500	внутренняя	Включено	506	200
----------	-------------	------------	----------	-----	-----

После внесения изменений в текущую строку указатель строки имеет вид:

I 480_N:	480:ЖЕЗ.500	внутренняя	Отключено	506	200
----------	-------------	------------	-----------	-----	-----

Чтобы зафиксировать внесенные изменения, щелкают мышью на какой-либо другой строке, либо на клавиатуре нажимают клавишу «стрелка вверх» или «стрелка вниз», после чего указатель строки, куда вносились изменения, принимает вид:

▶ 480_N:	480:ЖЕЗ.500	внутренняя	Отключено	506	200
----------	-------------	------------	-----------	-----	-----

Выполним расчет установившийся режим с постоянной частотой (рисунок 2.12).

Суммарная генерация	21275.564	5751.097
Суммарная нагрузка	21074.961	7472.953
Мощность синх.двиг.	0.000	0.000
Потери продольные	200.402	3009.144
Потери поперечные	0.000	-4731.001
Потери на корону	0.000	
Количество итераций	142	
Функционал	6.887	
Функционал-2	6.868	
Несбалансирован. БУ	-502.437	-1.275
Несбалансированность по P	6.7 МВт	

Рисунок 2.12

Несбалансированность БУ составляет - 502.437 МВт.

Таблицу результатов представить в отчете к лабораторной работе №2.

После этого вновь рассчитываем установившийся режим с учетом изменения частоты и СХН (рисунок 2.13).

Частота	50.13 Гц	
Статизм максимальный -	2989.44 МВт/Гц	
Статизм ген. текущий -	2989.44 МВт/Гц	
Рег. эффект нагрузки -	632.22 МВт/Гц	
Суммарная генерация	21386.648	5799.203
Суммарная нагрузка	21182.297	7489.097
Мощность синх.двиг.	0.000	0.000
Потери продольные	204.149	3022.386
Потери поперечные	0.000	-4712.054
Потери на корону	0.000	
Количество итераций	91	
функционал	6.846	
функционал-2	0.006	
Несбалансирован. БУ	-46.598	-3.125
Несбалансированность по Р	6.7 МВт	

Рисунок 2.13

Несбалансированность БУ равняется уже – 46.598 МВт.

Таблицу результатов представить в отчете к лабораторной работе №2.

2.2.7 В следующем расчете включим нагрузку n-го узла и отключим 34:ЕЭК (34-ый узел). Для этого активизируем ветвь дерева «Режимная схема», откроем таблицу «Генерирование узла» и установим состояние 34:ЕЭК «Отключено» (рисунок 2.14):

Узлы	Нагрузки	Ветви	Шунты	Бал.узлы	Генерирование узла	Подсистемы	Регионы	Связи регионов	Соседи	
Наименование	Узел	Тип	Состояние	Р генер	Q генер	U задан	Q миним	Q макс	Р расчетная	Q расчетная
26_G:	26:ЭК.1150	внутренняя	Включено	0	58,5712	515	-1000	1010	0,0172	58,5712
30_G:	30:ЕЭК	внутренняя	Включено	1200	319,5274	20	0	570	1260,4091	319,5274
32_G:	32:ЕЭК	внутренняя	Включено	800	346,9621	20	0	540	847,7512	346,9621
34_G:	34:ЕЭК	внутренняя	Отключено	200	90,246	20	0	180	215,9517	90,246

Рисунок 2.14

Выполним расчет установившийся режим с постоянной частотой (рисунок 2.15).

Суммарная генерация	21807.299	6461.637
Суммарная нагрузка	21579.055	7673.049
Мощность синх.двиг.	0.000	0.000
Потери продольные	228.246	3376.635
Потери поперечные	0.000	-4588.647
Потери на корону	0.000	
Количество итераций	109	
функционал	6.447	
функционал-2	6.417	
Несбалансирован. БУ	217.785	13.120
Несбалансированность по Р	-6.3 МВт	

Рисунок 2.15

Несбалансированность БУ составляет 217.785 МВт.

Таблицу результатов представить в отчете к лабораторной работе №2.

Выполним расчет установившийся режим с учетом изменения частоты и СХН (рисунок 2.16).

Частота	49.94 Гц	
Статизм максимальный -	2869.42 МВт/Гц	
Статизм ген. текущий -	2869.42 МВт/Гц	
Рег. эффект нагрузки -	647.40 МВт/Гц	
Суммарная генерация	21760.340	6429.230
Суммарная нагрузка	21534.020	7668.285
Мощность синх.двиг.	0.000	0.000
Потери продольные	226.322	3350.535
Потери поперечные	0.000	-4589.863
Потери на корону	0.000	
Количество итераций	182	
Функционал	6.537	
Функционал-2	0.009	
Несбалансирован. БУ	30.737	-1.250
Несбалансированность по P	6.3 МВт	

Рисунок 2.16

Несбалансированность БУ равняется теперь 30.737 МВт.

Таблицу результатов представить в отчете к лабораторной работе №2.

Контрольные вопросы.

1. Что такое статическая характеристика нагрузки?
2. Что понимается под расчетом установившихся режимов?
3. Почему в расчетах с учетом изменения частоты и СХН несбалансированность БУ меньше, чем при расчетах с постоянной частотой?
4. Как объяснить при уменьшении нагрузки частота системы возрастает, а при уменьшении генерации снижается?
5. Что такое регулирующий эффект нагрузки?

Список литературы

- 1 Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. - М.: Энергия, 2008.
- 2 Веников В.А. Примеры анализа и расчетов режимов электропередач имеющих автоматическое регулирование и управление. – М.: Энергия, 2004.
- 3 Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: Учебное пособие. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. - 284 с.
- 4 Бессонов Л.А. Переходные процессы в линейных электрических цепях.— М.: Гардарики, 2007.- 701 с.
- 5 Руководство по эксплуатации программного комплекса «ДАКАР», 2010.

Содержание

Введение.....	3
Схема электрических сетей.....	4
Параметры электрической сети.....	7
1 Лабораторная работа №1. Построение графических схем электрических сетей для расчетов режимов в энергосистемах.....	8
2 Лабораторная работа №2. Расчеты установившихся режимов.....	15
Список литературы.....	23

Тохтибакиев Кармель Камилович
Абдурахманов Абдугани Абдужалилович
Тананова Айнур Дастановна

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Методические указания и задания к выполнению
лабораторных работ №1 и №2
для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Редактор Н.М. Голева
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать
Тираж _____ экз.
Объем 1,5 уч. изд. л.

Формат 60x84 1/16
Бумага типографская №1
Заказ № _____ Цена 750 тенге

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126