

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой энергетики  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Мясоедов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

## **ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ПЭВМ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

для специальностей

140101.65 – «Тепловые электрические станции»

140106.65 – «Энергообеспечение предприятий»

Составитель: Н.С. Бодруг

Благовещенск  
2012 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Аннотация	2
2. Введение	3
3. Рабочая программа дисциплины	4
4. Краткий конспект лекций по дисциплине «Пакеты прикладных программ»	24
5. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий.	116
6. Методические указания по выполнению домашних заданий и контрольных работ	120
7. Перечень программных продуктов, используемых при изучении курса «Пакеты прикладных программ»	121
8. Методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины	122
9. Методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний	123
10. Комплекты заданий для лабораторных работ	124

## 1. АННОТАЦИЯ

Настоящий УМКД предназначен в помощь студентам всех форм обучения на энергетическом факультете при изучении дисциплины «Пакеты прикладных программ».

При его написании учитывались рекомендации из положения «Об учебно-методическом комплексе дисциплины». УМКД разрабатывался на основе утвержденных в установленном порядке Государственного образовательного стандарта, типовых учебных планов. Исключением стали следующие пункты, которые не предусматриваются рабочей программой дисциплины «Пакеты прикладных программ»:

- методические рекомендации по проведению практических занятий;
- методические указания по выполнению курсовых проектов (работ);
- методические указания по выполнению практических работ);
- комплекты заданий для практических работ.
- фонды тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний студента (промежуточный контроль осуществляется путем защиты студентом лабораторных работ)

Данная дисциплина введена в учебный план как факультативная дисциплина, поэтому типовая Федеральная программа отсутствует

## 2. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, инженер, практически не может обойтись без специальных программных и компьютерных средств, в практической работе и проектировании. Это объясняется постоянным ростом требований к качеству проектных работ. Как известно, результатом проектирования является полный комплект технической документации, содержащий необходимые сведения для сооружения и эксплуатации электроэнергетических систем в заданных условиях. Используемые ранее упрощенные методики расчета перестали удовлетворять требованиям заказчика проектных работ, предъявляемым к современной проектно-конструкторской разработке. Использование более совершенных методик расчета, а также рассмотрение большого числа проектных решений вынуждает инженера использовать современные программные комплексы и пакеты, с целью снижения собственных трудозатрат и увеличения времени на творческую проработку проекта.

Изучения данного курса «Пакеты прикладных программ» студентами электроэнергетических специальностей вызвано тем, что деятельность инженера-электрика тесно связана с его практической и проектной деятельностью. Например, инженер, работающий в службе управления режимами, ежедневно сталкивается с необходимостью расчета установившихся режимов электрических сетей в связи с изменением их параметров и конфигурации сети. Что приводит к большому количеству вычислений, которые быстро и эффективно без использования вычислительной техники и современного программного обеспечения практически невозможно.

Следовательно, формирование у будущих специалистов теоретических знаний и практических навыков работы с современным программным обеспечением, а также получение теоретических и практических знаний по проектированию энергетических объектов будет способствовать появлению и закреплению у студента навыков инженера-проектировщика. а также, способствовать его практической работе как инженера и его карьерному росту.

Основными задачами данного учебного пособия являются: ознакомление студентов с программным обеспечением (ПО) в области энергетики; разработка навыков работы с ПО; развитие умений применения полученных знаний в практике проектирования, в частности для решения дипломных и курсовых работ.

В данном учебно-методическом пособии приведены методы решения задач проектирования в области электроэнергетики с помощью ПК, правила работы с программами, предназначенными для автоматизации основных трудоемких расчетных работ, при выполнении дипломных и курсовых проектов студентами электроэнергетических специальностей. Приведены примеры решения задач с использованием рассматриваемого ПО. Для закрепления полученных знаний студенту предлагается решить ряд лабораторных работ.

Данное пособие составлено с учетом рекомендаций учебно-методического отдела АмГУ.

### **3. Рабочая программа**

140101.65 – «Тепловые электрические станции»

#### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью данного курса является изучение основ автоматизированного проектирования и приобретение практических навыков в ознакомлении с комплексом средств автоматизированного проектирования в энергетике и вопросами их использования в практической деятельности.

Для решения различных задач в области промышленной электроэнергетики, сопровождающихся большим количеством вычислений, объем и сложность которых непрерывно возрастает, упрощенные вычисления и приближенные методики перестали удовлетворять требованиям, предъявляемым к современной проектно-конструкторской разработке.

Уровень развития вычислительной техники и используемое базовое и прикладное программное обеспечение позволяют проводить проектно-конструкторские работы при выполнении курсового и дипломного проектирования в автоматизированном режиме. Следовательно, одной из основных задач подготовки специалистов-энергетиков, является приобретение студентами навыков проектирования с использованием персональных компьютеров (ПК), овладение техническими средствами поддержки автоматизированного проектирования и знакомство с современным информационным обеспечением, т.е. подготовка их как пользователей существующих автоматизированных рабочих мест, широко используемых в проектных организациях и на производстве.

#### **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Дисциплина «Пакеты прикладных программ для ПЭВМ» предусмотрена Государственным образовательным стандартом в качестве одной из факультативных дисциплин – ФТД.5.

В лекционном курсе в целостной форме обобщаются полученные ранее знания по математике, математическому моделированию, информатике и на базе этого формируются типовые математические модели объектов проектирования; типовые проектные процедуры и маршруты проектирования; основы математического, программного и информационного обеспечения; технические средства; алгоритмы автоматизированного выполнения проектных процедур; принципы построения пакетов прикладных программ; баз данных и систем управления ими.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Студенты должны знать:

- типовые проектные процедуры и маршруты проектирования;
- алгоритмы автоматизированного выполнения проектных процедур;
- типовые математические модели объектов и состав пакетов прикладных программ;
- базы данных и системы управления базами данных.

Студенты должны уметь:

- оценивать эффективность применения альтернативных элементов программного обеспечения в конкретных ситуациях и включать их в состав прикладного программного обеспечения;
- умело использовать средства вычислительной техники и прикладное программное обеспечение при решении электроэнергетических задач и поиске новых технических решений.

Студент должен владеть:

- навыками автоматизированного проектирования в электрических системах и системах электроснабжения;
- навыками работы на вычислительной технике.

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ПЭВМ»

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
				Лекции	Прак. занятия	Лабор. работы	СРС	
<b>1</b>	<b><i>Раздел 1 «Основы автоматизированного проектирования»</i></b>	5						
1.1	Основные сведения об автоматизированном проектировании	5	1	2		2	2	- блиц-опрос; - выполнение лаб. раб.
1.2	Основы расчета сетей. Программы расчета режимов SDO6 и RASTR	5	3	2		2	2	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб.

								раб.
1.3	Основы расчета переходных режимов. Программы расчета переходных режимов – TKZ, ZAPUSK		5	2		2	2	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2	<b>Раздел 2 «Программы применяемые в энергетике»</b>	5						
2.1	Программы применяемые при обосновании технических решений в энергетике: KRNET, G1	5	7	2		2	2	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.2	Построение графиков электрических нагрузок. (РАСЧЕТ СЕТИ, CURCE 2)	5	9	2		2	2	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.3	Программы, используемы в расчете защит и автоматики: программ PROTECTTRANSиPROTECTLINE	5	11	2		2	2	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.4	Программы, применяемые в расчетах изоляции и перенапряжений. Программа Molnia	5	13	2		2	2	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.5	Программы, применяемые для расчета сети САПР «Карат»	5	15	2		2	2	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.6	Программы, применяемые в расчетах механической части - MLEP	5	16	2		2		- блиц-опрос; - отчет по лаб. раб.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

#### *Раздел 1 «Основы автоматизированного проектирования».*

##### **1.1. Основные сведения об автоматизированном проектировании.**

Расчет и ведение режимов в электрических сетях энергосистем, а также в распределительных сетях энергопредприятий.

Характеристика структуры и содержание курса. Основные понятия и определения. Роль и значение автоматизированного проектирования в ускорении научно-технического прогресса, в развитии экономики страны.

Общие требования и структура программного обеспечения (ПО). Базовое, общесистемное и прикладное ПО. Программные средства телекоммуникационного доступа и сетевой телеобработки данных. Принципы построения прикладных программ. Прикладные программы электроэнергетических задач. Программное обеспечение машинной графики. Области использования машинной графики. Системы вывода и ввода графической информации. Стандартизация в машинной графике.

Графический редактор Visio. Назначение. Главное меню программы. Контекстные меню. Компонент – объект. Создание объекта. Настройки страницы: печать, размеры, шкала, единицы измерения и пр. Операции: группировка и разгруппировка объектов, вращение, объединение, обрезка, сдвиг и т.д. Основные фигуры и инструменты. Электротехнические и электроэнергетические объекты.

Математический пакет MathCad. Автоматизация инженерных и математических расчетов. Использование единиц измерения и размерности. Основные команды MathCad. Работа с файлами. Основные математические функции. Построение графиков в системе MathCad. Аппроксимация, интерполяция и программирование в системе MathCad.

## **1.2. Основы расчета сетей. Программы расчета режимов SDO6 и RASTR.**

Перспективы применения ПЭВМ при проектировании электроэнергетических комплексов. Использование ППП в курсовом и дипломном проектировании.

Назначение, характеристики и возможности ПВК СДО-6. Подготовка, формирование и обслуживание баз данных сетевой информации. Ввод, просмотр и коррекция исходной информации. Расчетные функции. Ведение режима и просмотр его результатов. Формирование протокола выходной информации. Редактор документов.

## **1.3. Основы расчета систем переходных режимов. Программы расчета переходных режимов – ТКЗ, ZAPUSK.**

Особенности расчетов переходных электромагнитных процессов. Необходимость расчета токов короткого замыкания. Трудоемкость данной задачи. Цели расчета: проверка элементов системы электроснабжения на динамическую устойчивость (расчет ударного тока к.з.  $i_{y0}$  и наибольшего значения тока к.з. за первый момент времени  $I_y$ ); проверки элементов электрической сети на термическую устойчивость (расчет действующего значения установившегося тока к.з.  $I_p$ ); проверки выключателей по отключающей способности (расчет действующего значения периодической  $I_{nt}$  и аperiodической  $I_{nt}$  составляющей тока к.з. для любого момента времени).

ZAPUSK: Определение расчетных трехфазных и однофазных нагрузок приемников электроэнергии напряжением до 1000 В и выше 1000 В по форме Ф636-90. Работа с пакетом прикладных программ в диалоговом режиме «человек-машина». Расчет токов трехфазного КЗ до 1 кВ.



TKZ: Формирование схемы замещения прямой обратной и нулевой последовательностей, Расчет трехфазных электрических нагрузок выше 6 кВ. Параметры элементов схемы замещения. Особенности работы с программой. Расчет и вывод результатов.

## ***Раздел 2 «Программы применяемые в энергетике».***

### **2.1. Программы применяемые при обосновании технических решений в энергетике: KRNET, G1.**

Особенности расчетов в электрических сетях. Программы используемые в настоящее время в проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем и систем электроснабжения. Пакеты прикладных программ «KRNET» и «G1» для выполнения курсового проектирования по дисциплине «Передача и распределение электрической энергии». Области их применения. Назначение, характеристики и возможности. Ввод и коррекция исходной информации. Расчетные функции подпрограмм. Ведение расчетов и просмотр их результатов. Формирование протокола выходной информации.

### **2.2. Построение графиков электрических нагрузок. (РАСЧЕТ СЕТИ, CURCE 2)**

Автоматизированного расчета и построения графиков электрических нагрузок, выбора рационального напряжения сети, числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях, а также для определения параметров режима электрических сетей и технико-экономического сравнения вариантов схем электроснабжения потребителей.

Назначение, характеристики и возможности. Ввод и коррекция исходной информации. Программные средства машинной графики. Расчетные функции подпрограмм. Построение графов сети и графиков нагрузок. Расчеты и просмотр их результатов. Формирование протокола выходной информации.

### **2.3. Программы, используемы в расчете защит и автоматики: программы PROTECTTRANSиPROTECTLINE**

Решение проблем, обусловленных повышением и усложнением требований к техническому совершенству и надежности функционирования устройств релейной защиты и автоматики. в частности, применение средств вычислительной техники при определении уставок релейной защиты, расчеты по определению уставок релейной защиты силовых трансформаторов и линий электропередачи. Работа ППП «PROTECTTRANS» и «PROTECTLINES» под управлением операционных систем WINDOWS, что является предпочтительным с точки зрения использования сервиса программ, а также из под DOS. Ввод, просмотр и коррекция исходной информации. Расчетные функции. Ведение режима и просмотр его результатов. Формирование протокола выходной информации. Редактирование результатов расчета.

### **2.4. Программы, применяемые в расчетах изоляции и перенапряжений. Программа Molnia.**

Требования защиты электроустановок и подстанций от перенапряжений. Определение зоны защиты. Расчет заземления. Классы защит. Заземлители.

Программа молниеотвод (mz.exe). Площадь защиты. Ввод ширины защищаемого объекта. Зона защиты. Расчетные функции. Определение класса защиты. Сохранение протокола расчета. Редактирование результатов расчета.

## **2.5. Программы, применяемые для расчета сетей САПР «Карат»**

Расчет координат центра электрических нагрузок. Определение затрат на цеховую сеть. Расчет осветительных нагрузок.

Характеристики и возможности ППП. Ввод, просмотр и коррекция исходной информации. Расчетные функции. Ведение режима и просмотр его результатов. Формирование протокола выходной информации. Редактирование результатов расчета.

Расчет электрических сетей напряжением 0,4 - 6 -10 кВ (а также, любого другого значения). Конструирование однолинейных схем силовых электрических щитов 0,4 кВ, а также однолинейные схемы распределительных устройств 6-10 кВ из определенных элементов, наиболее часто встречающихся электроприемников. Параметров сети в нормальном режиме (с двумя включенными вводами. Рассчитываются уставок релейной защиты на напряжение 6-10 (0,4) кВ:

## **2.6. Программы, применяемые в расчетах механической части - МЛЕР**

Основные сведения о необходимости механических расчетов проводов и опор, определяемые величины для воздушных ЛЭП: высота гирлянды изоляторов, максимальная стрела провеса проводов, средняя высота подвеса проводов. Расчет удельных нагрузок на провода ЛЭП, расчет критических пролетов и выбор исходного режима, расчет механических напряжений проводов, расчет стрел провеса проводов, расчет тяжения по проводам в аварийном режиме, расчет грозоупорности.

Правила пользования пакетом. Ввод исходной информации. Использование справочника данных: общие сведения, справочные данные. расчет необходимых характеристик линий. Оформление результатов расчета.

## **5.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

В лаборатории студенты знакомятся с основными программными средствами автоматизации проектно-конструкторских работ, приобретают практические навыки, знакомятся с комплексом средств автоматизированного проектирования в энергетике и вопросами их использования в практической деятельности, получают навык работы с базами данных на ПЭВМ, знакомятся с текстовыми и графическими редакторами, предназначенными для оформления проектно-конструкторской документации, осваивают прикладные программы, используемые при решении электроэнергетических задач.

*Тематика лабораторных занятий:*

Лабораторные работы разработаны на основе имеющихся в Амурском государственном университете пакетов прикладных программ АРМ для проектирования объектов электроэнергетики. Предлагаемые работы

обеспечивают закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков в использовании средств вычислительной техники.

АРМ "Электро" использует следующее специализированное и прикладное программное обеспечение: VISIO; CURSE 2; РАСЧЕТ СЕТИ; KURNET и G1; PROTECT; SDO-6; TKZ; Мехчасть ВЛ; ZAPUSK; RASTR, OMSK, MODEL, MATHCAD (выбор трансформатора).

Главное внимание уделяется иллюстрации возможностей автоматизированного проектирования, знакомству со специфическими особенностями работы инженера с техническими и программными средствами.

### **Перечень лабораторных работ:**

1. Графический редактор Visio. Математический пакет MathCad.

Контрольное задание. Требуется изобразить в редакторе Visio схему, предложенную преподавателем. Записать в пакет MathCad выражения для расчета установившихся режимов для предложенной схемы.

2. Расчет режимов электрической сети с помощью с помощью ПК SDO6 и программы RASTR.

Контрольное задание. Требуется рассчитать установившийся режим, для расчета установившихся режимов для предложенной схемы. Сравнить результаты расчетов для двух программ SDO6 и RASTR.

3. Проектирование электрической сети. Определение потоков мощности и потерь мощности в сети, напряжения в сети (CURSE 2, РАСЧЕТ СЕТИ).

Контрольное задание. Требуется рассчитать потоки мощности для предложенной схемы. Сравнить результаты расчетов для двух программ CURSE 2 и РАСЧЕТ СЕТИ.

4. Проектирование электрической сети. Определение электрических нагрузок выбор сечений ВЛ и трансформаторов (CURSE 2, РАСЧЕТ СЕТИ).

Контрольное задание. Требуется построить график нагрузки. Выбрать трансформаторы и сечения ВЛ.

5. Расчет электромагнитных переходных процессов в программах TKZ и ППП ZAPUSK.

Контрольное задание. Требуется рассчитать токи короткого замыкания в предложенных схемах выше 1 кВ и до 1 кВ.

6. Расчет релейной защиты.

Контрольное задание. Требуется для предложенной преподавателем схемы подстанции рассчитать молниезащиту и построить зону защиты.

Контрольное задание. Провести расчет дистанционной защиты линии (трансформатора) для предложенной преподавателем схемы в программе Protectline (Protecttrans)

7. Расчет молниезащиты.

Контрольное задание. Требуется для предложенной преподавателем схемы подстанции рассчитать молниезащиту и построить зону защиты в программе молниеотвод (mz.exe)

8. Расчет системы электроснабжения.

Контрольное задание. Требуется для предложенной преподавателем схемы расположения электроприемников рассчитать трехфазные электрические нагрузки и определить центр электрических нагрузок в ППП ЗАПУСК

#### 8. Расчет механической части ВЛ.

Контрольное задание. Требуется для предложенной преподавателем схемы рассчитать нагрузки и определить параметры: ветровой, габаритный размеры и пр. параметры для заданного района.

### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
1	1	- проработка лекционного материала; - подготовка к лабораторным работам; - подготовка к блиц-опросам.	6
2	2	- проработка лекционного материала; - подготовка к лабораторным работам; - подготовка к блиц-опросам; - подготовка к зачету.	10

### 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По дисциплине «Пакеты прикладных программ для ПЭВМ» в целях реализации подхода предусмотрено использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

На лекционных занятиях по дисциплине «Пакеты прикладных программ для ПЭВМ» возникают следующие дидактические задачи: разрушить неверные стереотипы, заинтересовать, убедить, побудить к самостоятельному поиску и активной мыслительной деятельности, помочь совершить мысленный переход от теоретического уровня к прикладным знаниям и др.

Поэтому, для решения этих задач на занятиях применяются следующие методы активного обучения: лекция-беседа или диалог с аудиторией; лекция-дискуссия; лекция с применением техники обратной связи и др.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **Вопросы на контрольные задания.**

Для каждого ППП, ПВК, КП в зависимости от задания:

пояснить назначение, дать основные характеристики и показать возможности;

охарактеризовать подготовку, формирование и обслуживание баз данных сетевой информации;

объяснить порядок ввода, просмотра и коррекции исходной информации; привести расчетные функции, как осуществить ведение режима и просмотр его результатов;

сформировать протокол выходной информации, применить редактор документов.

### **Вопросы к зачету:**

1. Автоматизированное рабочее место. Основные положения, структура АРМ. Рекомендации по выбору КТС САПР.
2. Архитектура автоматизированных баз данных ППП. Банки и базы данных ППП в энергетике. Системы управления базами данных.
3. Базовое, общесистемное и специализированное ПО.
4. В чем сходство и различия между базой данных (БД) и файлом? Чем определяется производительность БД. В чем заключается защита БД и сохранность базы данных.
5. Назначение и характеристика, особенности обеспечения ППП в электроэнергетике.
6. Входные языки и языки, обеспечивающие диалоговый режим работы. Средства разработки и поддержки языков проектирования.
7. Для элементарной R,L,C цепи записать математическую модель в инвариантной, алгоритмической, аналитической и схемной формах.
8. Структурная модель электрической сети.
9. Основные типы ЭВМ и периферийного оборудования, используемые в проектировании.
10. Назначение, структура и классификация ПО машинной графики.
11. Общая характеристика методов оптимизации.
12. Общие требования и правила разработки математических моделей объектов проектирования.
13. Принципы построения информационного обеспечения. Структура информационной базы ППП.
14. Принципы построения прикладных программ САПР в энергетике.

15. Принципы проектирования и построения сложных объектов. Направленность процесса проектирования.
16. Программные средства машинной графики. Ввод, вывод и редактирование графической информации.
17. Проектирование модульной структуры ПО САПР. Методика композиционного проектирования ПО.
18. Процесс проектирования и пути его реализации. Понятия «стадия», «этап» и «процедура проектирования».
19. Стандартизация в машинной графике. Концептуальная схема интерфейсов ядра графической системы.
20. Структура вычислительных сетей.
21. Общие требования к КТС электроэнергетики. Состав и структура технических средств.
22. Внешние, внутренние и выходные параметры в ППП.
23. Что такое модель проектируемого объекта? Какие математические задачи можно использовать в качестве моделей проектируемых объектов. Разработать математическую модель проектирования электрической сети.
24. Что такое область адекватности модели? Привести пример математической модели какого-либо объекта на микроуровне. Построить граф и выбранное дерево в методе переменных состояний.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ПЭВМ»**

а) основная литература:

1. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования [Текст]: учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ / под ред. И. П. Крючкова, В. А. Старшинова. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2006. - 416 с.

2. Половко А.М. Mathematica для студента [Текст] : [учеб. пособие] / А. М. Половко. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 367 с.

б) дополнительная литература:

1. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере [Текст]/В. Боровиков. - 2-е изд. - СПб.: Питер , 2003. - 688 с.: рис. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

2. Судаков Г.В. Пакеты прикладных программ [Текст]: учеб.-метод. комплекс по спец. 140101, 140204, 140211, 140101(100500), 140203: учеб. пособие/Г. В. Судаков, Н. С. Бодруг; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 166 с.

3. Фуфаев Э.В. Пакеты прикладных программ [Текст]: учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ/Э. В. Фуфаев, Л. И. Фуфаева. - М.: Академия, 2004. - 352 с.

в) периодические издания (профессиональные журналы):

1. «Электрика»;
2. «Электричество»;
3. «Электрические станции»;
4. «Известия РАН. Энергетика»;

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

В процессе изучения дисциплины «Пакеты прикладных программ» студент при подготовке к практическим, лабораторным занятиям, к лекционным курсам использует программные продукты.

На кафедре имеется программное обеспечение. Оно представляет собой программы необходимые для учебного процесса и которое может каждый студент установить себе, для освоения учебного материала на собственных персональных компьютерах.

*Программное обеспечение для студентов:*

1. MSVisio – графический редактор;
2. MathCad– система математических расчетов;
3. MathLab– система моделирования;
4. Delphi– система быстрой разработки программ.

Интернет – ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://www.iglib.ru">http://www.iglib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе обучения используются электронные презентации лекций с элементами активного обучения, подготовлены электронные слайды и рисунки, с последующим показом их с помощью медиапроектора и ноутбука.

Широко используются различные средства мониторинга при входном контроле, межсессионном контроле и т.д.

В процессе обучения широко используется лабораторный комплекс, на котором выполняются лабораторные работы. Стенды находятся в лаборатории аудитории 504, корпус 6.

## Рабочая программа

### 140106.65 – «Энергообеспечение предприятий»

#### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью данного курса является изучение основ автоматизированного проектирования и приобретение практических навыков в ознакомлении с комплексом средств автоматизированного проектирования в энергетике и вопросами их использования в практической деятельности.

Для решения различных задач в области промышленной электроэнергетики, сопровождающихся большим количеством вычислений, объем, и сложность которых непрерывно возрастает, упрощенные вычисления и приближенные методики перестали удовлетворять требованиям, предъявляемым к современной проектно-конструкторской разработке.

Уровень развития вычислительной техники и используемое базовое и прикладное программное обеспечение позволяют проводить проектно-конструкторские работы при выполнении курсового и дипломного проектирования в автоматизированном режиме. Следовательно, одной из основных задач подготовки специалистов-энергетиков, является приобретение студентами навыков проектирования с использованием персональных компьютеров (ПК), овладение техническими средствами поддержки автоматизированного проектирования и знакомство с современным информационным обеспечением, т.е. подготовка их как пользователей существующих автоматизированных рабочих мест, широко используемых в проектных организациях и на производстве.

#### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Пакеты прикладных программ» предусмотрена Государственным образовательным стандартом в качестве одной из факультативных дисциплин – ФТД.5.

В лекционном курсе в целостной форме обобщаются полученные ранее знания по математике, математическому моделированию, информатике и на базе этого формируются типовые математические модели объектов проектирования; типовые проектные процедуры и маршруты проектирования; основы математического, программного и информационного обеспечения; технические средства; алгоритмы автоматизированного выполнения проектных процедур; принципы построения пакетов прикладных программ; баз данных и систем управления ими.

#### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Студенты должны знать:

- типовые проектные процедуры и маршруты проектирования;
- алгоритмы автоматизированного выполнения проектных процедур;
- типовые математические модели объектов и состав пакетов прикладных программ;
- базы данных и системы управления базами данных.

Студенты должны уметь:

- оценивать эффективность применения альтернативных элементов программного обеспечения в конкретных ситуациях и включать их в состав прикладного программного обеспечения;



- умело использовать средства вычислительной техники и прикладное программное обеспечение при решении электроэнергетических задач и поиске новых технических решений.

Студент должен *владеть*:

- навыками автоматизированного проектирования в электрических системах и системах электроснабжения;
- навыками работы на вычислительной технике.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ»

Общая трудоемкость, для специальности 140106.65 – «Энергообеспечение предприятий», дисциплины составляет 70 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
				Лекции	Прак. занятия	Лабор. работы	СРС	
1	<b>Раздел 1 «Основы автоматизированного проектирования»</b>	5						
1.1	Основные сведения об автоматизированном проектировании	5	1	2		2	4	- блиц-опрос; - выполнение лаб. раб.
1.2	Основы расчета электрических сетей. Программы расчета установившихся режимов SDO6 и RASTR	5	3	2		2	4	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
1.3	Основы расчета систем электроснабжения и переходных режимов. Программы расчета переходных режимов – TKZ, ZAPUSK		5	2		2	6	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2	<b>Раздел 2 «Программы применяемые в энергетике»</b>	5						
2.1	Программы применяемые при обосновании технических решений в энергетике: KRNET, G1	5	7	2		2	4	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.2	Построение графиков электрических нагрузок. Выбор: сечений кабельных линий и трансформаторов (РАСЧЕТ СЕТИ, CURCE 2)	5	9	2		2	4	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.3	Программы, используемы в расчете релейной защиты и	5	11	2		2	4	- блиц-опрос; - выполнение и

	автоматики: программ PROTECTTRANSиPROTECTLINE							защита лаб. раб.
2.4	Программы, применяемые в расчетах изоляции и перенапряжения. Программа молниетвод	5	13	2		2	4	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.5	Программы, применяемые систем электроснабжения: ZAPUSK и РОСА	5	15	2		2	4	- блиц-опрос; - выполнение и защита лаб. раб.
2.6	Программы, применяемые в расчетах механической части ВЛ - MLEP	5	16	2		2		- блиц-опрос; - отчет по лаб. раб.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

#### *Раздел 1 «Основы автоматизированного проектирования».*

##### **1.1. Основные сведения об автоматизированном проектировании.**

Расчет и ведение режимов в электрических сетях энергосистем, а также в распределительных сетях энергопредприятий.

Характеристика структуры и содержание курса. Основные понятия и определения. Роль и значение автоматизированного проектирования в ускорении научно-технического прогресса, в развитии экономики страны. Общие требования и структура программного обеспечения (ПО). Базовое, общесистемное и прикладное ПО. Программные средства телекоммуникационного доступа и сетевой телеобработки данных. Принципы построения прикладных программ. Прикладные программы электроэнергетических задач. Программное обеспечение машинной графики. Области использования машинной графики. Системы вывода и ввода графической информации. Стандартизация в машинной графике.

Графический редактор Visio. Назначение. Главное меню программы. Контекстные меню. Компонент – объект. Создание объекта. Настройки страницы: печать, размеры, шкала, единицы измерения и пр. Операции: группировка и разгруппировка объектов, вращение, объединение, обрезка, сдвиг и т.д. Основные фигуры и инструменты. Электротехнические и электроэнергетические объекты.

Математический пакет MathCad. Автоматизация инженерных и математических расчетов. Использование единиц измерения и размерности. Основные команды MathCad. Работа с файлами. Основные математические функции. Построение графиков в системе MathCad. Аппроксимация, интерполяция и программирование в системе MathCad.

##### **1.2. Основы расчета электрических сетей. Программы расчета установившихся режимов SDO6 и RASTR.**

Перспективы применения ПЭВМ при проектировании электроэнергетических комплексов. Использование ППП в курсовом и дипломном проектировании.

Назначение, характеристики и возможности ПВК СДО-6. Подготовка, формирование и обслуживание баз данных сетевой информации. Ввод, просмотр и коррекция исходной информации. Расчетные функции. Ведение режима и просмотр его результатов. Формирование протокола выходной информации. Редактор документов.

##### **1.3. Основы расчета систем электроснабжения и переходных режимов. Программы расчета переходных режимов – TKZ, ZAPUSK.**

Особенности расчетов переходных электромагнитных процессов. Необходимость расчета токов короткого замыкания. Трудоемкость данной задачи. Цели расчета: проверка элементов системы электроснабжения на динамическую устойчивость (расчет ударного тока к.з.  $i_{y0}$  и наибольшего значения тока к.з. за первый момент времени  $I_y$ ); проверки элементов электрической сети на термическую устойчивость (расчет действующего значения

установившегося тока к.з.  $I_{\Sigma}$ ); проверки выключателей по отключающей способности (расчет действующего значения периодической  $I_m$  и апериодической  $I_{an}$  составляющей тока к.з. для любого момента времени).

**ZAPUSK:** Определение расчетных трехфазных и однофазных нагрузок приемников электроэнергии напряжением до 1000 В и выше 1000 В по форме Ф636-90. Работа с пакетом прикладных программ в диалоговом режиме «человек-машина». Расчет токов трехфазного КЗ до 1 кВ.

**TKZ:** Формирование схемы замещения прямой обратной и нулевой последовательностей, Расчет трехфазных электрических нагрузок выше 6 кВ. Параметры элементов схемы замещения. Особенности работы с программой.

Расчет и вывод результатов.

### ***Раздел 2 «Программы применяемые в энергетике».***

#### **2.1. Программы применяемые при обосновании технических решений в энергетике: KRNET, G1.**

Особенности расчетов в электрических сетях. Программы используемые в настоящее время в проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем и систем электроснабжения. Пакеты прикладных программ «KRNET» и «G1» для выполнения курсового проектирования по дисциплине «Передача и распределение электрической энергии». Области их применения. Назначение, характеристики и возможности. Ввод и коррекция исходной информации. Расчетные функции подпрограмм. Ведение расчетов и просмотр их результатов. Формирование протокола выходной информации.

#### **2.2. Построение графиков электрических нагрузок. Выбор: сечений кабельных линий и трансформаторов (РАСЧЕТ СЕТИ, CURCE 2)**

Автоматизированного расчета и построения графиков электрических нагрузок, выбора рационального напряжения сети, числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях, а также для определения параметров режима электрических сетей и технико-экономического сравнения вариантов схем электроснабжения потребителей.

Назначение, характеристики и возможности. Ввод и коррекция исходной информации. Программные средства машинной графики. Расчетные функции подпрограмм. Построение графов сети и графиков нагрузок. Расчеты и просмотр их результатов. Формирование протокола выходной информации.

#### **2.3. Программы, используемы в расчете релейной защиты и автоматики: программ PROTECTTRANSиPROTECTLINE**

Решение проблем, обусловленных повышением и усложнением требований к техническому совершенству и надежности функционирования устройств релейной защиты и автоматики. в частности, применение средств вычислительной техники при определении уставок релейной защиты, расчеты по определению уставок релейной защиты силовых трансформаторов и линий электропередачи. Работа ППП «PROTECTTRANS» и «PROTECTLINES» под управлением операционных систем WINDOWS 95, что является предпочтительным с точки зрения использования сервиса программ, а также из под DOS. Ввод, просмотр и коррекция исходной информации. Расчетные функции. Ведение режима и просмотр его результатов. Формирование протокола выходной информации. Редактирование результатов расчета.

#### **2.4. Программы, применяемые в расчетах изоляции и перенапряжения. Программа молниевод.**

Требования защиты электроустановок и подстанций от перенапряжений. Определение зоны защиты. Расчет заземления. Классы защит. Заземлители.

Программа молниеотвод (mz.exe). Площадь защиты. Ввод ширины защищаемого объекта. Зона защиты. Расчетные функции. Определение класса защиты. Сохранение протокола расчета. Редактирование результатов расчета.

#### **2.5. Программы, применяемые систем электроснабжения: ZAPUSK и РОСА**

Расчет координат центра электрических нагрузок. Определение затрат на цеховую сеть. Расчет осветительных нагрузок .

Пакет прикладных программ «ZAPUSK». Характеристики и возможности ППП. Ввод, просмотр и коррекция исходной информации. Расчетные функции. Ведение режима и просмотр его результатов. Формирование протокола выходной информации. Редактирование результатов расчета.

Программа «Роса» предназначена для расчета электрических сетей напряжением 0,4 - 6 -10 кВ (а также, любого другого значения). Она позволяет конструировать однолинейные схемы силовых электрических щитов 0,4 кВ, а также однолинейные схемы распределительных устройств 6-10 кВ из определенных элементов, наиболее часто встречающихся электроприемников. Параметров сети в нормальном режиме (с двумя включенными вводами. Рассчитываются уставок релейной защиты на напряжение 6-10 (0,4) кВ:

### **2.6. Программы, применяемые в расчетах механической части ВЛ - МЛЕР**

Основные сведения о необходимости механических расчетов проводов и опор, определяемые величины для воздушных ЛЭП: высота гирлянды изоляторов, максимальная стрела провеса проводов, средняя высота подвеса проводов. Расчет удельных нагрузок на провода ЛЭП, расчет критических пролетов и выбор исходного режима, расчет механических напряжений проводов, расчет стрел провеса проводов, расчет тяжения по проводам в аварийном режиме, расчет грозоупорности.

Правила пользования пакетом. Ввод исходной информации. Использование справочника данных: общие сведения, справочные данные. расчет необходимых характеристик линий. Оформление результатов расчета.

## **5.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

В лаборатории студенты знакомятся с основными программными средствами автоматизации проектно-конструкторских работ, приобретают практические навыки, знакомятся с комплексом средств автоматизированного проектирования в энергетике и вопросами их использования в практической деятельности, получают навык работы с базами данных на ПЭВМ, знакомятся с текстовыми и графическими редакторами, предназначенными для оформления проектно-конструкторской документации, осваивают прикладные программы, используемые при решении электроэнергетических задач.

*Тематика лабораторных занятий:*

Лабораторные работы разработаны на основе имеющихся в Амурском государственном университете пакетов прикладных программ АРМ для проектирования объектов электроэнергетики. Предлагаемые работы обеспечивают закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков в использовании средств вычислительной техники.

АРМ "Электро" использует следующее специализированное и прикладное программное обеспечение: VISIO; CURSE 2; РАСЧЕТ СЕТИ; KURNET и G1; PROTECT; SDO-6; ТКЗ; Мехчасть ВЛ; ZAPUSK; RASTR, OMSK, MODEL, MATCAD (выбор трансформатора).

Главное внимание уделяется иллюстрации возможностей автоматизированного проектирования, знакомству со специфическими особенностями работы инженера с техническими и программными средствами.

### **Перечень лабораторных работ:**

1. Графический редактор Visio. Математический пакет MathCad.

Контрольное задание. Требуется изобразить в редакторе Visio схему, предложенную преподавателем. Записать в пакет MathCad выражения для расчета установившихся режимов для предложенной схемы.

2. Расчет режимов электрической сети с помощью с помощью ПБК SDO6 и программы RASTR.

Контрольное задание. Требуется рассчитать установившийся режим, для расчета установившихся режимов для предложенной схемы. Сравнить результаты расчетов для двух программ SDO6 и RASTR.

3. Проектирование электрической сети. Определение потоков мощности и потерь мощности в сети, напряжения в сети (CURSE 2, РАСЧЕТ СЕТИ).

Контрольное задание. Требуется рассчитать потоки мощности для предложенной схемы. Сравнить результаты расчетов для двух программ CURSE 2 и РАСЧЕТ СЕТИ.

4. Проектирование электрической сети. Определение электрических нагрузок выбор сечений ВЛ и трансформаторов (CURSE 2, РАСЧЕТ СЕТИ).

Контрольное задание. Требуется построить график нагрузки. Выбрать трансформаторы и сечения ВЛ.

5. Расчет электромагнитных переходных процессов в программах ТКЗ и ППП ZAPUSK.

Контрольное задание. Требуется рассчитать токи короткого замыкания в предложенных схемах выше 1 кВ и до 1 кВ.

6. Расчет релейной защиты.

Контрольное задание. Требуется для предложенной преподавателем схемы подстанции рассчитать молниезащиту и построить зону защиты.

Контрольное задание. Провести расчет дистанционной защиты линии (трансформатора) для предложенной преподавателем схемы в программе Protectline (Protecttrans)

7. Расчет молниезащиты.

Контрольное задание. Требуется для предложенной преподавателем схемы подстанции рассчитать молниезащиту и построить зону защиты в программе молниеотвод (mz.exe)

8. Расчет системы электроснабжения.

Контрольное задание. Требуется для предложенной преподавателем схемы расположения электроприемников рассчитать трехфазные электрические нагрузки и определить центр электрических нагрузок в ППП ZAPUSK

8. Расчет механической части ВЛ.

Контрольное задание. Требуется для предложенной преподавателем схемы рассчитать нагрузки и определить параметры: ветровой, габаритный размеры и пр. параметры для заданного района.

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
1	1	- проработка лекционного материала; - подготовка к лабораторным работам; - подготовка к блиц-опросам.	14
2	2	- проработка лекционного материала; - подготовка к лабораторным работам; - подготовка к блиц-опросам; - подготовка к зачету.	20

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По дисциплине «Пакеты прикладных программ» в целях реализации подхода предусмотрено использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

На лекционных занятиях по дисциплине «Пакеты прикладных программ» возникают следующие дидактические задачи: разрушить неверные стереотипы, заинтересовать, убедить, побудить к самостоятельному поиску и активной мыслительной деятельности, помочь совершить мысленный переход от теоретического уровня к прикладным знаниям и др.

Поэтому, для решения этих задач на занятиях применяются следующие методы активного обучения: лекция-беседа или диалог с аудиторией; лекция-дискуссия; лекция с применением техники обратной связи и др.

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Вопросы на контрольные задания.

Для каждого ППП, ПВК, КП в зависимости от задания:

- пояснить назначение, дать основные характеристики и показать возможности;
- охарактеризовать подготовку, формирование и обслуживание баз данных сетевой информации;
- объяснить порядок ввода, просмотра и коррекции исходной информации;
- привести расчетные функции, как осуществить ведение режима и просмотр его результатов;
- сформировать протокол выходной информации, применить редактор документов.

### Вопросы к зачету:

1. Автоматизированное рабочее место. Основные положения, структура АРМ. Рекомендации по выбору КТС САПР.
2. Архитектура автоматизированных баз данных ППП. Банки и базы данных ППП в энергетике. Системы управления базами данных.
3. Базовое, общесистемное и специализированное ПО.
4. В чем сходство и различия между базой данных (БД) и файлом? Чем определяется производительность БД. В чем заключается защита БД и сохранность базы данных.
5. Назначение и характеристика, особенности обеспечения ППП в электроэнергетике.
6. Входные языки и языки, обеспечивающие диалоговый режим работы. Средства разработки и поддержки языков проектирования.
7. Для элементарной R,L,C цепи записать математическую модель в инвариантной, алгоритмической, аналитической и схемной формах.
8. Структурная модель электрической сети.
9. Основные типы ЭВМ и периферийного оборудования, используемые в проектировании.
10. Назначение, структура и классификация ПО машинной графики.
11. Общая характеристика методов оптимизации.
12. Общие требования и правила разработки математических моделей объектов проектирования.
13. Принципы построения информационного обеспечения. Структура информационной базы ППП.
14. Принципы построения прикладных программ САПР в энергетике.

15. Принципы проектирования и построения сложных объектов. Направленность процесса проектирования.
16. Программные средства машинной графики. Ввод, вывод и редактирование графической информации.
17. Проектирование модульной структуры ПО САПР. Методика композиционного проектирования ПО.
18. Процесс проектирования и пути его реализации. Понятия «стадия», «этап» и «процедура проектирования».
19. Стандартизация в машинной графике. Концептуальная схема интерфейсов ядра графической системы.
20. Структура вычислительных сетей.
21. Общие требования к КТС электроэнергетики. Состав и структура технических средств.
22. Внешние, внутренние и выходные параметры в ППП.
23. Что такое модель проектируемого объекта? Какие математические задачи можно использовать в качестве моделей проектируемых объектов. Разработать математическую модель проектирования электрической сети.
24. Что такое область адекватности модели? Привести пример математической модели какого-либо объекта на микроуровне. Построить граф и выбранное дерево в методе переменных состояний.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ»**

а) основная литература:

1. Кривилев А.В. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB [Текст]: учеб. пособие/А. В. Кривилев. - М.: Лекс-Книга, 2005. - 485 [8] с.
2. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования [Текст]: учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ / под ред. И. П. Крючкова, В. А. Старшинова. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2006. - 416 с.
3. Фуфаев Э.В. Пакеты прикладных программ [Текст]: учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ/Э. В. Фуфаев, Л. И. Фуфаева. - М.: Академия, 2004. - 352 с.

б) дополнительная литература:

1. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере [Текст]/В. Боровиков. - 2-е изд. - СПб.: Питер, 2003. - 688 с.: рис. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
2. Половко А.М. Mathematica для студента [Текст] : [учеб. пособие] / А. М. Половко. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 367 с.
3. Судаков Г.В. Пакеты прикладных программ [Текст]: учеб.-метод. комплекс по спец. 140101, 140204, 140211, 140101(100500), 140203: учеб. пособие/Г. В. Судаков, Н. С. Бодруг; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 166 с.

в) периодические издания (профессиональные журналы):

1. «Электрика»;
2. «Электричество»;
3. «Электрические станции»;
4. «Известия РАН. Энергетика»;

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

В процессе изучения дисциплины «Пакеты прикладных программ» студент при подготовке к практическим, лабораторным занятиям, к лекционным курсам использует программные продукты.

На кафедре имеется программное обеспечение. Оно представляет собой программы необходимые для учебного процесса и которое может каждый студент установить себе, для освоения учебного материала на собственных персональных компьютерах.

*Программное обеспечение для студентов:*

1. MS Visio (2002, 2003) – графический редактор;
2. MathCad (2000, 2001, 2003) – система математических расчетов;
3. MatLab – система моделирования;
4. Delphi-6.0 – система быстрой разработки программ.

Интернет – ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://www.iglib.ru">http://www.iglib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

#### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе обучения используются электронные презентации лекций с элементами активного обучения, подготовлены электронные слайды и рисунки, с последующим показом их с помощью медиапроектора и ноутбука.

Широко используются различные средства мониторинга при входном контроле, межсессионном контроле и т.д.

В процессе обучения широко используется лабораторный комплекс, на котором выполняются лабораторные работы. Стенды находятся в лаборатории аудитории 504, корпус



#### 4. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ»

##### ТЕМА 1. Основные сведения об автоматизированном проектировании.

**Общие сведения.** Под *проектированием* понимается комплекс работ по изысканиям, исследованию, расчетам и конструированию, имеющих целью получение описания, необходимого и достаточного для создания нового изделия или реализации нового процесса, удовлетворяющих заданным требованиям.

Проектирование называют *автоматизированным*, если отдельные преобразования описаний осуществляются при взаимодействии человека и ЭВМ, и *автоматическим*, если все необходимые преобразования выполняются на ЭВМ без вмешательства человека.

*Система автоматизированного проектирования (САПР)* - организационно - техническая система, представляющая собой комплекс средств автоматизированного проектирования, взаимосвязанный с подразделениями проектной организации и выполняющий автоматизированное проектирование

Основные понятия и определения. Роль и значение автоматизированного проектирования в ускорении научно-технического прогресса, в развитии экономики страны. Общие требования и структура программного обеспечения (ПО). Базовое, общесистемное и прикладное ПО. Программные средства телекоммуникационного доступа и сетевой телеобработки данных. Принципы построения прикладных программ. Прикладные программы электроэнергетических задач. Программное обеспечение машинной графики. Области использования машинной графики. Системы вывода и ввода графической информации. Стандартизация в машинной графике.

**Операции, процедуры и этапы проектирования.** Процесс проектирования делится на этапы, которые в свою очередь, делятся на процедуры и операции.

*Проектная процедура* - формализованная совокупность действий, выполнение которых оканчивается проектным решением. *Проектное решение* - промежуточное или окончательное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования.

*Проектная операция* - действие или совокупность действий, составляющих часть проектной процедуры, алгоритм которых остается неизменным для ряда проектных процедур.

*Этап проектирования* - условно выделенная часть процесса проектирования, состоящая из одной или ряда проектных процедур. Иногда в процессе проектирования выделяют ту или иную последовательность процедур и (или) этапов под названием “маршрут проектирования”.

Различают два способа проектирования (два типа маршрутов).

*Восходящее проектирование (проектирование снизу - вверх)* имеет место, если выполнение процедур в низких иерархических уровнях предшествует выполнению процедур, относящихся к более высоким иерархическим уровням.

*Нисходящее проектирование (проектирование сверху - вниз)* характеризуется противоположной последовательностью выполнения процедур и этапов. Восходящее проектирование обычно применяется на тех иерархических уровнях, на которых проектируются типовые объекты. Нисходящее проектирование охватывает те уровни, на которых проектируются объекты, ориентированные на использование в качестве элементов в одной конкретной системе.

Для решения различных задач в области промышленной электроэнергетики, сопровождающихся большим количеством вычислений, объем и сложность которых непрерывно возрастает, упрощенные вычисления и приближенные методики перестали удовлетворять требованиям, предъявляемым к современной проектно-конструкторской разработке. Уровень развития вычислительной техники и используемое базовое и прикладное программное обеспечение позволяют проводить проектно-конструкторские работы при выполнении курсового и дипломного проектирования в автоматизированном режиме. Следовательно, одной из основных задач подготовки специалистов-энергетиков, является приобретение студентами навыков проектирования с использованием персональных компьютеров (ПК), овладение техническими средствами поддержки автоматизированного проектирования и знакомство с современным информационным обеспечением, т.е. подготовка их как пользователей существующих автоматизированных рабочих мест, широко используемых в проектных организациях и на производстве.

Электрэнергетика является одной из важнейших отраслей в экономике государства, т.к. она теснейшим образом связана со всеми отраслями народного хозяйства и является базой их дальнейшего развития. Поэтому повышение эффективности и качества проектирования, а также сокращение его сроков представляет собой одну из важнейших задач динамического развития экономики в рыночных условиях. Эта задача может быть решена путем автоматизации инженерного труда при проектировании реализующимся по двум основным направлениям:

1. Выполнение оптимизационных расчетов с использованием специальных математических методов оптимизации принятия проектных решений.

2. Автоматизация выполнения всех легко формализуемых вычислительных и логических операций при инженерном проектировании, базирующемся на традиционной методике, оставляя за проектировщиком решение нестандартных вопросов, требующих творческой целеустремленности и инициативы, основанных на накопленном опыте.

Изучение процесса проектирования в электроэнергетике показывает, что практически все основные трудоемкие технические и экономические расчеты могут быть без особых затруднений формализованы и выполнены с помощью

современных ПК, причем необязательно профессиональных, а наиболее распространенных.

С помощью этих ПК можно автоматизировать выполнение следующих расчетов:

определение электрических нагрузок, расчет центра электрических нагрузок, расчет оптимального размещения компенсирующих устройств;

техничко-экономические расчеты при сравнении различных вариантов конфигурации сети, при выборе силовых трансформаторов и др.;

проверка электрических сетей на потерю и регулирование напряжения;

расчет токов коротких замыканий (к.з.) и проверка оборудования на устойчивость токам к.з.;

расчет установившихся и послеаварийных режимов в электрической сети;

расчеты уставок релейной защиты силовых трансформаторов и линий электропередачи.

Применение средств вычислительной техники для проектирования в области электроэнергетики дает ощутимый экономический эффект и позволяет получить реальную прибыль при решении задач оптимизации:

1. Значительно сокращаются сроки разработки проекта, что позволяет использовать в проекте более современные технические решения, а также использовать законченные разработки по технологической части проекта.

2. Решаемые с помощью ПК задачи имеют меньшие расчетные затраты и максимальную прибыль, благодаря тому, что найденный вариант будет близок к оптимальному.

3. Квалифицированный инженерно-технический персонал освобождается от утомительной рутинной расчетной работы, исключаются субъективные ошибки в расчетах и проектной документации, что повышает качество проектной разработки.

4. Резко повышается производительность труда каждого проектировщика независимо от опыта работы и уровня квалификации.

Однако при работе над курсовым или дипломным проектом не обязательно стремиться выполнить его целиком на ПК, так как в некоторых конкретных ситуациях отдельные разделы проекта проще рассчитать вручную.

### **Редактор Microsoft Visio**

Компания Visio надеется изменить саму концепцию создания деловой графики, сместив акцент с работы индивидуального пользователя на коллективную подготовку диаграмм. При этом представители фирмы подчеркивают совместимость своего продукта с ПО Microsoft Office, что дает возможность пользователям этого широко распространенного пакета легко освоить Visio. Планы Visio предусматривают организацию связей между диаграммами и информацией, хранящейся в базах данных. Рассмотрим процесс планировки офисного помещения. Когда пользователь вводит нового сотрудника в базу данных, программа Visio средствами объектной компоновки автоматически добавляет еще один стол на плане комнаты. Если же, наоборот, убрать на плане какой-либо стол, то из БД будет удалена запись о сотруднике, которому он принадлежал. В прошлом году компания вышла на рынок САПР с

пакетом Visio Technical, сочетающим удобный интерфейс Visio с функцией создания двухмерных чертежей.

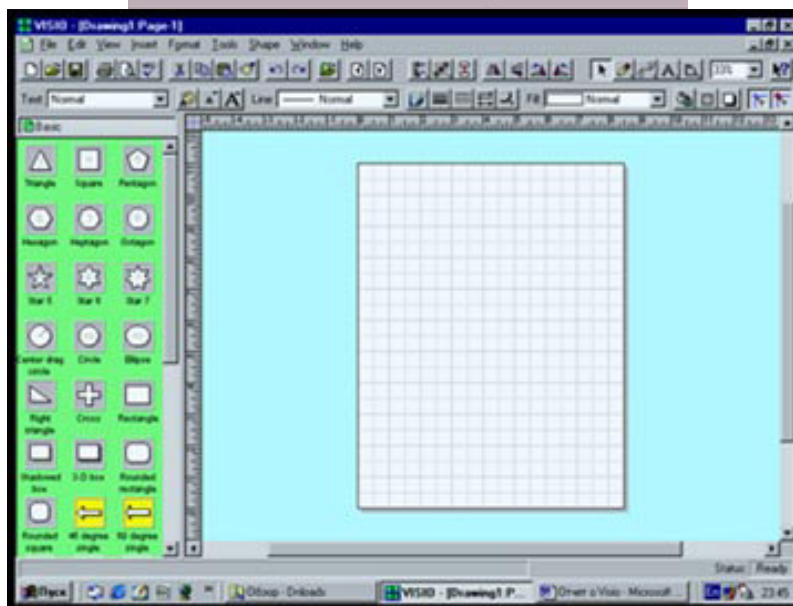
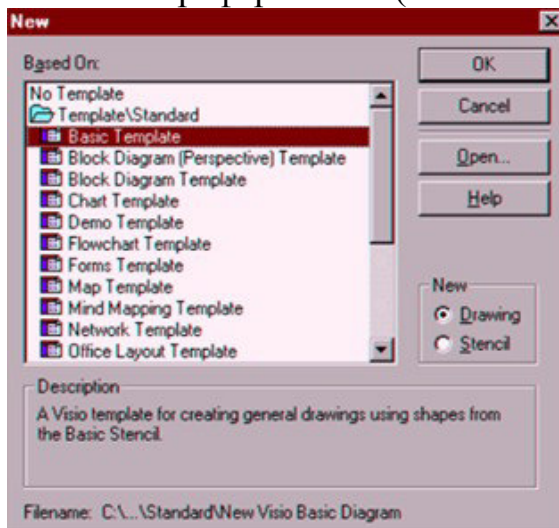
Запуск программы осуществляется двойным нажатием клавиши мыши или кнопкой Enter на иконке программы Visio. Когда программа загрузилась и готова к работе она, выдает диалоговое окно с названием New, в котором можно выбрать готовый трафарет блок - схемы и приступить непосредственно к работе.

Также можно и не выбирать трафарет. Внешний вид программы можно подразделить на 6 частей:

1) Окно для редактирования изображений. В нем производятся все основные действия, т.е. происходит редактирование рисунка.

2) Палитры инструментов и объектов, в том числе специализированных, для различных задач. При помощи всех этих вспомогательных инструментов и происходит редактирование рисунка, а также доработка до мельчайших подробностей. Например, можно установить тип линии, задать начальные и конечные положения стрелок, установить цвет шрифта и много другое.

3) Окно для работы с трафаретами (если оно открыто).



В этом окне могут быть предложены на выбор много готовых блок схем, чтобы сразу вставить

В этом окне могут быть предложены на выбор много готовых блок схем, чтобы сразу вставить

готовые фигуры в вашу работу.

4) Меню, в котором всегда можно воспользоваться любой командой не прибегая к палитрам инструментов. Здесь также содержится много важных настроек к этой программе. Все панели и меню взаимосвязаны.

5) Строка в которой задается название текущего файла, над которым работают в данный момент. Немного правее этой строчки как и у всех программ на платформе Windows имеется 3 кнопки, 1-ая сворачивает программу, 2-ая позволяет сделать рабочее пространство на весь экран и 3-я закрывает программу. Такие же 3 кнопки имеет и рабочее окно, это очень удобно когда вы открыли сразу несколько документов для редактирования.

6) Строка состояния, в которой при старте указано состояние Ready (готов).

Теперь начнем более подробно рассматривать данную программу, все ее функции, кнопки, возможности и т.д. Окно для редактирования изображений занимает самое большое пространство на экране. Оно представляет собой визуально лист в клеточку, в котором производятся все операции по редактированию. Окно для редактирования находится как бы поверх специально фона, на котором нельзя рисовать и производить какие либо действия. Само окно имеет заданные границы для редактирования. Для более точного построения вокруг окна редактирования имеется линейка, она позволяет очень точно расположить объекты на плоскости и провести расчеты. Размеры окна для редактирования могут быть разными по размеру и чтобы комфортно переходить при больших масштабах рисунка от одной части к другой, как и всех стандартных программах под операционную систему Windows имеются полосы прокрутки. Немного левее окна редактирования, располагается окно для работы с трафаретами (если это окно было выбрано по умолчанию при начальной загрузке или вызвано при помощи кнопки на панели инструментов), здесь располагаются готовые блок схемы, фигуры, стрелки, изображения и т.д.

Для того чтобы исходное изображение в трафарете появилось в окне для редактирования нужно, мышкой перейти в окно трафарета и выбрать нужный нам объект. После того как объект выбран, установив курсор на нем, мы, нажимая левую клавишу мыши и держа ее переносим это изображение из одного окна в другое. Так же как и в окне для редактирования здесь присутствуют полосы прокрутки. Так же можно открыть сразу несколько трафаретов, тогда рядом с кнопкой названия данного трафарета появятся и другие. Если нажать правой клавишей мыши на кнопке названия данного трафарет появится подменю, в котором производятся дополнительные команды. Команда **Activate** означает, что в данный момент это окно активно, **Float** – превращает меню трафарета в отдельное окно, которое можно или свернуть или закрыть (благодаря этой функции можно заметно увеличить размеры для окна редактирования), **SwitchSides** – позволяет перенести меню из левой стороны в правую, **Close** – закрывает меню трафарета. Помимо того, что можно щелкнуть мышкой на кнопке данного трафарета, так же можно щелкнуть и на самом объекте в трафарете. В этом случае тоже появляется

вспомогательное меню. Команда **Close** закрывает заданный трафарет, **Copy** – копирует данный фрагмент, **IconsandNames** – показывает значки и имена к ним, **IconsOnly** – показывает только иконки, **NamesOnly** – показывает только имена иконок, **ShapeHelp** – помощь по данному фрагменту. Так же можно самому создавать панели для трафаретов и заносить туда понравившиеся фигуры.

В процессе работы надписи могут иметь полупрозрачный цвет, вместо черного (цвета по умолчанию для активных приложений). Если надпись написана полупрозрачным цветом, то в данном случае это действие нельзя применить или оно уже сделано. Например, нельзя сделать активным меню, если оно уже активное.

В специальном меню, которое располагается выше окна редактирования, трафаретов и панели инструментов можно выбрать различные настройки для программы. А так же воспользоваться различными командами вместо кнопок на панели инструментов. Заходя в каждый раздел данного меню, открывается очень много функций. Первый значок изображает стандартную иконку Visio, в этом меню отображаются стандартные функции. Причем в виде, который открыт не на весь экран, этот значок будет относиться к пиктограмме рабочего файла (где указано имя файла). Команда **Восстановить** – восстанавливает рабочий размер рабочего окна, **Переместить** – позволяет двигать рабочее окно, **Размер** – увеличивает или уменьшает размеры рабочего окна, **Свернуть** – сворачивает рабочее окно в командную строку, **Развернуть** – разворачивает рабочее окно на весь экран, **Заккрыть** – закрывает рабочее окно, **Следующее** – переход к другому файлу (если вы работаете не с одним рабочим файлом). Напротив некоторых команд появляются клавиатурные сокращения, нажав которые можно выполнить команду, не нажимая никаких кнопок на панели инструментов.

Опишем в дальнейшем самые главные функции всего меню в целом. В меню **File** можно увидеть такие команды как: **New** – это создание нового рабочего файла, **Open** – открывает готовый файл над которым вы уже работали, **Close** – закрывает текущий рабочий файл (если вы не сохранили все работу которую вы сделали, то по умолчанию вам предложат сохранить вашу работу), **Save** – сохранить все изменения и вообще все работу в целом, **Saveas** – сохранить все изменения с различными расширениями (это нужно для того чтобы ваши данные созданные в программе Visio, можно было перенести в другие программы), **SaveWorkspace** – сохранение рабочей версии, **Properties** – задает свойства данного файла (имя создателя, ключевые слова, краткое описание и т.д.), **Stencils** – открыть в окне шаблонов еще один шаблон, **PageSetup** – параметры страницы, **PrintPreview** – краткий просмотр страницы перед тем как распечатать, **Print** – печать, **Send** – отправляет всю вашу работу по электронной почте, специальное меню которое запоминает с какими последними 4 рабочими файлами вы работали, **Exit** – выход из программы.

В меню **Edit** можно увидеть такие команды как: **UndoLineStyle** – отменить последнее действие, **RepeatLineStyle** – повторить отмененное действие, **Cut** – вырезать объект(ы), **CopyDrawing** – копировать все объекты

рабочего стола (здесь также применима команда **Copy** – копировать один или выделенные объекты), **Paste** – вставить скопированный или вырезанный объект(ы), **PasteSpecial** – специальные вставки, **Clear** – удаление объекта, **SelectAll** – выделить все, **Duplicate** – создать дубликат объекта, **SelectSpecial** – специальное выделение, **DrawingPage** – это команда содержит в себе 4 настройки: **Properties** – свойства страницы, **Size/Scale** – размеры, **Delete** – удаление всех графических объектов из окна редактирования, **Reorder** – переупорядочить, **Find** – поиск, **Replace** – нахождение и замена текста, **GoTo** – переход к странице, **Links** – ссылка, **Object** – объект.

В меню **View** находятся команды: **LastZoom** – последний масштаб изображения, **ActualSize** – истинный размер, **PageWidth** – ширина страницы, **WholePage** – целая страница, **Zoom** – масштаб изображения (изменяется от 50 до 400), **LayerProperties** – свойства уровня, **Rulers** – убрать или включить линейку, **Grid** – убрать или включить сетку на листе, **Guides** – руководства on/off, **ConnectionPoints** – показать или убрать контрольные точки, **PageBreaks** – разграничитель страницы, **StatusBar** – строка состояния, **Toolbars** – включить или выключить инструментальную панель.

В меню **Insert** входят команды: **Page** – свойства страницы, **Field** – свойства объектов (относительно категории, полей и формата), **LotusNotesField** – настройка параметров для системы LotusNotes, **Picture** – вставить картинку, **MicrosoftGraph** – вставить диаграмму, **Object** – вставить в Visio особые объекты (рисунки из других программ, клипы и т.д.).

Меню **Format** включает в себя следующие команды: **Line** – свойства линии, **Corners** – углы изгиба, **Fill** – заполнение, **Shadow** – тень, **Font** – тип шрифта и его параметры, **Paragraph** – определение параграфа, **Tabs** – позиция табуляции, **TextBlock** – вставить текстовый блок, **Style** – стиль, **DefineStyles** – параметры стиля, **Layer** – уровень, **Protection** – защита (не позволяет менять контрольные точки), **Double-Click** – настройка двойного щелчка мыши на объекте, **Behavior** – настройка программы (делятся на категории **InteractionStyle**, **SelectionHighlighting**, **ResizeBehavior**), **Special** – специальные параметры объекта.

В меню **Tools** входят команды: **Spelling** – проверка правописания, **AlignShapes** – выравнивание объектов (форм) по горизонтали и вертикали, **DistributeShapes** – распределитель форм, **ConnectShapes** – подключение форм, **CenterDrawing** – установка центра, **UpdateAlignmentBox** – модификация выделенных форм, **RunAdd-on** – добавление таблиц с заданными параметрами, **ColorPalette** – цветовая палитра, **ShapeReport** – форма сообщений, **ProtectDocument** – защита документа (с помощью пароля), **Ruler&Grid** – установки линейки и сетки, **Snap&Glue** – привязки к объектам, **Options** – настройки программы.

В меню **Shape** входят такие команды как: **Size&Position** – размер и позиция, **CustomProperties** – выборочные свойства, **BringForward** – выдвинуть вперед, **BringToFront** – перенос к передней стороне, **SendBackward** – послать назад, **SendtoBack** – послать назад, **RotateLeft** – вращать влево, **RotateRight** – вращать вправо, **FlipVertical** – отразить вертикаль, **FlipHorizontal** – отразить

горизонталь, **ReverseEnds** – вращение вершин на 180°, **EditText** – редактирование текста, **Grouping** – группировка объектов, **Operations** – различные действия над объектами (комбинирование, объединение, вычитание и т.д.), **Actions** – различные операции с линиями и масштабами объектов.

В меню **Windows** находятся такие команды как: **NewWindow** – создать новое рабочее окно, **Tile** – выстраивает рабочие окна по порядку, **Cascade** – выстраивает рабочие окна каскадом, **ShowShapeSheet** – ведомость формы показа, **ShowMasterShapes** – формы показа хозяина, затем следуют в порядке возрастания все открытые рабочие окна (сделано для простоты переключения между ними).

В меню **Help** входят команды: **VisioHelpTopics** – справочная система по программе Visio, **ShapeHelp** – помощь по выделенной фигуре, **QuickTour** – интерактивное обучение программе Visio, **OfficeCompatible** – дополнительная информация о совместимости Visio с другими программами MicrosoftOffice, **AboutVisio** – некоторые сведения о программе Visio.

Теперь подробнее рассмотрим палитры инструментов и объектов. Именно благодаря этим палитрам и происходит вся основная работа этого графического пакета.

- ❖ Создает новый файл для редактирования.
- ❖ Открывает готовый графический файл для редактирования.
- ❖ Сохраняет данные.



- ❖ Выводит файл на печать.
- ❖ Просмотр печатающего текста.
- ❖ Проверка правописания.



- ❖ Вырезает объект.
- ❖ Копирует объект.
- ❖ Вставляет объект.
- ❖ Формат рисования.



- ❖ Отменить последнее действие.
- ❖ Отменить отмененное действие.
- ❖ Установить новый шаблон.



- ❖ Предыдущая страница.
- ❖ Следующая страница.



- ❖ Выравнивают объекты по горизонтали, вертикали и связывают контрольные точки.





- ❖ Наклоняют объекты в разные стороны.
- ❖ Указательная стрелка.



- ❖ Рисованная кривая.
- ❖ Прямая
- ❖ Дуга.
- ❖ Кривая.
- ❖ Прямоугольник.
- ❖ Эллипс.

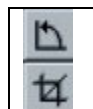


- ❖ Инструмент соединения.
- ❖ Инструмент точки соединения.
- ❖ Инструмент штампа.

- ❖ Текстовый инструмент.
- ❖ Инструмент текстового блока.



- ❖ Инструмент вращения объекта.
- ❖ Инструмент обнажения.



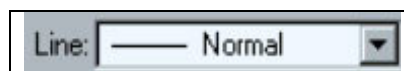
- ❖ Масштаб рисунка.



- ❖ Помощь по определенному объекту.



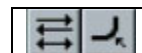
- ❖ Выбрать тип линии.



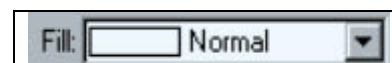
- ❖ Цвет линии, толщина линии и пунктирные линии.



- ❖ Выбрать тип стрелки и изогнуть линию.



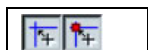
- ❖ Закрасить текущий объект выбранным цветом.



- ❖ Залить объект выбранным цветом.
- ❖ Выбрать штриховку объекта.
- ❖ Тень.



❖ Привязки объектов.



Итак, программа Visio является графическим редактором на весьма престижном уровне. Она работает с объектами, с рисунками и текстом. Большой выбор трафаретов делает эту программу просто незаменимой, если вы создаете блок схемы. Настройки программы удовлетворяют всем условиям, а так же легка в обращении. Visio совместима со многими программами MicrosoftOffice, это дает импортировать данные файлы в другие программы и уже работать там. Программа Visio постоянно обновляется. У нее маленькие системные требования. Она может использоваться как профессионалами так и людьми только начинающими. Интерактивная система знакомства с программой быстро научит вас работе с ней. У нее очень простой интерфейс. Одним словом, работать с ней одно удовольствие.

**Математический пакет MatCadProfessional**

Математический пакет MatCadProfessional достаточно хорошо рассмотрен в литературе:

1. Алгоритмизация и программирование в среде MathCad. Практикум. Благовещенск.: Изд-во. АмГУ, 2002.
2. Пакеты прикладных программ : Лаб. практикум на ПЭВМ / А. В. Бушманов, И. Е. Еремин, В. В. Банышева. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2002.

**ТЕМА 2. Основы расчета электрических сетей. Программы расчета установившихся режимов SDOб и RASTR.**

**Основы расчета установившихся и переходных режимов электрических схем**

Перечислим базовые методы расчета установившихся режимов, применяемы в расчетах электроэнергетических систем, наиболее часто встречаются:

а) Метод Ньютона. Преимуществом данного метода является экономичность расчетов и высокая сходимость при соблюдении определенных условий.

Для расчета на итерации  $k$  необходимо составить уравнение:

$$[\dot{W}]^{(k)} = [Y_y] \cdot [\dot{U}]^{(k)} - \left( [Y_\delta \cdot \dot{U}_\delta] - \left[ \frac{\bar{S}_n}{\dot{U}_n^{(k)}} \right] \right), \quad (1)$$

где  $[Y_y]$  – матрица узловых проводимостей;

$[Y_\delta]$  – матрица узловых проводимостей;

$[\dot{U}]^{(k)}$  – напряжения на итерации  $k$ ;

$Y_\delta$  – проводимости в балансирующих узлах;

$\dot{U}_\delta$  – напряжения балансирующих узлов;

$\bar{S}_n$  – комплексно-сопряженная мощность узлов нагрузки;

$\dot{U}_n^{(k)}$  – напряжения в узлах нагрузки на итерациях  $k$ .

Примечание. Далее по тексту обозначение комплексной величины опущено и приводится только для комплексно-сопряженных величин.

Затем определяются напряжения на итерации  $k$ :

$$[U]^{(k+1)} = [U]^{(k)} - \left( d[W]^{(k)} \right)^{-1} \cdot [W]^{(k)}, \quad (2)$$

где  $d[W]^{(k)}$  – производные по напряжению матрицы  $[W]^{(k)}$  итерации  $k$ .

б) Градиентный метод. Отличается от остальных методов высокой сходимостью, но при этом требует большого объема вычислений и применяется обычно на начальных этапах расчета с последующим переходом к методу Ньютона.

в) Метод по параметру - модификация метода Ньютона, которая позволяет обеспечить сходимость при любых стартовых начальных условиях. В качестве недостатка метода можно отметить больший объем вычислений, чем в методе Ньютона.

г) Методы Гаусса-Зейделя. Могут быть использованы на начальных этапах расчета с последующим переходом к методу Ньютона. Отличаются низкой экономичностью расчетов.

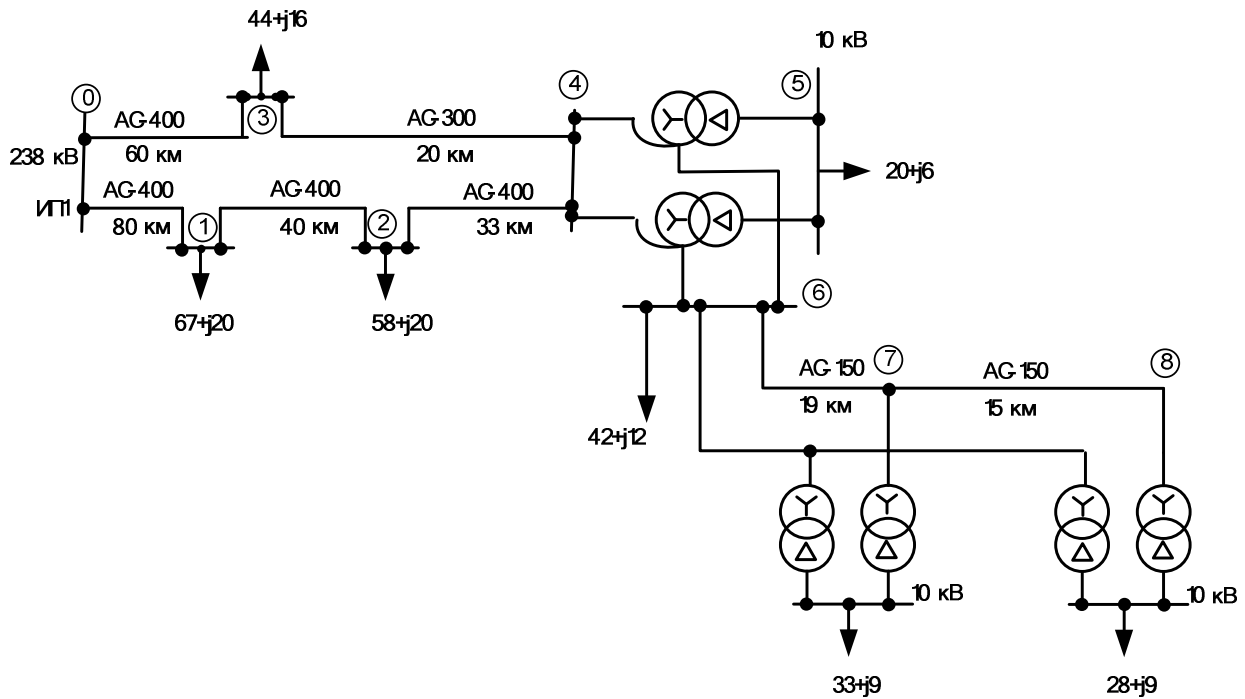
Достаточно хорошо указанные методы расчета описываются, например, в источнике [4].

Особенности расчета электрических схем зависят также от способа представления исходных данных генерирующих узлов:

а) постоянные мощности:  $P = \text{const}$ ,  $Q = \text{const}$ , напряжение –  $U = \text{var}$ , угол –  $\delta = \text{var}$ ;

б) постоянные активная мощность и модуль напряжения:  $P = \text{const}$ ,  $U = \text{const}$ ,  $Q = \text{var}$ ,  $\delta = \text{var}$ ;

в) постоянные модуль и фаза напряжения (такой узел называется балансирующим):  $U = \text{const}$ ,  $\delta = \text{const}$ ,  $P = \text{var}$ ,  $Q = \text{var}$ .

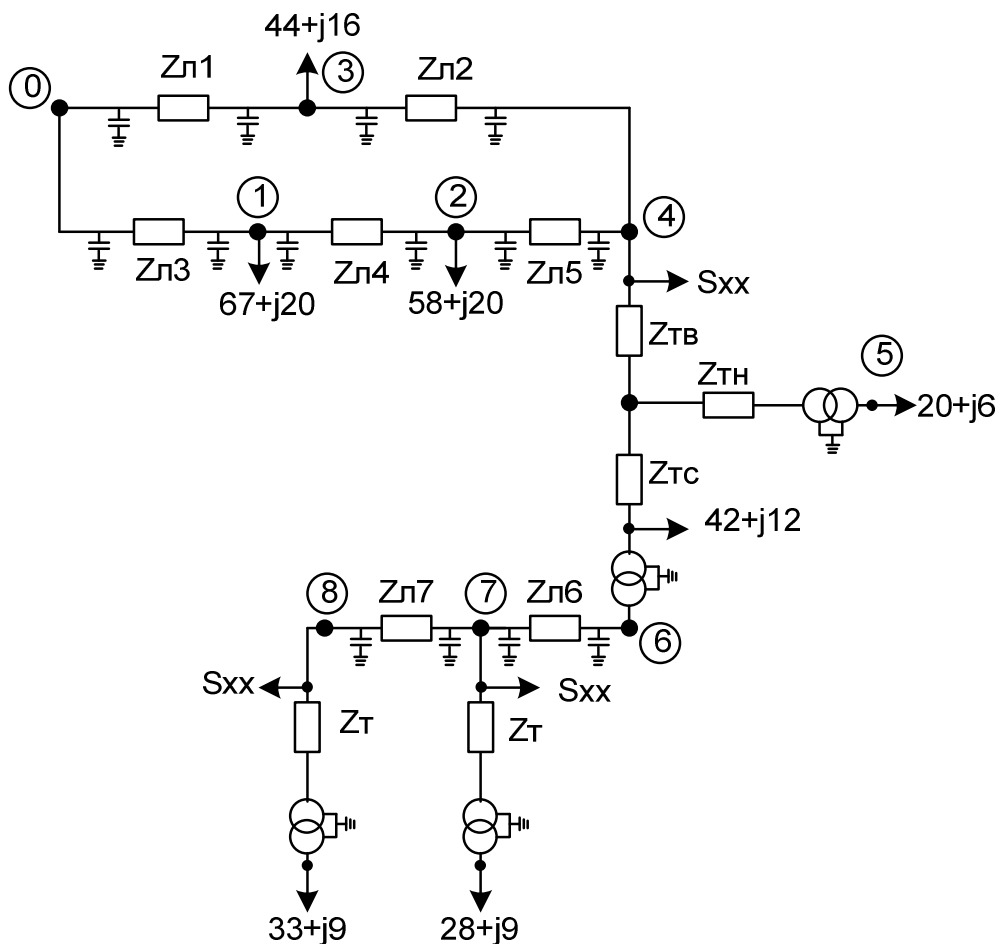


**Рис. 1.** Электрическая схема сети.

В качестве примера разберем поэтапный расчет электрической схемы переставленной на рис. 1.

1) Нумерация узлов электрической схемы. Каждый электрический элемент схемы замещения (линия, трансформатор, реактор) имеют свои начало и конец, т.е. узел, которые обычно нумеруют арабскими цифрами. Обязательным условием нумерации узлов является уникальность.

2) Составление схемы замещения. Все элементы электрической схемы (трансформаторы, линии, реакторы, нагрузки) заменяются на соответствующие элементы схемы замещения. Вид схемы замещения представлен на рис. 2. При этом узлы электрической схемы и схемы замещения должны совпадать и иметь один и тот же номер. Следует помнить, что схема замещения для расчета установившихся режимов электрической сети будет несколько отличаться от схемы замещения при расчете токов короткого замыкания. Подробнее вопросы составления схем замещения рассмотрены, например, в [4].



**Рис. 2.** Схема замещения электрической сети.

3) Определение параметров схемы замещения. В расчете электромагнитных переходных процессов используются как именованные, так и относительные единицы при определении параметров схемы замещения. Расчет установившихся режимов обычно проводится только в именованных единицах. В настоящем лабораторном практикуме расчет всех параметров элементов проводится в именованных единицах в связи с ограничениями, накладываемыми перечисленным в пособии программным обеспечением.

Кроме того, расчет параметров элементов схемы замещения зависит от поставленных целей и задач.

Расчет установившихся режимов:

- параметры линии в схеме замещения представляется следующими формулами:

$$R_{\text{вл}} = r_{\text{уд}} \cdot L \cdot \frac{1}{n}, \tag{3}$$

$$X_{\text{вл}} = x_{\text{уд}} \cdot L \cdot \frac{1}{n}, \tag{4}$$

где  $r_{\text{уд}}$ ,  $x_{\text{уд}}$  – активное и реактивное погонное сопротивление линии, Ом/км;  
 $L$  – длина линии, км;  
 $n$  – число цепей.

Проводимость линии:

$$B_{\text{вл}} = b_{\text{уд}} \cdot L \cdot n, \quad (5)$$

где  $b_{\text{уд}}$  – погонная емкостная проводимость линии, См/км;

- двухобмоточный трансформатор в схеме замещения представляется реактивным сопротивлением:

$$X_{\text{T}} = \frac{U_{\text{к, \%}}}{100} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{1}{n_{\text{T}}}, \quad (6)$$

и активным сопротивлением:

$$R_{\text{T}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} \cdot 10^3 \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} \cdot \frac{1}{n_{\text{T}}}, \quad (7)$$

где  $U_{\text{НОМ}}$  – номинальное напряжение, кВ;

$S_{\text{НОМ}}$  – номинальная мощность трансформатора, МВА;

$\Delta P_{\text{к}}$  – активная составляющая потеря короткого замыкания, кВт;

$n_{\text{T}}$  – число трансформаторов.

Активная проводимость трансформатора:

$$G_{\text{T}} = \frac{\Delta P_{\text{x}} \cdot S_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}^2} \cdot n_{\text{T}}, \quad (8)$$

Реактивная проводимость трансформатора:

$$B_{\text{T}} = \frac{I_{\text{x \%}} \cdot S_{\text{НОМ}}}{100 \cdot U_{\text{НОМ}}^2} \cdot n_{\text{T}}, \quad (9)$$

где  $\Delta P_{\text{x}}$  – активная составляющая потеря холостого хода трансформатора, кВт;

$I_{\text{x \%}}$  – ток холостого хода трансформатора, %.

### **Программно-вычислительный комплекс (ПВК) СДО-6**

ПВК предназначен для решения задач анализа и синтеза, возникающих при исследовании установившихся режимов (УР) электроэнергетической системы (ЭЭС) и может использоваться при эксплуатации и проектировании ЭЭС в рамках автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ), системы автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизации рабочих мест (АРМ) ЭЭС.

ПВК моделирует действие и работу различных устройств, предназначенных для управления напряжением, потоками активной и реактивной мощности, генерацией и потреблением, а также работу не которых видов противоаварийной автоматики (ПАА) - от наброса мощности, повышения или понижения напряжения.

ПВК SDO6 позволяет осуществлять:

1) расчет установившегося режима (УР) ЭЭС при детерминированном характере информации с учетом и без учета изменения частоты (модификации метода Ньютона-Рафсона);

2) расчет предельного УР при различных способах утяжеления и критериях завершения;

3) расчет допустимого установившегося режима;

4) расчет оптимального УР (метод обобщенного приведенного градиента):

- по потерям активной и реактивной мощности в сети ЭЭС;
- по издержкам на выработку электроэнергии;

5) получение требуемых значений для отдельных параметров режима (модулей напряжения, активных и реактивных генераций и т.д.) с выбором состава компонент вектора решения;

6) определение "слабых мест" в сети ЭЭС и анализ на этой основе предельных режимов;

7) формирование эквивалента расчетной схемы ЭЭС, полученного при исключении заданного числа узлов (метод Уорда);

8) получение эквивалента расчетной схемы сети, адаптивного к заданным расчетным условиям и определение функциональных характеристик отбрасываемой сети, включаемых в граничные узлы;

9) расчет статической аperiodической устойчивости режима ЭЭС на основе анализа коэффициентов характеристического уравнения;

10) анализ динамической устойчивости режима ЭЭС относительно заданной совокупности расчетных возмущений при учете широкого набора средств ПАА как традиционных, так и перспективных с возможностью моделирования производных законов их управления.

К недостаткам ПК SDO6 следует отнести низкие возможности: по экспорту и импорту данных, использованию высококачественной графики, невозможность создания имен файлов превышающих 8 символов и ряд других. Указанные ограничения обусловлены работой комплекса в операционной системе ОС DOS или эмуляции ее в ОС Windows.

### **Структура ПК SDO6**

ПК SDO6 состоит из следующих каталогов (папок):

1) C:\SDO6\DATA - в данном каталоге хранятся исходные данные для расчетов установившихся режимов и иные параметры электрической сети. Рассмотрим типы файлов, хранящиеся в указанном каталоге:

\*.ini – файл, с указанным расширением, содержит информацию об электрической схеме замещения, а также информацию о параметрах линий (ниже «\*» - имя файла);

\*.dat – данный файл содержит информацию об узлах и ветвях схемы замещения;

\*.tr0 – трансформаторы;

\*.upl – линии с УПЛ.

2) C:\SDO6\EXE - расчетные программы.

Запуск программного комплекса осуществляет исполняемый файл (имя с указанием пути к файлу): **C:\SDO6\EXE\startsdo.bat.**

4) C:\SDO6\PRT - каталог протоколов.

5) C:\SDO6\PAU - программно-вычислительный комплекс анализа динамической устойчивости электроэнергетических систем.

6) C:\SDO6\HLP - каталог контекстно-зависимой помощи в формате DOS.

7) C:\SDO6\SDO - графический редактор электрических схем.

ПВК SDO6 представляет собой коммерческий пакет компьютерных программ, предназначенных для оценки и исследований динамической устойчивости электроэнергетических систем (ЭЭС), с которыми имеет дело диспетчер ЭЭС, инженер службы режимов диспетчерского управления, инженер-проектировщик или исследователь-энергетик.

#### **Особенности построения ПВК:**

1) Избыточность моделей различных элементов ЭЭС, позволяющая в зависимости от целей исследований находить компромисс между требованиями точности и быстродействия, а именно:

- синхронные генераторы моделируются с учетом демпферных контуров и регуляторов возбуждения сильного и пропорционального действия, а также упрощенно, путем принятия постоянства ЭДС за переходным сопротивлением;

- теплотехническая часть станций моделируется подробно с учетом процессов в турбине, трубопроводах, промперегревателе и нечувствительности различных элементов регулятора скорости, а также упрощенно - одним уравнением парового объема или без учета регулятора скорости;

- гидротехническая часть станций моделируется подробно с учетом процессов в водоводах и изодромной связи и упрощенно;

- нагрузка моделируется статическими и динамическими характеристиками, постоянной мощностью или шунтом;

- пользователю предоставляются широкие возможности в части моделирования средств противоаварийной автоматики.

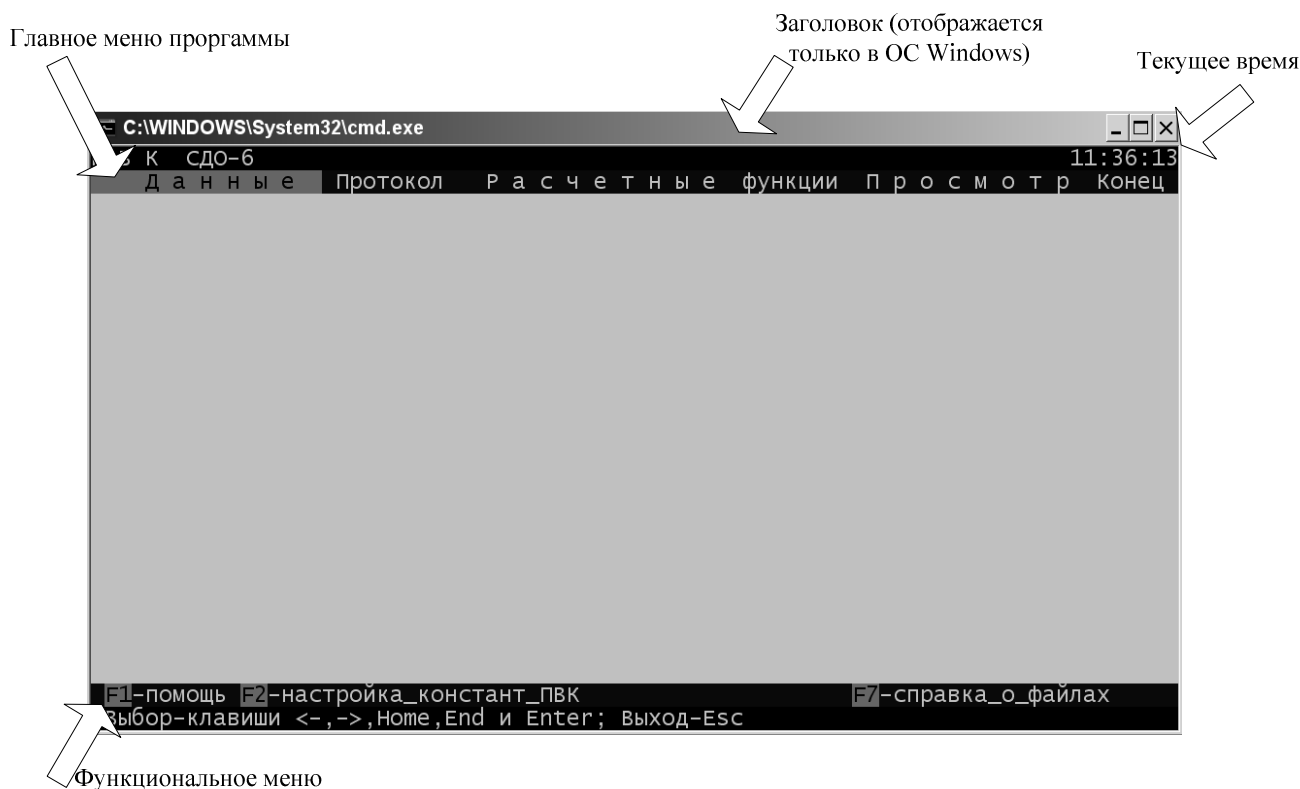
2) Избыточность методов расчета, а именно:

- итерационные и прямые методы расчета режима на шаге интегрирования (методы Гаусса, Гаусса с релаксацией, Ньютона), выбираемые автоматически в зависимости от выбранных моделей и условий сходимости расчета;

- методы Эйлера и трапеций для интегрирования с постоянным шагом.

Главное окно программы, главное меню и функциональное меню представлены на рис. 4.





**Рис. 4.** Окно программы.

Подробнее остановимся на описании функционального меню:

<F1> - указанная клавиша вызывает контекстно-зависимую помощь;

<F2> - осуществляет настройку констант ПВК SDO6: здесь можно задать число узлов, связей, число трансформаторов, число характеристик относительных приростов и прочие параметры расчетной схемы;

<F7> - позволяет получить информацию об инициированных пользователем файлах.

Для выхода из текущего состояния программы в состояние с большим уровнем иерархии в основном используется клавиша <Esc>, в редких случаях клавиши <F10> или <Alt> + <X>.

В ряде случаев требуется подтвердить выбор клавишей <Enter>.

### **Работа с данными электрической схемы замещения**

Работа с данными осуществляется с помощью пункта |**Данные**| главного меню. Рассмотрим его назначение:

- хранение, чтение, запись и коррекция основных данных о параметрах режима и сети;

- построение графа расчетной схемы сети;

- хранение, чтение, запись и коррекция дополнительных данных о параметрах режима и сети, которые используются для модификации (изменения) основных данных о параметрах режима в пункте меню |**Дополнить**|.

Различие между основными и дополнительными данными условное. Под **основными** понимается набор данных о параметрах режима и сети достаточный

для проведения расчета УР. Основные данные включают в себя данные о трансформаторах, генераторах, данные для учета потерь на корону, а также линии заданные удельными параметрами.

Под **дополнительными** данными подразумевается набор данных, который может содержать относительно небольшое число данных об изменении параметров режима и сети, используемый для модификации основных данных. При совмещении дополнительные данные замещают соответствующую информацию в основных данных. Состав дополнительных данных, в частном случае, может содержать информацию достаточную для расчета УР.

### **Ввод данных**

Работа с данными осуществляется с помощью подменю, показанного на рис. 5, оно выводится при выборе пункта **|Данные|**.

Данные	
	Основные
	Дополнительные
	Коррекции
	Г р а ф сети
	Выборки
	Районы
	Энергорайоны
	Срез
	П а к е т
	Устойчивость
	Несимметрия

**Рис. 5.** Меню **|Данные|**

Дополнительно для ввода и коррекции данных могут использоваться следующее функциональное меню (далее будем перечислять только те функциональные клавиши, которые ранее не рассматривались или функции которых не изменились).

<F2> - настройка позволяет изменить:

- значение сопротивления, используемое при агрегировании расчетной схемы сети. Например, если его значение = 0.1 Ом, то из исходной расчетной схемы будут удалены все линии, у которых значение сопротивления меньше 0.1 Ом. При этом, узлы, соединяемые каждой из этих линий, соответственно объединятся, образуя отдельные, так называемые, агрегированные узлы;

- систему координат выдачи на печать коэффициента трансформации: (0)- полярная (Kmod, Karg); (1) - прямоугольная (Ka, Kr);

- температуру воздуха – используется для пересчета активных сопротивлений ЛЭП, если значение температуры отлично от 20 градусов.

Коэффициент пересчета равен:

$$\alpha_t = (t - 20) \cdot 0.004 + 1, \quad (25)$$

где  $t$  - заданная температура.

<F3> - редактирование (функция аналогична пункту меню редактирование);

<F4> - калькулятор (вызывает калькулятор ОС Windos);

<F7> - выбор архива данных (позволяет выбрать архив данных или создать новый).

#### **Описание пунктов подменю |Данные|.**

**|Дополнительные|** - при инициации этого пункта меню отображается таблица, содержащая список имен дополнительных данных.

**|Коррекция|** - пункт меню, позволяющий ввести данные о приращениях параметров режима. Эти данные используются затем при решении задач утяжеления и коррекции режима при выполнении пункта меню расчетные функции **|Коррекция|** параметров режима (утяжеление). После выбора требуемого имени файла его можно изменить с помощью клавиши <F3>, которая вызывает редактор данных.

**|Районы|** - данный пункт меню позволяет производить и задавать различные группировки по узлам параметров режима, которые затем используются для их отображения в п. меню **|Просмотр|**.

Район - это некоторая совокупность номеров узлов, имеющих собственное имя. Расчетная схема может разбиваться на произвольное число районов, каждый из которых не содержит совпадающих номеров узлов. Межрайонные линии, т.е. линии, концы которых принадлежат разным районам, не принадлежат ни одному из районов. Каждая такая разбивка также имеет собственное имя. Таким образом, можно для данной расчетной схемы формировать различные не совпадающие по числу и составу районов разбивки.

При этом возможны следующие режимы работы:

- формирование новой разбивки;

- редактирование состава и числа районов и номеров узлов. Для этого следует выбрать из списка имен разбивок требуемое, и нажать клавишу <F3>.

Формирование и редактирование числа и состава районов включает следующие основные этапы:

- задание имени района;

- набор или ввод номеров узлов для данного района.

**|Выборки|** - данный пункт меню используется для предварительного формирования информации для выборочного просмотра параметров режима в пункте меню **|Просмотр|**. Для этого вводится или корректируется состав номеров узлов расчетной схемы сети. Каждый такой состав может сохраняться в виде набора данных, который имеет имя и комментарий.

При отображении данных выводятся параметры режима для указанных номеров узлов и соединяющих их линий. Для внешних линий, т.е. линий, для которых только один номер узла содержится в данной выборке, формируется суммарный внешний переток, который размещается в строке формируемой таблицы параметров, содержащей одноименный, совпадающий номер узла.

При этом возможны следующие режимы работы:

- формирование новой выборки;
- редактирование и просмотр состава номеров выборки.

**|Энергорайоны|** - данный пункт меню используется для формирования параметров таблицы, в которой содержатся для указанных пользователем узлов и линий:

- значения активных и реактивных мощностей нагрузки, генерации и перетоков активных мощностей;
- и их сумма.

В отличие от таблиц, формируемых в пункте меню **|Районы|**, здесь возможно, во-первых, указание признака принадлежности энергорайону не только узла, но и линии, во-вторых, энергорайоны могут содержать совпадающие номера узлов и линий, что часто встречается на практике. Например, точкой раздела балансовой принадлежности является районная подстанция, принадлежит одной энергосистеме, а отходящие линии другой.

**|Срез|** - данная функция используется только в пакетном режиме работы ПВК SDO6 и предназначена для формирования, хранения и отображения значений параметров режима, полученных в результате расчета совокупности режимов.

**|Устойчивость|** - при активации данного пункта меню происходит переход в редактор, который формирует данные о параметрах генераторов и нагрузки необходимые для анализа статической аperiodической устойчивости.

**|Пакет|** – позволяет создать выборку расчетных схем и организацию пакетной обработке. В результате создания пакета расчет установившихся режимов может проводиться одно временно с помощью п. меню **|Запуск пакета|** после выполнения возможен просмотр результатов расчета с помощью пункта главного меню **|Протокол|**.

**|Несимметрия|** – пункт меню используется при необходимости задания элементов (линий, трансформаторов) с несимметричными фазными параметрами.

#### **Описание пунктов подменю |Данные|Основные|.**

При выборе пункта меню **|Основные|** высвечивается следующий уровень меню:

Основные	
	Читать
	Редактировать
	Записать
	Дополнить
	Об'единить
	Экспорт
	Импорт
	Копировать
	Каталог

**Рис. 6.** Меню |Основные| данные.

**|Читать|** - при инициации этой строки высвечивается таблица, содержащая список имен основных данных о параметрах режима и сети, хранящихся на диске или дискетке. Информация о данных сводится в таблицы (каталоги данных), которые содержат: имя данных; дату записи; справочную информацию (комментарий).

Для идентификации списка имен данных в верхней части таблицы на экране выводится имя архива файлов данных. Управление светящимся окном (курсором) осуществляется клавишами: <←>; <→>; <↑>; <↓>; <PgUp> – страница назад; <PgDn> - страница вперед. Для перемещения в конец и начало списка используются клавиши: <End> и <Home>.

После выбора имени необходимо нажать клавишу <Enter> для загрузки файла схемы.

Для быстрого поиска имени в каталоге достаточно нажать клавишу <Alt> и, не отпуская ее набрать имя данных. В этом случае при вводе каждого символа осуществляется поиск в каталоге имени содержащего указанную группу символов, и курсор перемещается на это имя. В последней строке экрана выводится текст: «Поиск» + (имя данных).

**|Редактировать|** - При инициации этого пункта меню происходит вызов редактора данных, о котором речь пойдет ниже. Пример подготовки исходных данных далее приведен для схемы на рис. 1, при этом, ввод исходных данных осуществляется с заполнения электронной таблицы на рис. 8.

**|Дополнить|** - При инициации этой строки меню высвечивается таблица, содержащая список имен дополнительных данных. Для чтения этих данных следует указать светящейся строкой требуемое имя и считать их, нажав на клавишу выполнения <Enter>. В результате произойдет совмещение основных данных (если они были уже введены) с дополнительными, которые заменят соответствующие элементы основных данных.

Если предварительно не читать основные данные, то при совмещении дополнительных данных с "пустыми" данными при дальнейшей обработке данных возможна выдача сообщений об ошибке, т.к. дополнительные данные, как правило, не содержат полной информации о режиме необходимой для его расчета.

**|Записать|** - при инициации этой строки на экране отображается таблица, содержащая список имен основных данных. При записи данных с сохранением старого имени выводится предупреждающее сообщение об обновлении данных.

Для ввода требуемого имени следует выбрать эту строку, нажав клавишу выполнения <Enter>, и набрать требуемое имя, которое не должно содержать больше восьми символов.

**|Об'единить|** - обеспечивается получение одной расчетной схемы на основе объединения двух схем, первая из которых предполагается уже считанной в память компьютера.

**|Экспорт|** - при активации данного пункта меню происходит запись на диск, указанный пользователем, основных данных о параметрах режима и сети в формате ЦДУ. Кроме того, с помощью этой команды можно записать данный

на любой другой носитель информации (или каталог). Следует только указать путь (направление) записи в формате MSDOS.

**|Импорт|**- при активации данного пункта меню высвечивается запрос об устройстве, с которого необходимо считать данные о параметрах режима и сети из каталога или носителя данных.

**|Каталог|**- используется для реорганизации каталога данных ПВК. Необходимость в этом возникает при копировании данных в каталог данных. Для инициализации данных и их отображения в программе служит указанная команда.

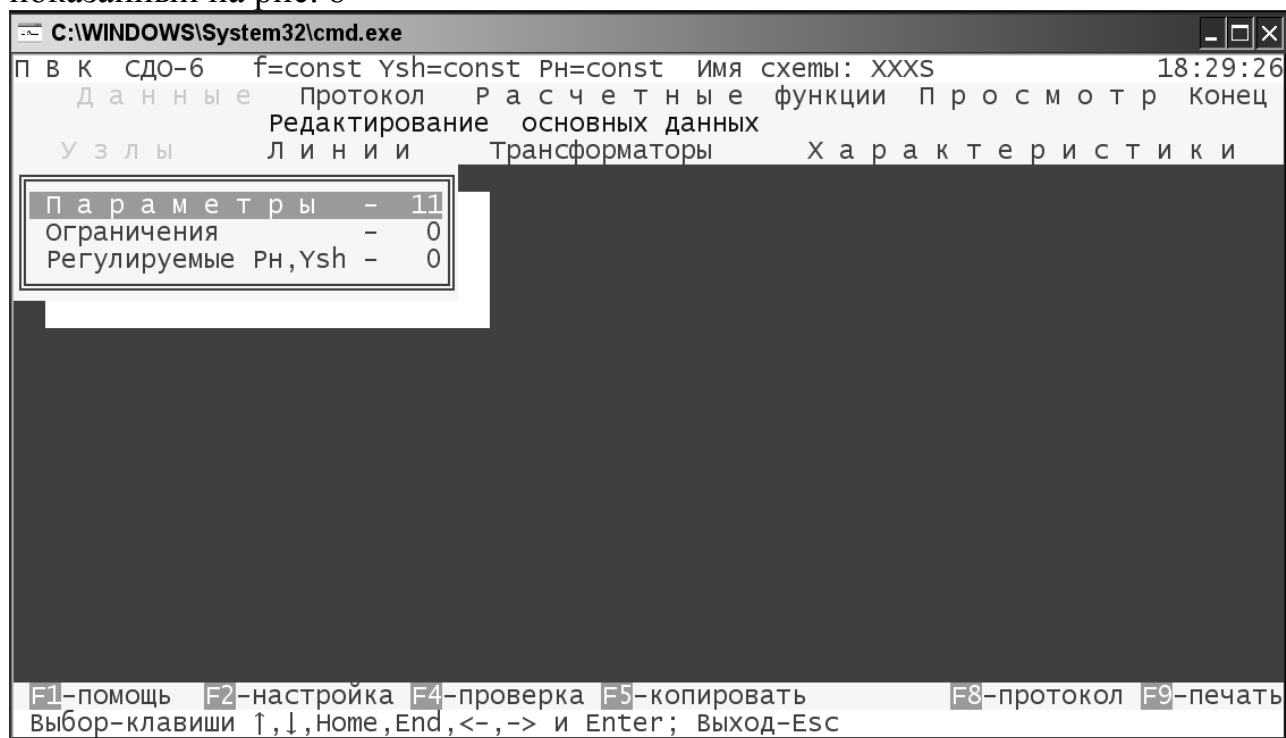
**|Фидеры|** - данный пункт меню позволяет изменить дату расчета.

### **Редактор данных**

Редактор предназначен для ввода и корректировки информации о параметрах режима. Для входа в редактор необходимо активировать п. меню **|Данные|Основные|Читать|** или с помощью загрузить данные с помощью функциональной клавиши <F3>. Затем выбрать или создать имя файла схем. Далее редактор активируется либо с помощью пункта меню **|Данные|Редактировать|Читать|**, либо клавишей <F4>. В результате появляется меню редактора, показанное на рис. 7

### **Редактор узлов**

Рассмотрим функции редактора узлов, вызываемого пунктом меню **|Узлы|**. Для схемы, показанной на рис. 1. окно редактора будет иметь вид, показанный на рис. 8



*Рис. 7.* Главное меню редактора данных.

C:\WINDOWS\System32\cmd.exe

18:43:41

П	В	К	СДО-6	f=const	Ysh=const	Pn=const	Имя схемы: XXXS	Уном	НСХН
Узел*	DUPQ	Умод	угол	Pn	Qn	Pг	Qг	Ya	Yr
		кВ	град.	МВт	МВАр	МВт	МВАр	МКСИМ	МКСИМ
1		220		67	20				220
2		220		58	20				220
3		220		44	16				220
4		220							220
5		10.5		20	6				10.5
6		110		41	12				110
7		110							110
8		110							110
77		10.5		33	9				10.5
88		10.5		28	9				10.5
100	1122	238							220

Сортировка по: номерам

F1-помощь F2- F4-смена\_окна F5-поиск F6-размн. F7-сорт. F8-удалить F9-имя  
 Табуляция- Tab; Сброс набора- Home; Выход- Esc; строка: 1 Всего: 11

Рис. 8. Ввод узлов в редактор данных ПВК SDO6.

Рассмотрим заголовки таблицы и формат представления данных редактора узлов:

1) узел - номер узла, значение находится в пределах от 1 до 9999. Так как узел не может иметь значение равное нулю, то в машинных расчетах этот узел заменен на узел 100. Рекомендуем для схем небольшого размера в целях удобства представления данных нумеровать источники генерации номерами: 100, 200, 300 и т.д.;

3) \*. При указании в таблице символа «\*», узел не будет рассматриваться в расчетах;

4) DUPQ – кодовое значение, задающее формат представления данных узлов, где:

а)  $D = 1$  обеспечивает постоянство фазы напряжения в базисном узле ( $\delta = \text{const}$ ), если  $D=2$ , то ( $\delta = \text{var}$ );

б)  $U = 1$  обеспечивает постоянство модуля напряжения в базисном узле ( $U = \text{const}$ );

в)  $\varphi P = 1$  индекс фиксации значения генерации активной мощности  $Pг$ ;

г)  $\varphi P = 2$  задает балансирующую активную мощность  $Pг$  в узле;

д)  $\varphi Q = 1$  индекс фиксации значения генерации реактивной мощности  $Qг$ ;

е)  $\varphi Q = 2$  задает балансирующую реактивную мощность  $Qг$  в узле.

Выделим наиболее типичные сочетания в задании признаков:

а) 1122 - узел с фиксированными фазой и модулем напряжения и со свободными активной и реактивной мощностью генерации (обычно узел генератора или системы);

б) 0102 - узел с фиксированным модулем напряжения и свободной реактивной мощностью генерации (например, узел нагрузки в котором расположен синхронный компенсатор);

в) 0000 - нагрузочный узел;  
г) 0100 - нагрузочный узел с фиксированным модулем напряжения;  
д) 0002 - узел со свободной реактивной мощностью генерации и зависимым модулем напряжения, определяемым из расчета установившегося режима (также может быть узлом синхронного компенсатора);

е) 0020 - узел со свободной активной мощностью генерации, необходимо задавать для станции, обеспечивающей автоматическое регулирование перетока мощности для заданной электропередачи (часто используется в схемах двухстороннего питания).

5)  $U$  - модуль напряжения, кВ;

6)  $D$  - фаза напряжения (задается в электрических градусах);

7)  $P_n$  - номинальная активная мощность нагрузки, МВт;

8)  $Q_n$  - номинальная реактивная мощность нагрузки, МВар;

9)  $P_g$  - активная мощность генерации, МВт;

10)  $Q_g$  - реактивная мощность генерации, МВар;

11)  $Y_f$  - активная проводимость шунта на землю, мкСм;

12)  $Y_k$  - реактивная проводимость шунта на землю (мкСм);

13)  $U_n$  - номинальное напряжение (кВ), при котором нагрузка равна номинальной, если задан нуль, программа автоматически устанавливает напряжение из шкалы номинальных напряжений;

14)  $N_{схн}$  - номер схемы статической характеристики нагрузки (от 1 до 9).

Кроме указанных параметров и с целью оптимизации режимов с помощью пунктов меню: **|Ограничения|** - можно задавать по активной, реактивной мощности и напряжению; **|Регулируемые  $P_n$ ,  $Y_{sh}$ |** - параметры регулируемой нагрузки.

### **Редактор линий**

Пункт меню **|Линии|** редактора данных позволяет с помощью команд меню:

1) **|Параметры|** - вводит следующую информацию по ветвям схемы:

а) номер узла  $I$  – начала линии;

б) символ «\*» позволяет: указать число параллельных цепей (значение от 1 до 9), а также удалить линию из данных с помощью символ «\*»;

в) номер узла  $J$  конца линии;

г)  $R$  - активное сопротивление линии, Ом;

д)  $X$  - реактивное сопротивление линии, Ом;

е)  $Y_a$  - суммарная активная проводимость линии на землю при П-образной схеме замещения, учитывающая потери на корону. мкСм;

ж)  $Y_r$  - суммарная реактивная проводимость линии на землю при П-образной схеме замещения, учитывающая генерацию линии, мкСм (емкостная проводимость задается положительным числом);

з)  $P_{фикс}$  - значение перетока активной мощности по линии, МВА;

и) Откл - признак коммутации линии: 0 - включена; 1 - отключена.

Для схемы на рис. 1 Данные по ветвям представлены в следующей таблице.

*Таблица 5*



### Исходные данные по ветвям схемы

I	J	R, Ом	X, Ом	Ya, мкСм	Yr, мкСм	Rфикс	Откл
1	2	3	16.8	108	-	-	-
1	100	6	33.6	216	-	-	-
2	4	2.475	13.86	89.1	-	-	-
3	4	1.96	8.58	52.8	-	-	-
3	100	4.5	25.2	162	-	-	-
6	7	1.881	3.99	102.6	-	-	-
7	8	1.485	3.15	81	-	-	-

2) Пункт меню **|Линии с УПЛ|** позволяет вводить параметры ветвей схемы, используя архивную информацию программы об удельных параметрах стандартных ЛЭП.

Остальные команды меню позволяют вводить информацию: о пределе передаваемой мощности по линии; информацию о наличии реакторов в линии; информацию о стоимости перетоков по различным участкам схемы.

#### **Редактор трансформаторов**

С помощью пункта меню **|Трансформаторы|** можно вводить следующую информацию по трансформаторам:

1) IB - номер узла, к которому подсоединена обмотка ВН трансформатора;

2) IC - номер узла, к которому подсоединена обмотка СН трансформатора или одна из двух обмоток НН трансформатора с расщепленной обмоткой;

3) IH - номер узла, к которому подсоединена обмотка НН трансформатора или одна из двух обмоток НН трансформатора с расщепленной обмоткой;

4) Ntr – номер трансформатора в базе данных трансформаторов, вызываемой нажатием клавиши <F4> (архив). Для трансформаторов выбираемых не из архива вводить номер не нужно;

5) OT – признак коммутации трансформатора: 0 - включен; 1 - отключен. Для отключения одной из обмоток трансформатора номер узла трансформатора, к которому подключается обмотка, задают отрицательным значением;

6) КЛ – тип трансформатора выбирается нажатием клавиши <Enter> для трансформаторов взятых не из архива. Возможны следующие типы трансформаторов: Д – двухобмоточный; Т – трехобмоточный, А – автотрансформатор; Р – трансформатор с расщепленной обмоткой низкого напряжения;

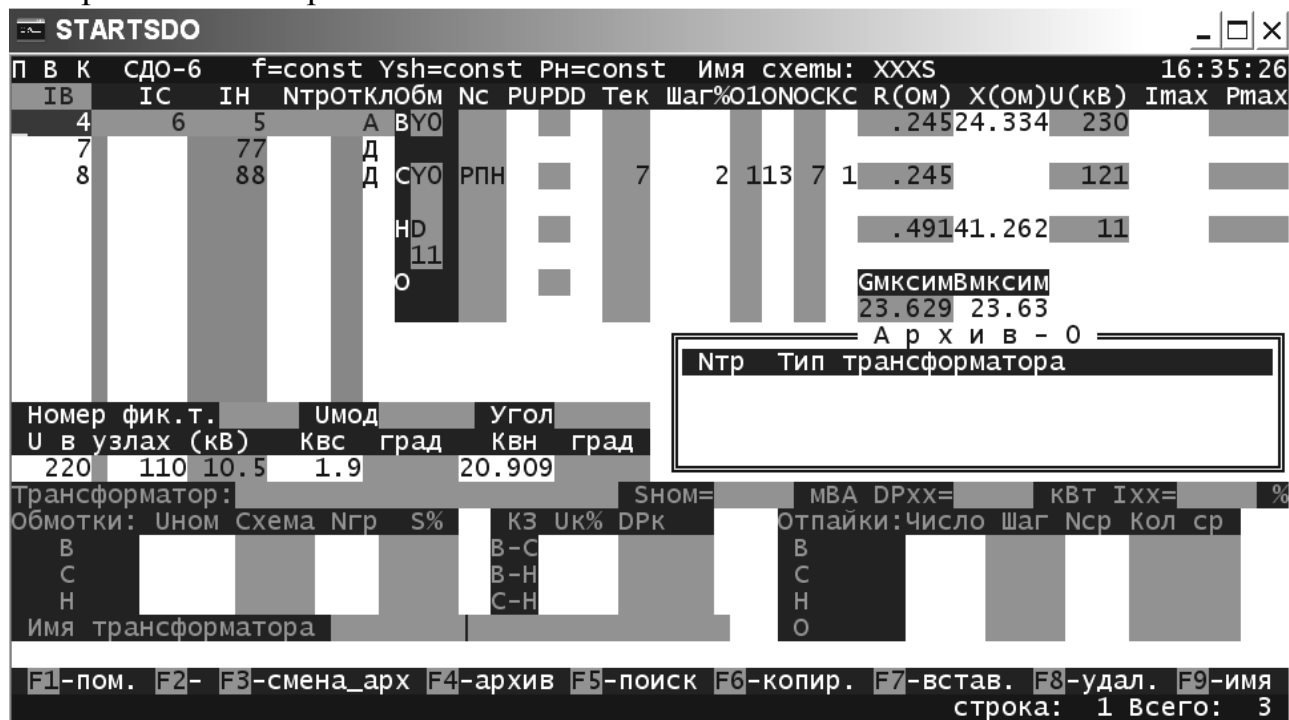
7) Обм – тип соединения обмоток трансформатора;

8) NC – признак наличия устройства регулирования напряжения (РПН, ПБВ или ВДТ) трансформатора;

9) PU – признак регулирования напряжения трансформатора с помощью РПН или ПБВ: 1 – есть регулирование, 0 нет регулирования;

- 10) PD – признак регулирования угла и ЭДС устройства ВДТ: 1 – есть регулирование, 0 нет регулирования;
- 11) Тек – номер текущей отпайки;
- 12) Шаг – шаг отпайки для РПН и ПБВ (%), а для ВДТ и ЛДТ (о.е.);
- 13) O1 – номер начальной рабочей отпайки РПН (ПБВ);
- 14) ON – номер последней отпайки РПН (ПБВ);
- 15) ОС – номер средней отпайки;
- 16) R – активное сопротивление обмоток трансформатора, Ом;
- 17) X – реактивное сопротивление обмоток трансформатора, Ом;
- 18) I<sub>max</sub> – ограничение по току, кА;
- 19) P<sub>max</sub> – ограничение по передаваемой мощности через трансформатор, МВт;
- 20) U – номинальные напряжения обмоток, кВ;
- 21) K<sub>вс</sub>, K<sub>вн</sub> – коэффициенты трансформации соответствующих обмоток трансформатора, отображаются в зависимости от выбранной отпайки РПН.

На рис. 10. показано окно редактора с параметрами автотрансформатора, изображенного на рис. 1.



**Рис. 10.** Ввод трансформаторов в редактор данных.

При вводе двух одинаковых параллельно работающих трансформаторов целесообразно упростить схему до одного эквивалентного трансформатора.

### Меню |Протокол|

Данное меню используется для сохранения результатов расчета в текстовом формате MSDOS. Протокол создается каждый раз при загрузке ПВК SDO6.

Рассмотрим пункты этого меню:

1) **|Текущий|** – при выборе данного пункта меню можно просмотреть текущий протокол. Если требуется его корректировка, то необходимо нажать клавишу <F3>, а для отчистки текущего протокола клавишу <F8>;

2) **|Внешний|** – данный пункт меню позволяет открыть ранее созданные протоколы, которые, как уже отмечалось ранее, хранятся в каталоге C:\SDO6\PRT;

3) **|Запись|** – данный пункт меню позволяет сохранить данные на жесткий диск.

Для работы с протоколом в редакторе MicrosoftWord необходимо в меню редактора **|Сервис|Параметры|** на закладке **|Общие|** установить флажок – «подтверждать преобразование при открытии». Затем открыть нужный файл протокола. Выбрать радиокнопку «кодированный текст» и далее установить радиокнопку в положение «текст MSDOS», после чего с файлом можно будет работать в текстовом редакторе.

Результаты расчета – протокол (листинг) схемы, изображенной на рис. 1 – без регулирования напряжения представлены в Приложении А.

### **Меню |Расчетные функции|**

Данное меню предназначено для управления расчетом и выполнения расчета установившихся режимов электрических сетей, оценки статической устойчивости, эквивалентирования электрической сети и прочих расчетов.

Рассмотрим часть функций этого меню:

1) **|Режим|** с помощью этого пункта меню осуществляется расчет установившегося режима;

2) **|Допустимость|** - пункт меню предназначен для ввода режима в допустимую область расчетов;

3) **|Статика|** данная функция позволяет проводить анализ статической устойчивости и поиск «слабых мест в схеме»;

4) **|Динамика|** - данная функция позволяет осуществлять расчет динамической устойчивости ЭЭС;

5) **|Эквивалентирование|** - данная функция меню позволяет исключить из расчетной схемы узлы и тем самым упростить исходную схему. В редакторе эквивалентирования можно исключить узлы из схемы и разбить схему на две несвязные схемы.

Рассмотрим функциональное меню:

<F2> - **|Настройка|** позволяет настроить параметры расчета установившегося режима электрической схемы, приведенные в табл. 6.

*Таблица 6*

**Параметры расчета установившегося режима**

Точность
Число итераций установившегося режима
Итераций оптимизации УР
Номинальная частота $f_{ном}$ , Гц
Текущая частота $f$ (0-const, 1-var)
Параметры шунтов $Y_{sh}$ (0-const, 1-var)
Параметры нагрузки $P_n$ (0-const, 1-var)

Несимметричные режимы (1-расчет,2-шунт)
Фазные координаты(1-да,0-нет)
Выставить пределы напряжения

<F3> |**Просмотр**| - позволяет просмотреть информацию о схеме и ее параметрах;

<F4> |**ЗБР**| - записывает базовый (текущий) режим;

<F5> |**ВБР**| - восстанавливает записанный ранее режим.

#### **Меню |Просмотр|**

Данное меню предназначено просмотра результатов расчета и сохранение результатов в текущий протокол.

Просмотр осуществляется с помощью пункта меню, |**Параметры режима**| при выборе этого пункта меню отображается информация об узлах схемы. Для выбора и просмотра другой информации служит клавиша <F2>, при этом, открывается всплывающее меню, показанное в рис. 11

Всплывающее меню просмотра параметров режима.

Узлы
Ветви
Трансформаторы
Потери
Отпайки
Районы
Справка

*Рис. 11.* Всплывающее меню просмотра параметров режима.

С помощью клавиши <F8> можно сохранить результаты в текущий протокол.

Для поиска информации по номеру узла (ветви) необходимо нажать клавишу <Alt> + <необходимый номер> (программа переходит в режим поиска и в нижней части экрана появляется сообщение об этом). После ввода первой цифры цветным курсором помечается ближайшая строка, номер узла которой содержит эту цифру (цифры в случае ввода группы цифр). Для повторного поиска (невыходя из режима поиска) необходимо нажать <Ctrl>+<Enter> и программа перейдет к следующей строке. Выход из этого режима осуществляется по клавиши /Esc/ или нажатии любой клавиши, управляющей режимом просмотра.

## ПВК RASTR

ПВК предназначен для решения задач анализа и синтеза, возникающих при исследовании установившихся режимов (УР) ЭЭС и может использоваться при эксплуатации и проектировании ЭЭС в рамках АСДУ, САПР и АРМ ЭЭС.

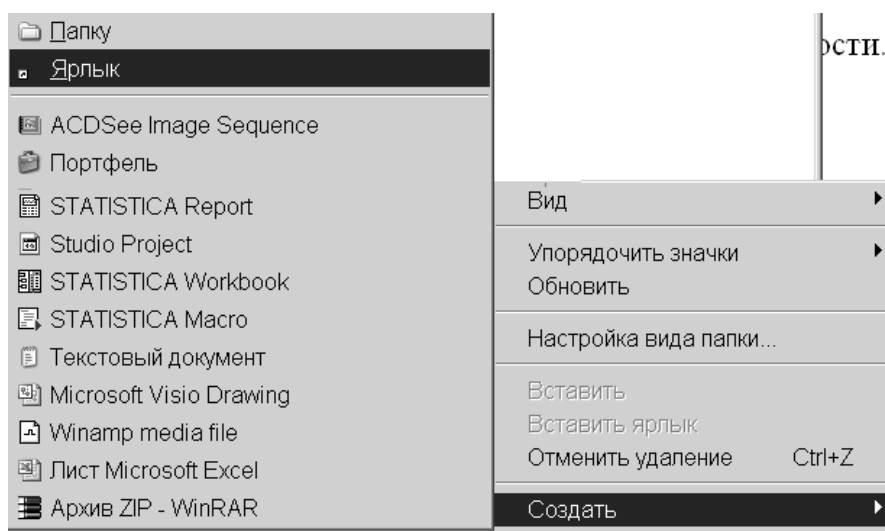
ПВК Rastr выполняет:

- расчеты установившихся режимов;
- эквивалентирование электрической сети;
- утяжеление режима;
- позволяет проводить оптимизацию режима по реактивной мощности.

Программа выполнена в среде MSDOS.

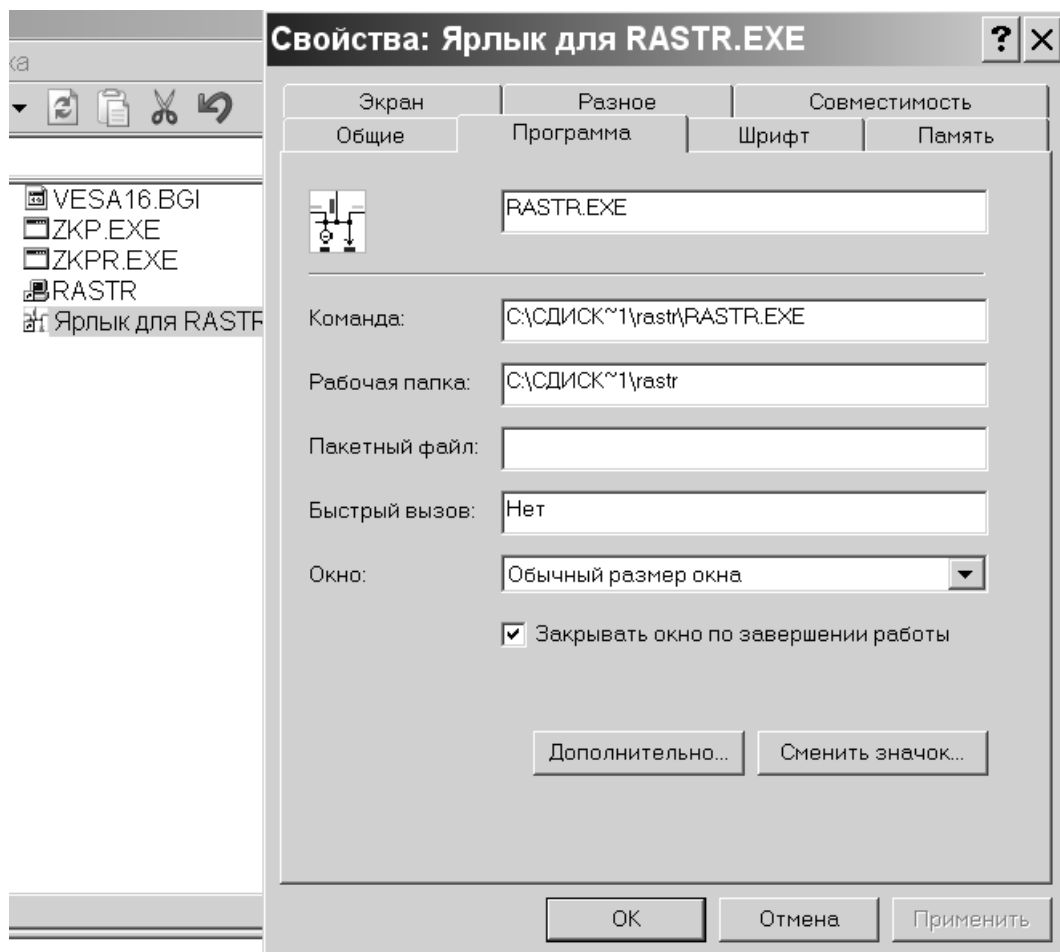
### Структура и запуск программы

Для запуска Rastr необходимо в среде Windows необходимо скопировать программу в любой из каталогов (например, в **С:\С диск**). В каталоге **Rastr**(рабочая папка программы) необходимо создать ярлык (если он ранее не был создан) для файла **rastr.exe**, как показано на рис. 12. (ярлык имеет то же имя, что и программа, но с расширение **pif**).



*Рис. 12.* Создание ярлыка.

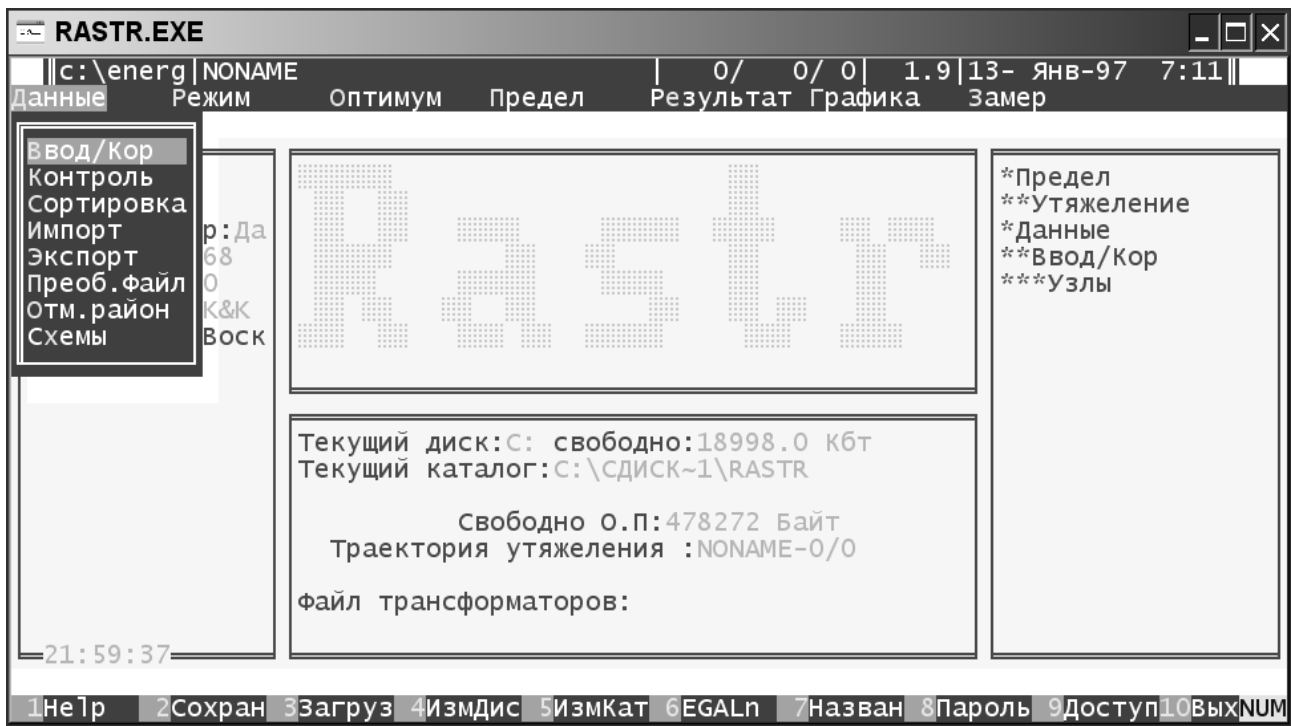
Затем как показано на рис. 13. настраиваем свойства ярлыка.



**Рис. 13.** Свойства ярлыка ПВК Rastr.

Рекомендуем также установить все значения на закладке **память** в режим **авто**.

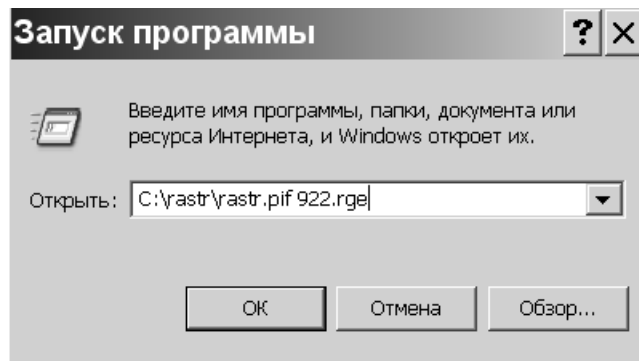
Программа запустится в полноэкранном режиме. Двойной щелчок мыши по созданному ярлыку запустит программу gastr в полноэкранном режиме. Для удобства работы с программой перейдем в оконный режим - комбинация клавиш <Alt + Enter> (обратный переход в полноэкранный режим осуществляется также).



**Рис. 14.** Главное окно программы.

Для запуска Rastr с конкретной схемой можно поступить следующим образом:

1) запустить программу с помощью командной строки (команда меню **|Выполнить|**OCWindows), с указанием каталога и схемы как это показано на следующем рисунке:



**Рис. 15.** Запуск ПК Rastr в среде OCWindows

Имя ярлыка (rastr.pif) должно отделяться от имени файла пробелом. Следует помнить, что при запуске с командной строки в указании имен каталогов и файлов не должно быть символов русского языка.

2) запуск программы с помощью TotalCommander. В этом случае запуск можно осуществить помещением последовательно, как показано на предыдущем рисунке, имени файла программы и имени файла схемы. Указанные файлы можно поместить в командную строку путем их выбора и нажатия комбинации клавиш <Ctrl> + <Enter>.

На рис. 14 показано главное окно программы в оконном режиме. Мы видим стандартное Windows-окно в заголовке, которого указан стартовый файл программы rastr.exe (заголовок отсутствует в полноэкранном режиме, который полностью эмулирует режим работы Dos-программ). Ниже заголовка находится информационная строка, показывающая имя файла схемы и путь к ней, а также

через дробь: число узлов, число ветвей, и количество районов, кроме того, отображается дата и время создания схемы. Сообщения имеют вид:

**<kod> - <v> - < текст > (Y\N), (26)**

где kod - имя модуля выдавшего сообщение,

v - вид сообщения,

W - предупреждение,

E - ошибка,

F - фатальная ошибка.

При появлении сообщений заканчивающихся (Y/N) необходимо ввести Y, если Вы согласны или любую другую клавишу в противном случае.

При выполнении некоторых команд требуется ввести дополнительную информацию (имя файла, каталога и пр.), во всех случаях можно управлять вводом с помощью клавиш перемещения курсора, а также:

<Ins >- вставить пробел,

<Del> - удалить символ над курсором,

<←> - удалить символ перед курсором,

<Ctrl + ←> -удалить весь текст,

<Home> - курсор в начало,

<End> - курсор в конец,

Под информационной строкой расположено главное меню программы. Ниже главного меню слева направо расположено четыре информационных окна. В первом информационном окне отображается информация о процессоре, текущая дата и время, а также версия операционной системы (для ОС Windows – версия эмулятора операционной системы). Во втором информационном окне указано: фирменное имя программы в третьем информационном окне: рабочий жесткий диск и объем свободного пространства на нем; текущий каталог программы; объем свободной оперативной памяти, информация о траектории утяжеления; информация о файле, содержащем сведения о трансформаторах. В четвертом информационном окне указывается последовательность операций выполненных ПВК gastr. В самом низу окна программы находится строка функционального меню.

Работа с соответствующими меню программы осуществляется с помощью:

а) клавиши перемещения курсора, <Enter> для входа в выбранную команду, <Esc> - для выхода;

б) функциональные клавиши - нажатие клавиши <Alt> одновременно с выделенной цветом буквой горизонтального меню приводит к попаданию в это меню, где бы Вы ни находились. Нажатие выделенной цветом буквы вертикального меню приводит к началу выполнения этой команды (используйте клавиши, на которые нанесены русские (!) буквы независимо от наличия кириллицы и регистра). Например, последовательность нажатий: <Alt + Д>, <Shift + В>, <Shift + У> - приведет к попаданию в таблицу "Узлы" из любого места программы. Клавиши F1-F10 используются для выполнения команд функционального меню, справка по ним - последняя строка экрана.



Кроме указанных функциональных клавиш используются также комбинация <Alt + F1-F10> для вызова дополнительных команд функционального меню;

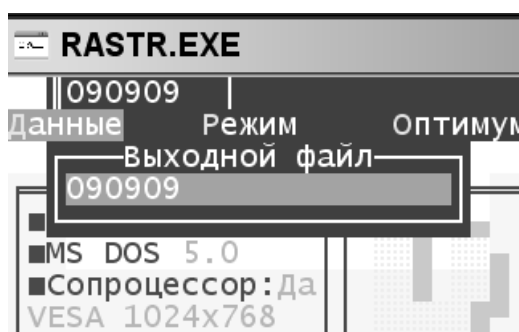
в) перемещение курсора мыши и нажатие левой клавиши мыши приводит к перемещению программного курсора в заданное место, быстрое двойное нажатие левой клавиши ("клик") приводит к выполнению выбранной команды (аналогично клавише <Enter>). Нажатие левой клавиши в строке функционального меню экрана приводит к выполнению соответствующей команды (в зависимости от нажатия кнопки Alt). Правая клавиша мыши используется как клавиша Esc.

Работа с мышью имеет свои особенности в экранном редакторе и выдаче результатов.

1. Строка функционального меню. Нажатие следующих комбинаций клавиш приводит к выполнению команд:

<F1> - вызов контекстной помощи в зависимости от текущего состоянии работ программы. Двойное нажатие <F1> приводит к вызову оглавления контекстной помощи;

<F2> - осуществляет сохранение файла схемы. При этом, в появившееся окно необходимо ввести имя файла без расширения, как показано на рис. 16, если файл будет находиться в каталоге программы, в противном случае следует указать путь к файлу (следует помнить, что ПВК RASTR не выполнит команду и выдаст сообщение об ошибке, если в строке будут содержаться символы кириллицы);



*Рис. 16.* Сохранение файла.

<F3> – осуществляет загрузку файла схемы (порядок операций аналогичен команде сохранения <F2>). При выполнении команд F2, F3 имя файла должно содержать не более 8 символов. Имя может содержать маску (символы \* ?), в этом случае на экране появляется информация о режимных файлах, соответствующих выбранной маске и содержащихся в рабочем каталоге. С помощью клавиш управления курсором можно выбрать необходимый файл и загрузить (Enter) или удалить (Del);

<F4> - команда, изменяющая текущий диск, при нажатии буквы с соответствующим именем диска;

<F5> - команда, изменяющая текущий каталог. Этой командой можно указать рабочий каталог (папка с файлами схемы) с кириллическим шрифтом, например: если требуется указать каталог C:\С диск\rastr, можно ввести в текстовое поле C:\СДИСК~1\RASTR и т.д.;

<F6> - команда, изменяющая видеорежим - позволяет переключить стандартный видеорежим (высота 25 строк экрана, ширина 80 строк) на режим EGA (ширина 43 строки), VGA (ширина 50 строк) и обратно, Рекомендуем не менять видеорежим при работе в среде Windows;

<F7> - команда позволяет ввести название текущей схемы, например, введем в текстовую область «новая схема», в результате выполнения команды в строке сообщений появится имя рабочей схемы, как показано на рис. 17;



**Рис. 16.** Имя рабочей программы

<F8> - команда позволяющая защитить схему паролем;

<F9> - команда позволяющая изменить доступ к файлу. Варианты: нормальный доступ, только чтение, или скрытый;

<F10> - команда позволяет выйти из программы Rastr, при этом требуется подтвердить выход нажатием клавиши <Y>;

<ALT\_F5> - команда, устанавливающая файл БД трансформаторов;

<ALT\_F10> - команда показывающая протокол команд, <Esc> выход из режима протокола.

### **Подменю |Ввод/Кор.|**

Подменю содержит следующие пункты:

1) |Узлы| - вызывает экранный редактор, который позволяет ввести узлы расчетной электрической схемы, и их параметры:

а) район - номер района, к которому относится узел от 1 до 256;

б) номер - номер узла [1-255];

в) N- номер стат. характеристики (0-32000); 0- не задана 1,2 - стандартны (защиты в программу), 3-32000 - задаются пользователем в таблице "Полиномы";

г) название - название узла от 0 до 12 символов;

д) Uном - номинальное напряжение или модуль напряжения;

е) Pнаг, Qнаг - мощность нагрузки;

ж) Pген, Qген - мощность генерации;

з). Qmin, Qmax - пределы генерации реактивной мощности, в узле фиксируется модуль, если  $Q_{min} < Q_{max}$ ;

и) Gшунт, Bшунт - проводимость шунта на землю (мкСим);

к) V, Delta - модуль и угол напряжения (имеет смысл изменять только для базисных узлов);

л) Xг - сопротивление генератора (зарезервировано для дальнейшего использования);

м) Kст - крутизна статической х-ки Pген по частоте;

н) Umin, Umax - диапазоны изменения напряжения;

Основные параметры узлов, рассмотренной в разделе 11 электрической схемы приведены в табл. 7, в формате программы Rastr

Параметры узлов электрической схемы замещения

Номер	Uном	Rнаг	Qнаг	Rген	Qген	Qmin	Qmax	V
1	220							220
2	220							220
3	220							220
4	220							220
5	10.5							10.5
6	110							110
7	110							110
8	110							110
77	10.5							10.5
88	10.5							10.5
100	220							238
9	220							220

Перемещение по экранному редактору осуществляется клавишами <Tab> - следующий столбец, <Shift + Tab> - предыдущий столбец, а также стрелками, <PageUp> и <PageDown> - соответственно начало и конец таблицы.

Рассмотрим функциональное меню экранных редакторов «Узлы» и «Ветви»:

<F2> - переключатель режима коррекция/просмотр, в режиме просмотр блокированы все средства коррекции;

<F3> - переход в меню атрибуты столбцов, в этом меню можно с помощью переключателя <Ins> изменить видимость любого поля на экране, а <Del> позволяет зафиксировать любой столбец экрана, Enter - для изменения ширины колонки и точности отображения чисел в ней; Esc - выход из меню;

<F4> - поиск узла или ветви;

<F5> - назначить/отменить базисный узел. Обязательно устанавливается для балансирующих узлов;

<F6> - включить/отключить выбранный узел или ветвь. В случае ошибок расчета возможно отключения части узлов, поэтому после устранения ошибок узлы необходимо включить снова;

<F7> - отметить/снять отметку строки;

<F8> - вставить пустую строку;

<F9> - дублировать строку;

<F10> - выйти из таблицы;

<Alt>+<F2> - Групповая коммутация или отметка узлов и ветвей - предварительно появляется меню коммутации (аналогично Alt\_F5) в котором необходимо выбрать требуемую коммутацию, затем меню выборки, в котором необходимо задать требуемую выборку.

Alt\_F5 - Меню коммутации - позволяет производить сложные коммутации узлов и ветвей. Для узлов допустимы: отключение шунтов на землю, отключение генерации и нагрузка, отключение пределов регулирования

Q (узел становится балансирующим по реактивной мощности), отключение узла со всеми подходящими линиями, а также любая комбинация отключений.

Для ветвей допустимы: отключение ветви в начале, в конце, полное отключение ветви:

Alt\_F8 - удалить строку таблицы;

Alt\_F9 - задать выполняемую функцию для правой кнопки мыши, появляется меню в котором можно выбрать одну из функций: поиск, вкл/откл, отметить снять отметку, вставить строку;

Esc - выход в предыдущее меню;

2) |Ветви| - вызывает экранный редактор, который позволяет ввести линии и трансформаторы расчетной электрической схемы, и их параметры:

Nнач, Nкон - номера узлов, ограничивающих линию;

Nп - номер параллельной;

R, X - сопротивление;

G, B - проводимости (мкСим), для ЛЭП - полная проводимость шунтов;

П-образной схемы (B<0), для трансформатора проводимость шунта;

Г-образной схемы (B>0);

Kт\в, Kт\m - вещественная и мнимая составляющая коэффициента трансформации;

Iдоп - допустимый ток;

Kr,min Kr,max - диапазоны изменения вещественной части коэффициента трансформации;

Ki,min Ki,max - то же для мнимой части;

БД - номер трансформатора в базе данных.

Сопротивление ветви должно быть приведено к напряжению Uнач, а коэффициент трансформации определяется как отношение Uкон/Uнач.

Основные параметры ветвей схемы, рассмотренной на рис. 1. электрической схемы в формате программы Rastr приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Параметры ветвей электрической схемы замещения**

Nнач	Nкон	Rлин	Xлин	Bлин	Kт\в
1	2	3	16,8	-108	
1	100	6	33,6	-216	
2	4	2,47	13,86	-89,1	
3	4	1,96	8,58	-52,8	
3	100	4,5	25,2	-162	
6	7	1,88	3,99	-102,6	
7	8	1,49	3,15	-81	
4	9	0,25	24,33	23,6	1
9	6	0,25			0,529
9	5	0,49	41,26		0,048
7	77	1,27	27,77		0,091
8	88	1,27	27,73		0,091

2) **|Районы|**- районирование схемы целесообразно только при расчете схем большой сложности, так как в больших схемах затруднен анализ перетоков мощности. Путем районирования каждому узлу схемы присваивают номер и название района, что позволяет упростить анализ режима. Название района должно содержать не более 12 символов. В расчете могут применяться коэффициенты:  $dP_n$ ,  $dQ_n$ ,  $dP_r$  - на которые умножаются соответствующие мощности района, исходные данные при этом не меняются.

#### **Экспорт и импорт данных**

Пункт меню **|Данные|Экспорт|** позволяет записать в двух форматах ЦДУ. При экспорте в формат ЦДУ имя этого файла должно задаваться полностью с расширением и с именем пути, если файл не находится в рабочем каталоге. Результат записывается в текущий файл (при экспорте из текущего файла). Ограничение - информация о шунтах и названиях узла должна быть после информации об этом узле. Эти команды могут быть также использованы для проведения сложных операций с исходными данными (слияние, деление и т.д.). Первая часть файла в формате ЦДУ составляет информация об узлах схемы (напряжения, мощности генерации и нагрузки), а вторая часть информация о перетоках по линиям, при этом файле сохраняются и исходные данные. Файл можно открыть с помощью текстового редактора Microsoft Word.

Импорт файлов в формате ЦДУ осуществляется аналогично, требуется только указать путь к файлу и имя файла в формате ЦДУ.

#### **Расчет установившихся режимов**

Расчет установившихся режимов следует начинать с параметров расчет. Установка параметров осуществляется с помощью пункта меню **|Режим|Параметр P|**, при этом можно изменить точность расчета, предельное число итераций, запретить использование стартового алгоритма (плохо работает при наличии УПК) и начать расчет с плоского старта (номинальные напряжения и нулевые углы - самое надежное исходное приближение). Также можно изменить максимально допустимые отклонения напряжения и угла, необходимую точность для контроля ограничений по реактивной мощности.

Затем следует выбрать команду **|Режим|Расчет|** при отсутствии сообщений об ошибке можно перейти к просмотру режима и анализу полученных данных. Наличие ошибок приведет к аварийному завершению расчета. Причинами ошибок могут быть: ошибочные исходные данные; отсутствие стартового алгоритма в параметрах расчет; и неверно заданные начальные приближения. После корректировки соответствующих параметров. Расчет следует повторить заново.

Просмотр результатов расчета осуществляется с помощью пункта меню **|Результат|**, при этом можно просмотреть информацию по узлам, потерям и напряжениям.

Для схемы приведенной на рис. 1 результаты расчета в программе Rastr приведены в табл. 9.

**Результаты расчета установившегося режима электрической схемы**

Узел	Uном, кВ	Pнаг, МВт	Qнаг, МВар	Pген, МВт	Qген, МВар	Uрасч, кВ	фаза, градусы
1	220.00	67.00	20.00	0.00	0.00	228.760	-4.261
2	220.00	58.00	20.00	0.00	0.00	226.230	-5.293
3	220.00	44.00	16.00	0.00	0.00	228.310	-4.207
4	220.00	0.00	0.00	0.00	0.00	225.725	-5.294
5	10.50	20.00	6.00	0.00	0.00	10.491	-9.703
6	110.00	41.00	12.00	0.00	0.00	116.083	-8.721
7	110.00	0.00	0.00	0.00	0.00	114.295	-9.602
8	110.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.626	-9.922
77	10.50	33.00	9.00	0.00	0.00	10.170	-13.678
88	10.50	28.00	9.00	0.00	0.00	10.120	-13.410
100	238.00	0.00	0.00	298.92	103.17	238.00	0.00
9	220.00	0.00	0.00	0.00	0.00	220.679	-8.731

Для упрощения схемы может применяться также ее эквивалентирование. Эквивалентирование требует предварительно сбалансированного режима; если режим не сбалансирован, автоматически выполняется предварительная балансировка. Эквивалентная схема становится текущей, замещает исходную и является сбалансированной. Поэтому рекомендуем предварительно сохранить схему под другим именем.

Существующие в настоящее время методы эквивалентирования являются приближенными, что приводит к погрешностям при расчетах режимов.

В программе реализованы следующие способы эквивалентирования:

- 1) Эквивалентирование в токах – основной способ. При его выполнении мощности эквивалентруемых узлов заменяются узловыми токами.
- 2) Эквивалентирование в шунтах – вспомогательный способ. Узловые мощности исключаемых узлов пересчитываются в шунты: автоматически не восстанавливаются.
- 3) Промежуточный способ - комбинация двух предыдущих.

### **ТЕМА 3. Основы расчета систем электроснабжения и переходных режимов. Программы расчета переходных режимов – TKZ, ZAPUSK.**

#### **Особенности расчетов переходных электромагнитных процессов.**

Необходимость расчета токов короткого замыкания. Трудоемкость данной задачи. Цели расчета: проверка элементов системы электроснабжения на динамическую устойчивость (расчет ударного тока к.з.  $i_{y0}$  и наибольшего значения тока к.з. за первый момент времени  $I_y$ ); проверки элементов электрической сети на термическую устойчивость (расчет действующего значения установившегося тока к.з.  $I_\infty$ ); проверки выключателей по отключающей способности (расчет действующего значения периодической  $I_m$  и аperiodической  $I_{am}$  составляющей тока к.з. для любого момента времени).

**ZAPUSK:** определение расчетных трехфазных и однофазных нагрузок приемников электроэнергии напряжением до 1000 В и выше 1000 В по форме Ф636-90. Работа с пакетом прикладных программ в диалоговом режиме «человек-машина». Расчет токов трехфазного КЗ до 1 кВ.

**Расчет переходных процессов:**

- линия в схеме замещения прямой и обратной последовательности представляется формулами:

$$X1_{вл} = X2_{вл} = X_{вл}, \quad (10)$$

$$R1_{вл} = R2_{вл} = R_{вл}. \quad (11)$$

Параметры схема замещения линии в нулевой последовательности рассчитывается по формуле:

$$X0_{вл} = X1_{вл} \cdot k_{x_0/x_1}, \quad (12)$$

где  $k_{x_0/x_1}$  – коэффициент, учитывающий соотношения сопротивления нулевой последовательности линии к сопротивлению прямой последовательности, определяются по табл. 1, Ом/км.

Таблица 10

**Средние значения коэффициента  $k_{x_0/x_1}$  для воздушных ЛЭП**

Характеристика линии	Одноцепная	Двухцепная
Без троса	3,5	5,5
Со стальным тросом	3,0	4,7
С тросом марки АС	2,0	3,0

Для расчета активного сопротивления и емкостной проводимости линии в нулевой последовательности можно воспользоваться источником [3]:

- Трансформатор для схемы прямой и обратной последовательности представляется формулами (6), (7), (8) и (9).

Следует также помнить, что при соединении обмоток трансформаторов по схемам: Y/Δ, а также Y<sub>0</sub>/Y в схеме замещения нулевой последовательности за трансформатором токи не протекают. Следовательно, сопротивления элементов за трансформатором равны бесконечности, а проводимости нулю. При соединении обмоток трансформаторов по схемам Y/Δ и Y<sub>0</sub>/Y<sub>0</sub> сопротивление трансформатора ( $X_{T0} = X_{T1}$ ), в остальных случаях сопротивление нулевой последовательности трансформатора принимается равным бесконечности.

- Параметры генератора определяются в зависимости от момента времени КЗ.

При  $t = 0$  генератор представляется формулой:

$$E_r'' = U_{ном} \cdot \sqrt{\left(1 + x_d'' \cdot \sin \varphi\right)^2 + \left(x_d'' \cdot \cos \varphi\right)^2}, \quad (13)$$

$$X_r'' = x_d'' \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}}, \quad (14)$$

где  $U_{ном}$  – номинальное напряжение генератора, кВ;

$S_{\text{НОМ}}$  – номинальная мощность генератора, МВА;

$x_d''$  – сверхпереходное сопротивление генератора, о.е.;

$\varphi$  – номинальная величина угла, о.е.

При  $t = \infty$  генератор представляется формулой:

$$E_{\Gamma} = U_{\text{НОМ}} \cdot \sqrt{(1 + x_d \cdot \sin \varphi)^2 + (x_d \cdot \cos \varphi)^2}, \quad (15)$$

$$X_{\Gamma} = x_d \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}}, \quad (16)$$

где  $x_d$  – переходное сопротивление генератора, о.е.

При  $0 < t < 4$  генератор в методе спрямленных характеристик представляется формулой:

$$E_{\Gamma,t} = E_{\Gamma} - (E_{\Gamma} - E_{\Gamma}'' ) \cdot \sigma_{E,t}, \quad (17)$$

$$X_{\Gamma,t} = X_{\Gamma} - (X_{\Gamma} - x_{\Gamma}'' ) \cdot \sigma_{X,t}, \quad (18)$$

где  $\sigma_{E,t}$ ,  $\sigma_{X,t}$  – определяется по типовым кривым, кВ.

- Параметры системы (ЭДС и сопротивление) определяют по формулам:

$$E_c = U_{\text{НОМ}}, \quad (19)$$

$$X_c = \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_k}, \quad (20)$$

где  $S_k$  – мощность короткого замыкания, МВА;

- параметры нагрузки (ЭДС и сопротивление):  
для времени  $t = 0$ :

$$E_H'' = 0,85 \cdot U_{\text{НОМ}}, \quad (21)$$

$$X_H'' = 0,35 \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_H}, \quad (22)$$

где  $S_H$  – мощность нагрузки, МВА;

при  $t = \infty$ :

$$E_H = 0, \quad (23)$$

$$X_H = 1,2 \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_H}, \quad (24)$$

## **Ввод исходной информации при расчете трехфазных токов к.з. в сетях до 1 кВ (ППП «ZAPUSK»)**



В главном меню ППП «ZAPUSK» выбирается нужный раздел « Расчет токов трехфазного к.з. до 1 кВ», который состоит из двух локальных программ: «Расчет токов трехфазного к.з.», «Расчет токов однофазного к.з.».

**« Расчет токов трехфазного к.з.» (последовательность).**

1) Ввести номинальное напряжение сети, кВ;

2) Ввести параметры трансформатора  $S$ ,  $U$ ,  $\Delta P_k$ ,  $U_k$ ,

где  $S$  - номинальная мощность цехового трансформатора, кВА;

$U$  - номинальное напряжение низкой стороны, кВ;

$\Delta P_k$  - потери в трансформаторе в режиме короткого замыкания, кВт;

$U_k$  - напряжение короткого замыкания, %.

3) Имеются ли кабели и провода в схеме (да - 1, нет - 0) при вводе 0 - переход к п.4), при вводе 1 необходимо ввести:

а) количество типов кабелей и проводов;

б) параметры проводников:  $R$ ,  $X$  (мОм/м),  $L$  (м).

4) Есть ли шинопроводы в схеме (да - 1, нет - 0):

при вводе 0 - переход к п.5), при вводе 1 на экране монитора появляются существующие типы шинопроводов, из которых необходимо выбрать и ввести:

а) количество типов шинопроводов;

б) параметры по каждому типу (длина, м; номер типоразмера ШП).

5) Сколько трансформаторов тока в схеме:

затем на экране монитора появляются существующие типы трансформаторов тока, из которых необходимо выбрать нужный:

а) ввести его номер;

б) если трансформатор тока одновитковый вводится 1, если многовитковый - 2;

в) вводится класс точности трансформатора тока (1 или 2) и номер коэффициента трансформации (из предложенных на экране).

б) Ввести количество автоматических выключателей в схеме:

на экране монитора появляется перечень существующих типов автоматических выключателей, из которых необходимо выбрать нужный номер.

7) Ввести суммарное переходное сопротивление контактов отключающих аппаратов и дуги в месте к.з. (мОм).

После этого появляются результаты расчета токов трехфазного к.з.

Переход к следующей локальной программе осуществляется нажатием клавиши «ENTER».

**«Расчет токов однофазного к.з.»**

(последовательность)

Если запуск этой локальной программы происходит из главного меню расчета, то последовательно выполняются пункты 1)-7) рассмотренные в описании предыдущей программы. Если же расчет является продолжением предыдущего (без выхода в главное меню), то количество вводимой информации резко уменьшается и осуществляется в следующей последовательности.

Ввести номер схемы содинения обмоток цехового трансформатора при схеме  $\Delta/Y-0$  вводится 1, при схеме  $Y/Y-0$  вводится 0.

При нажатии клавиши «ENTER» появляются результаты расчета токов однофазного к.з.

Повторным нажатием клавиши «ENTER» осуществляется выход в главное меню.

### **Комплекс программ для расчета электрических величин ТКЗ – 3000**

#### **Назначение, характеристики, возможности**

Комплекс позволяет рассчитывать электрические величины в трехфазной симметричной сети любого напряжения при однократной продольной или поперечной несимметрии и уставки защит от замыканий на землю.

Пределные возможности комплекса:

- объем сети до 3000 узлов и 7500 ветвей;
- общее число индуктивно связанных ветвей 2500;
- количество ветвей в одной группе индуктивно связанных ветвей 20.

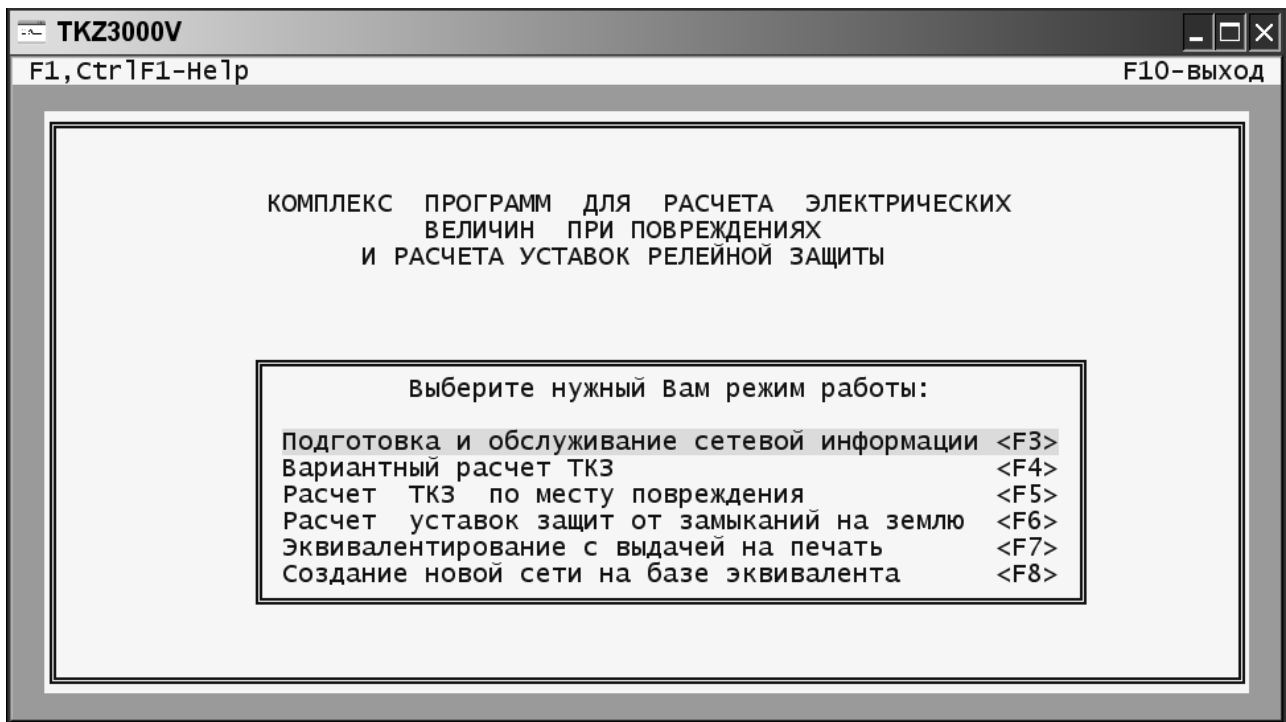
С помощью комплекса можно получать токи, напряжения отношения токов к напряжениям (сопротивления) как в виде симметричных составляющих, так и в виде полных фазных или междуфазных величин. Для токовых защит от замыканий на землю производится отстройка от фиксированной точка КЗ и от нагрузки, согласование с одной или несколькими защитами, проверка чувствительности, а также моделирование процесса отключения при работе дальнего резервирования.

Подсистема сетевого хозяйства позволяет перенумеровывать узлы сети, создавать новую сеть путем слияния двух сетей, производить сверку сетей. Подсистема эквивалентирования позволяет сворачивать сеть к любому числу узлов, а также строить новую сеть на основе полученного эквивалента.

#### **Структура ТКЗ – 3000 и работа с ним**

Исполняемым файлом программы является: ТКЗ3000V.bat. После запуска данного файла в среде Windows программа запустится в полноэкранный режим. Для удобства работы с программой рекомендуем перейти в оконный режим - комбинация клавиш <Alt + Enter>. Для выхода в главное меню программы требуется нажать клавишу <Enter>.

В результате будет открыто окно, показанное на рис. 18.



**Рис. 18.** Главное меню программы ТКЗ.

Результаты расчета сохраняются в файле с расширением \*.fl.

Файл данных имеет расширение \*.kor.

Файл ошибок расчета имеет расширение \*.prs.

Файл расчета доаварийных напряжений \*.rus.

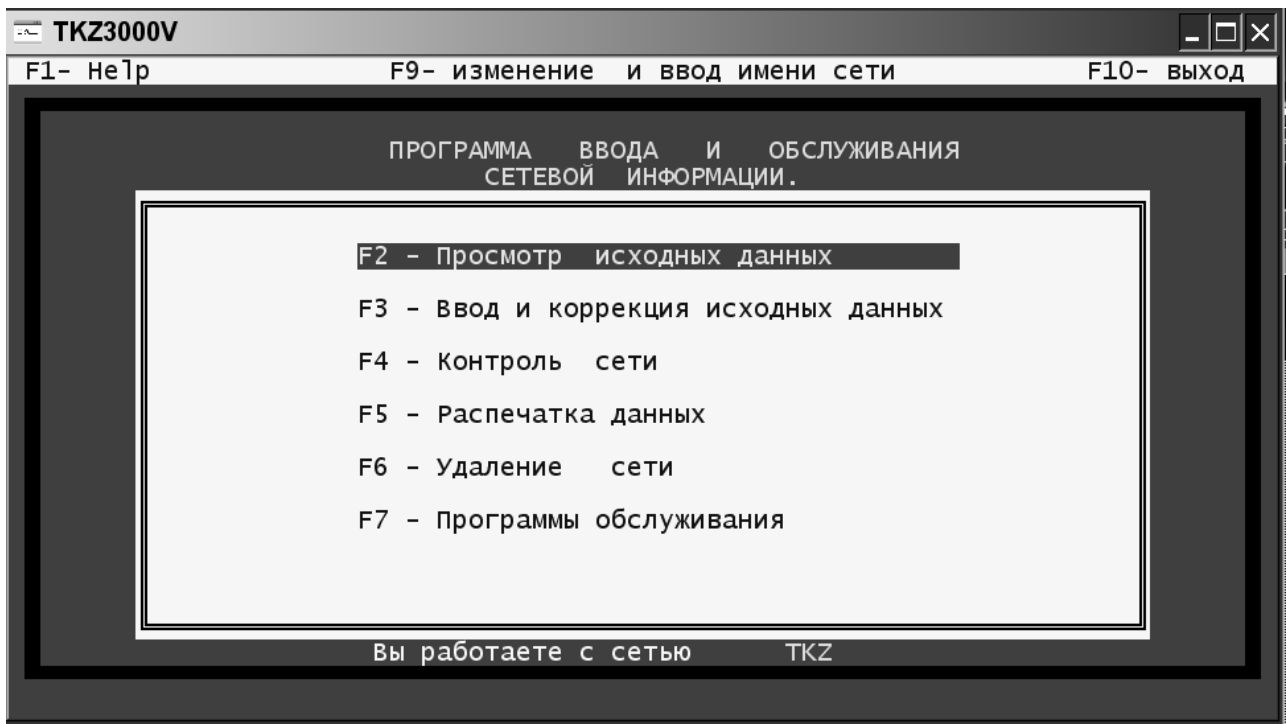
Листинг расчета сохраняется в файле с расширением \*.lst.

Формат хранения выше перечисленных файлов MSDOS.

В главном меню выбор разделов осуществляется с клавиатуры стрелками и клавишей <Enter>, а также с помощью функциональных клавиш <F3-F8>.

#### **Работа с исходными данными**

После выбора первого пункта головного меню. Открывается окно ввода и обслуживания сетевой информации, показанное на рис. 19.



*Рис. 19.* Меню ввода и обслуживания сетевой информации.

Для изменения или создания новой сети необходимо нажать клавишу <F9> в результате слева появится окно существующих файлов – электрических схем замещения сети. Курсор позиционируется при этом на несуществующей (новой сети). Для ввода нового имени необходимо выбрать новую сеть с помощью клавиши <Enter> в результате в нижней части окна появится мигающий курсор. Имя сети (файл) может иметь не более 8 символов или цифр. Имя сети необходимо вводить без расширения.

Пункт меню <F2> |**Просмотр данных**| позволяет просмотреть все виды сетевых данных. Все манипуляции с данными, предусмотренные в подсистеме ввода, при этом возможны, но не приводят к фактическому изменению сетевой модели.

Пункт меню <F4> |**Контроль сети**| проводится с целью обнаружения ошибок ввода, возможны следующие способы проверки (вызываемые соответствующим функциональными клавишами):

<F2> – |**Проверка связности сети**| При этом программа показывает номера несвязанных узлов, и предлагает откорректировать исходные данные.

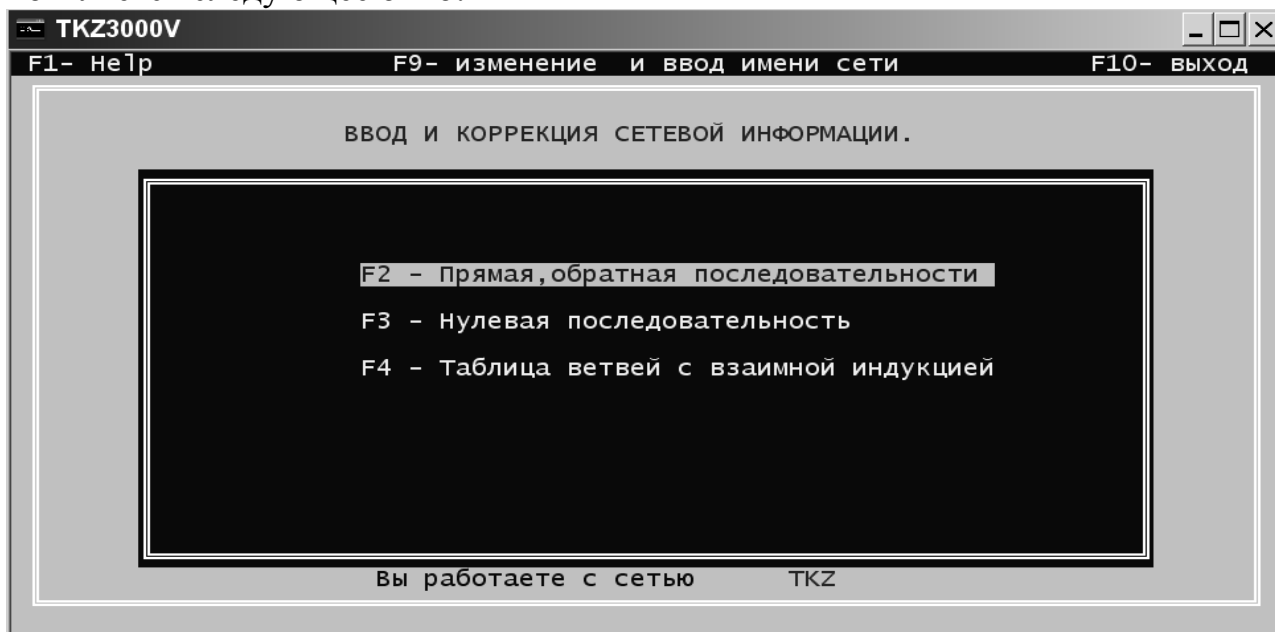
<F3> – |**Проверка параметров сети**| позволяет проверить ветви с отсутствующими данными.

<F4> – |**Справка**| – показывает информацию о схеме, число узлов, трансформаторных, генераторных ветвей, ветвей с параллельностью и пр.

<F5> – |**Расчет доаварийных напряжений**| позволяет оценить ошибки ввода трансформаторных ветвей. В случае наличия ошибок напряжения в узлах схемы могут значительно отличаться от номинальных значений. В ряде случаев расчет доаварийных напряжений проводить нецелесообразно, т.к. результаты расчета доаварийных напряжений не всегда достоверно указывают на ошибку.

<F7> – |**Программы обслуживания**|, прежде всего, используются для слияния и копирования файлов.

После выбора пункта меню **Ввод и коррекция исходных данных** появляется следующее окно:



**Рис. 20.** Окно ввода и коррекция сетевой информации.

Для ввода параметров схем прямой, обратной и нулевой последовательности, а также ветвей с взаимной индуктивностью выбирают соответствующие пункты меню.

Покажем окно редактора прямой и обратной последовательности для схемы приведенной на рис. 1 в табл. 11.

*Таблица 11*

**Исходные данные для расчета трехфазного тока короткого замыкания в формате программы ТКЗ**

Тип	Пар	Узел-1	Узел-2	R1	X1	E;K;Bс;	Фаза	Нэл
5	0	100	1	6.000	33.600	0.000	0.000	0
5	0	100	3	4.500	25.200	0.000	0.000	0
5	0	1	2	3.000	16.800	0.000	0.000	0
5	0	3	4	1.960	8.580	0.000	0.000	0
5	0	2	4	2.475	13.860	0.000	0.000	0
3	0	4	9	0.245	24.334	1.000	0.000	0
3	0	9	5	0.491	41.262	20.909	0.000	0
3	0	9	6	0.245	0.000	1.900	0.000	0
4	0	0	100	0.001	0.000	238.000	0.000	0
3	0	7	77	1.270	27.773	10.952	0.000	0
3	0	8	88	1.270	27.773	10.952	0.000	0
5	0	6	7	1.881	3.990	0.000	0.000	0
5	0	7	8	1.485	3.150	0.000	0.000	0
5	0	0	1	0.000	242.272	0.000	0.000	0
5	0	0	2	0.000	276.114	0.000	0.000	0
5	0	0	3	0.000	361.820	0.000	0.000	0
5	0	0	5	0.000	1.848	0.000	0.000	0

В табл. 11: Пар – номер параллельной ветви для ветви со взаимной индуктивностью; R1, R2, R0 – активные сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности; X1, X2, X0 – реактивные сопротивления; E, K, B (с) – колонка зависящая от типа элемента.

Расчет переходных электромагнитных режимов начинается с ввода исходных данных. При этом ввод данных по прямой и обратной последовательностей совмещен в одной таблице, при этом, для перехода к прямой и обратной последовательности служит клавиша <F7>. Сопротивления обратной последовательности задаются только в случае если они отличаются от сопротивлений прямой последовательности.

Параметры обратной последовательности (ее топология предполагается совпадающей с топологией прямой) следует вводить лишь для тех элементов, у которых в схеме замещения сопротивления прямой последовательности не равны сопротивлениям обратной последовательности.

Все ветви в схеме замещения должны кодироваться в программе ТКЗ - 3000 в зависимости от их модели представления:

0 - простая ветвь (линия без проводимостей), при этом задаются сопротивления активное R и реактивное X (Ом);

1 - ветвь с нулевым сопротивлением (используется для наглядности представления результатов);

3 - трансформаторная ветвь (задаются R, X (Ом) и коэффициент трансформации  $K = \frac{U_1}{U_2}$ , где U1, U2 – напряжения начального и конечного узла соответственно);

4 - генераторная ветвь, ветвь системы или нагрузочная ветвь. Подлежат заданию сопротивления R, X (Ом) и ЭДС – E (кВ), также может быть задана фаза в градусах;

5 - П-образная схема замещения ветви с емкостными проводимостями, Задание параметров элемента аналогично простой ветви (0), но при этом может задаваться проводимость  $B_c$  без знака (мкСм).

Любой ветви, кроме генераторной, может быть присвоен номер элемента (Nэл) (линии, трансформатора), у всех ветвей, принадлежащих одному и тому же элементу, номер должен быть одинаков. При задании параметров системы бесконечной мощности необходимо указывать близкое к нулю, но отличное от нуля сопротивление (R или X), так как в противном случае будет наблюдаться ошибка расчета.

Ввод и коррекция индуктивно связанных ветвей (только в схеме нулевой последовательности) по группам. Ввод возможен двумя способами:

1) Сначала вводятся обозначения ветвей и лишь после завершения ввода всех ветвей группы нажатием клавиши Tab переходят к записи собственных и взаимных сопротивлений этой группы.

2) Ввод производится для каждой ветви группы, причем сначала вводится ее обозначение, а затем система подсказывает, какие сопротивления следует ввести.

Способ выбирается последовательным нажатием клавиши F5.

Индуктивно связанные ветви без емкостной проводимости на землю имеют тип 2, а с емкостной проводимостью – 7.

Максимальное число ветвей в одной группе – 20.

Для управления режимом ввода и коррекции используются следующие клавиши:

<F10> – выход из редактора и меню, а также из программы;

<F1> – контекстно-зависимая помощь;

<F9> – удаление строки;

<F8> – дублирование строки;

<F5> – сортировка ветвей по типу (Т- трансформаторам, Р – параллельным веткам, U – номерам узлов, Н - номеру элемента);

<F4> – переключение режимов ввода и корректировки;

<F3> – поиск ветви по указанным номерам узлов;

<F2> – сохранение данных;

<Enter> – вставка и ввод строки;

Стрелки> – перемещение курсора;

<Home> – установка на начало строки;

<End> – установка на конец строки;

<Ctrl PgUp> – установка на начало файла;

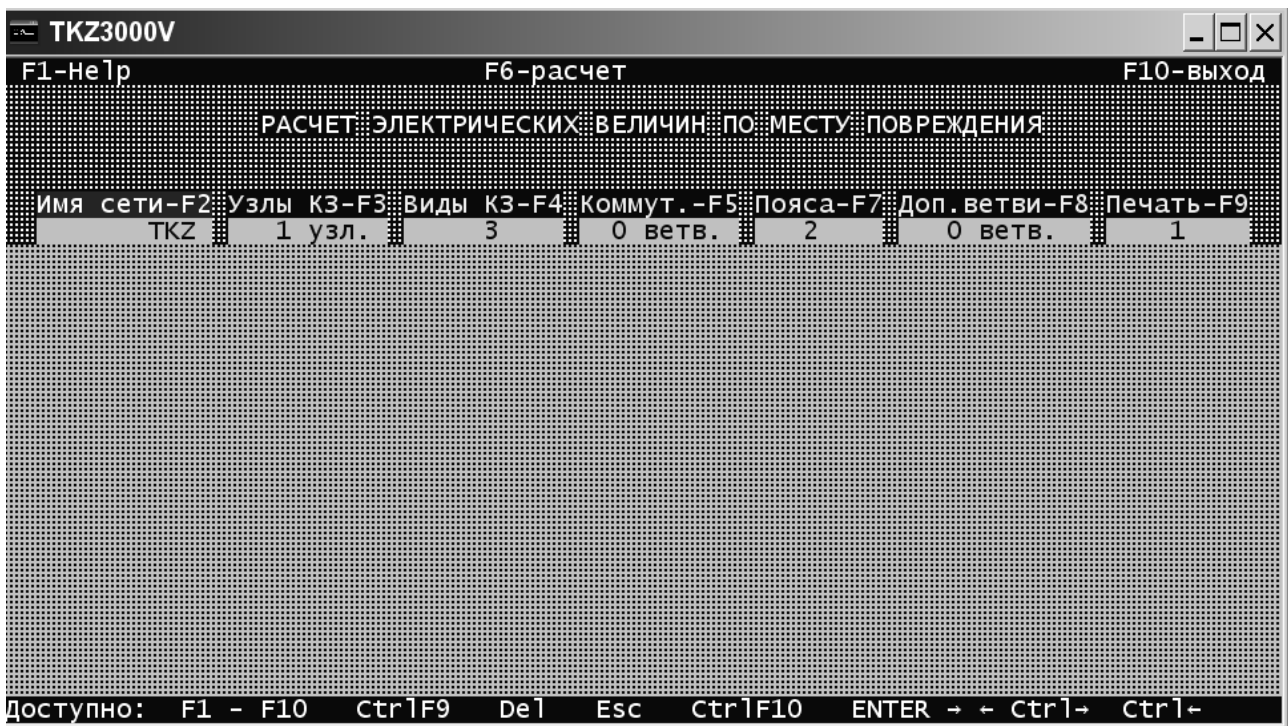
<Ctrl PgDn> – установка на конец файла;

<PgUp> – переход на страницу вверх;

<PgDn> – переход на страницу вниз.

### **Расчет электромагнитных переходных процессов**

Для перехода в режим расчетов токов короткого замыкания необходимо инициировать пункт главного меню <F5> |**Расчет ТКЗ по месту повреждения**|. В результате откроется окно расчета электрических величин по месту повреждения рис. 21.



**Рис. 21.** Окно расчета переходных электромагнитных процессов в программе TKZ.

Выбор схемы сети осуществляется с помощью п. меню <F2> – **Имя сети** | Точка короткого замыкания выбирается с помощью п. меню <F3> – **Узлы КЗ** | номер чередуют с абзаца или через пробел, возможно задание узлов через дефис.

Вид короткого замыкания выбирается с помощью п. меню <F4> – **Виды КЗ** |, как показано на рис. 22.



**Рис. 22.** Окно выбора вида и параметров короткого замыкания.

При этом выбор КЗ осуществляется клавишей <Enter>.

С помощью клавиши <←> осуществляется переход к окну **Заданные величины** |.

Коммутация (переключение) при этом возможно задание элемента и узла коммутации, варианты коммутации: 3 – отключение, 4 – заземление.

Пункт меню <F7> – **Пояса** | позволяет задать уровень, на котором определяются токи короткого замыкания, подтекающие к точке КЗ по смежным ветвям.

Пункт меню <F8> – **Доп. ветви** | позволяет задать дополнительные ветви замера для удобства представления результатов.



Пункт меню <F9> – |Печать| позволяет задать формат представления данных при сохранении в файл: 1 – свободный формат, 2 – табличный формат 3 – формат для выбора аппаратуры.

Пункт меню <F6> – |Расчет| проводит расчет переходных процессов и выдачу информации.

Для схемы на рис. 1 результаты расчета представлены в следующей таблице.

Таблица 12

**Результаты расчета трехфазного тока короткого замыкания в формате программы ТКЗ**

узел	Напряжения (токи)	Сопротивления (фаза)
	$U1=86.9$ кВ	$X1=9.9$
6-	$I(1)^3=5065$ А	$-84^0$
9	5065 А	
7	0	
0	0	

**ТЕМА 4. Программы применяемые при обосновании технических решений в энергетике: KRNET, G1.**

Основные вопросы, рассматриваемые в данной лекции:

1. Особенности расчетов в электрических сетях.
2. Программы используемые в настоящее время в проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем и систем электроснабжения.
3. Области их применения.
4. Назначение, характеристики и возможности.
5. Ввод и коррекция исходной информации.
6. Расчетные функции подпрограмм.
7. Ведение расчетов и просмотр их результатов.
8. Формирование протокола выходной информации.

Программы «G1» и «KRNET» аналогичны по своим выполняемым функциям и написаны под операционную систему MSDOS. Перечислим основные функции подпрограмм:

- 1) Выбор компенсирующих устройств.
- 2) Расчет кольца по длинам линий.
- 3) Расчет магистрали упрощенный.
- 4) Расчет магистрали по сопротивлениям.
- 5) Расчет кольца по сопротивлениям.
- 6) Расчет ущерба от недоотпуска эл. энергии.
- 7) Расчет потерь в трансформаторах.
- 8) Расчет приведенных затрат.
- 9) Выбор отпаяк трансформаторов.
- 10) Полный расчет кольца.

- 11) Полный расчет магистрали.
- 12) Расчет кольца с ответвлениями.
- 13) Расчет магистрали с кольцом в конце.
- 14) Расчет магистрали с ответвлениями.
- 15) Полный расчет линии с двусторонним питанием.

Приведем пример расчета кольца по длинам линии в виде листинга программы:

Введите число п/ст N= 4.

Введите активные и реактивные мощности п/ст в Мвт и Мвар:

P(1) 10; Q(1) 8;

P(2) 20; Q(2) 12;

P(3) 40; Q(3) 35;

P(4) 50; Q(4) 16.

Введите длины линий в км:

L(1) 10;

L(2) 15;

L(3) 20;

L(4) 50;

L(5) 10.

Введите время использования максимума нагрузки в часах  $T_m = 4500$ .

Введите стоимость потерь эл.энергии В (руб/кВт\*ч)=1.

Расчетное значение номинального напряжения  $U_{ном.рас.} = 125.82$ .

Введите номинальное напряжение сети в кВ  $U_{ном. сети} = 110$ .

Выбор сечения проводов.

Введите нормативный коэффициент (о.е)  $E_n = 0.124$ .

Введите коэффициент отчислений на амортизацию (о.е)  $P_a = 0.05$ .

Время максимальных потерь  $T_p = 2886.21$  ч.

Корень из сигмы (\*  $10^{-2}$ ) = 0.78 (кВт/руб).

Значения токов на участках:

I[1]=339.74 А;

I[2]=272.52 А;

I[3]=150.10 А;

I[4]=-128.86 А;

I[5]=-404.41 А.

Выберите по номограммам сечение проводников.

Остальные расчеты в программе проводятся аналогичным образом.

## **ТЕМА 5. Построение графиков электрических нагрузок. Выбор сечений кабельных линий и трансформаторов (РАСЧЕТ СЕТИ, CURSE 2)**

Расчет ступеней графиков активной электрической нагрузки осуществляется по формуле (1):

$$P_{ном, j}^i = P_j^i \cdot \frac{P_{j, \%}}{100} \cdot P_{max, j} \quad (25)$$

где  $P_{номр, j}^i$  - активная мощность  $j$ -го потребителя подстанции в  $i$ -ый час, МВт;  
 $P_j^i$  - мощность зимняя (летняя)  $j$ -го потребителя подстанции в  $i$ -ый час в долях от максимальной нагрузки  $j$ -го потребителя подстанции, доли единицы;  
 $P_{j, \%}$  - доля  $j$ -го потребителя подстанции в общей нагрузке подстанции, %;  
 $P_{max, j}$  - максимальная зимняя нагрузка подстанции, МВт.

Реактивная зимняя и летняя нагрузки подстанции рассчитываются по следующей формуле:

$$Q_{номр, j}^i = Q_j^i \cdot \frac{P_{j, \%}}{100} \cdot P_{max, j} \quad (26)$$

где  $Q_{номр, j}^i$  - реактивная мощность  $j$ -го потребителя подстанции в  $i$ -ый час, МВт;

$Q_j^i$  - реактивная мощность зимняя (летняя)  $j$ -го потребителя подстанции в  $i$ -ый час в долях от максимальной нагрузки  $j$ -го потребителя подстанции, доли единицы;

$P_{j, \%}$  - доля  $j$ -го потребителя подстанции в общей нагрузке подстанции, %;  
 $P_{max, j}$  - максимальная зимняя подстанции, МВт.

Суммарные суточные графики нагрузок по подстанции строятся на основании выражения 4:

$$P_{n/cm}^i = \sum_{j=1}^N P_{номр, j}^i, \quad (27)$$

$$Q_{n/cm}^i = \sum_{j=1}^N Q_{номр, j}^i,$$

где  $P_{n/cm}^i$  - активная зимняя (летняя) мощность подстанции в  $i$ -ый час, МВт;  
 $Q_{n/cm}^i$  - реактивная зимняя (летняя) мощность подстанции в  $i$ -ый час, МВт;  
 $N$  - число потребителей на подстанции.

Обработка суточных графиков электрических нагрузок (вероятностно-статистический анализ).

Среднюю активную и реактивную нагрузки подстанции по формуле:

$$P_{cp} = \frac{1}{T_n} \cdot \sum_{i=1}^n P_{n/cm}^i \cdot t_i, \quad (28)$$

$$Q_{cp} = \frac{1}{T_n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{n/cm}^i \cdot t_i$$

где  $P_{cp}$ ,  $Q_{cp}$  - средняя активная и реактивная мощность подстанции, МВт.

Определяем среднеквадратичную (эффективную) активную и реактивную нагрузки подстанции:

$$P_{эф} = \sqrt{\frac{1}{T_n} \cdot \sum_{i=1}^n (P_{n/cm}^i)^2 \cdot t_i}, \quad (29)$$

$$Q_{\text{эф}} = \sqrt{\frac{1}{T_n} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_{n/cm, i}^i)^2 \cdot t_i} \quad (30)$$

Определяем коэффициенты формы графиков нагрузки по активной и реактивной мощности (формула).

$$K_{\phi P} = \frac{P_{\text{эф}}}{P_{\text{ср}}}, \quad (31)$$

$$K_{\phi Q} = \frac{Q_{\text{эф}}}{Q_{\text{ср}}}. \quad (32)$$

Затем определяем максимальные и минимальные нагрузки подстанции:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{ср}} \cdot \left( 1 + 1,96 \cdot \sqrt{\left( \frac{P_{\text{эф}}}{P_{\text{ср}}} \right)^2 - 1} \right), \quad (33)$$

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{ср}} \cdot \left( 1 + 1,96 \cdot \sqrt{\left( \frac{Q_{\text{эф}}}{Q_{\text{ср}}} \right)^2 - 1} \right), \quad (34)$$

$$P_{\text{min}} = P_{\text{ср}} \cdot \left( 1 - 1,96 \cdot \sqrt{\left( \frac{P_{\text{эф}}}{P_{\text{ср}}} \right)^2 - 1} \right), \quad (35)$$

$$Q_{\text{min}} = Q_{\text{ср}} \cdot \left( 1 - 1,96 \cdot \sqrt{\left( \frac{Q_{\text{эф}}}{Q_{\text{ср}}} \right)^2 - 1} \right). \quad (36)$$

Построение начинаем с того, что умножаем на соответствующее количество зимних (летних) суток значения активной (реактивной) мощности суточного зимнего (летнего) графика нагрузки. Затем производим упорядочение значений активной (реактивной) мощности начиная от максимального значения и откладывая по временной шкале соответствующие значения, строим упорядоченный годовой график активной (реактивной) мощности.

Определяем коэффициенты попадания в максимум энергосистемы каждой подстанции. На основании суточного суммарного графика нагрузки всей сети определяем время максимальной нагрузки  $t_{\text{макс}}^{\text{сети}}$ , определяем для каждой подстанции нагрузку в момент времени  $t_{\text{макс}}^{\text{сети}}$ , обозначим ее  $P_j^{n/cm}(t_{\text{макс}}^{\text{сети}})$ , где  $j$  – номер выбранной подстанции. Тогда коэффициент попадания каждой подстанции в максимум сети определяем по формуле:

$$K_{M_j}^{n/cm} = \frac{P_j^{n/cm}(t_{\text{макс}}^{\text{сети}})}{P_{\text{макс}, j}}, \quad (37)$$

где  $K_{M_j}^{n/cm}$  - коэффициент попадания  $j$ -ой подстанции в максимум сети;

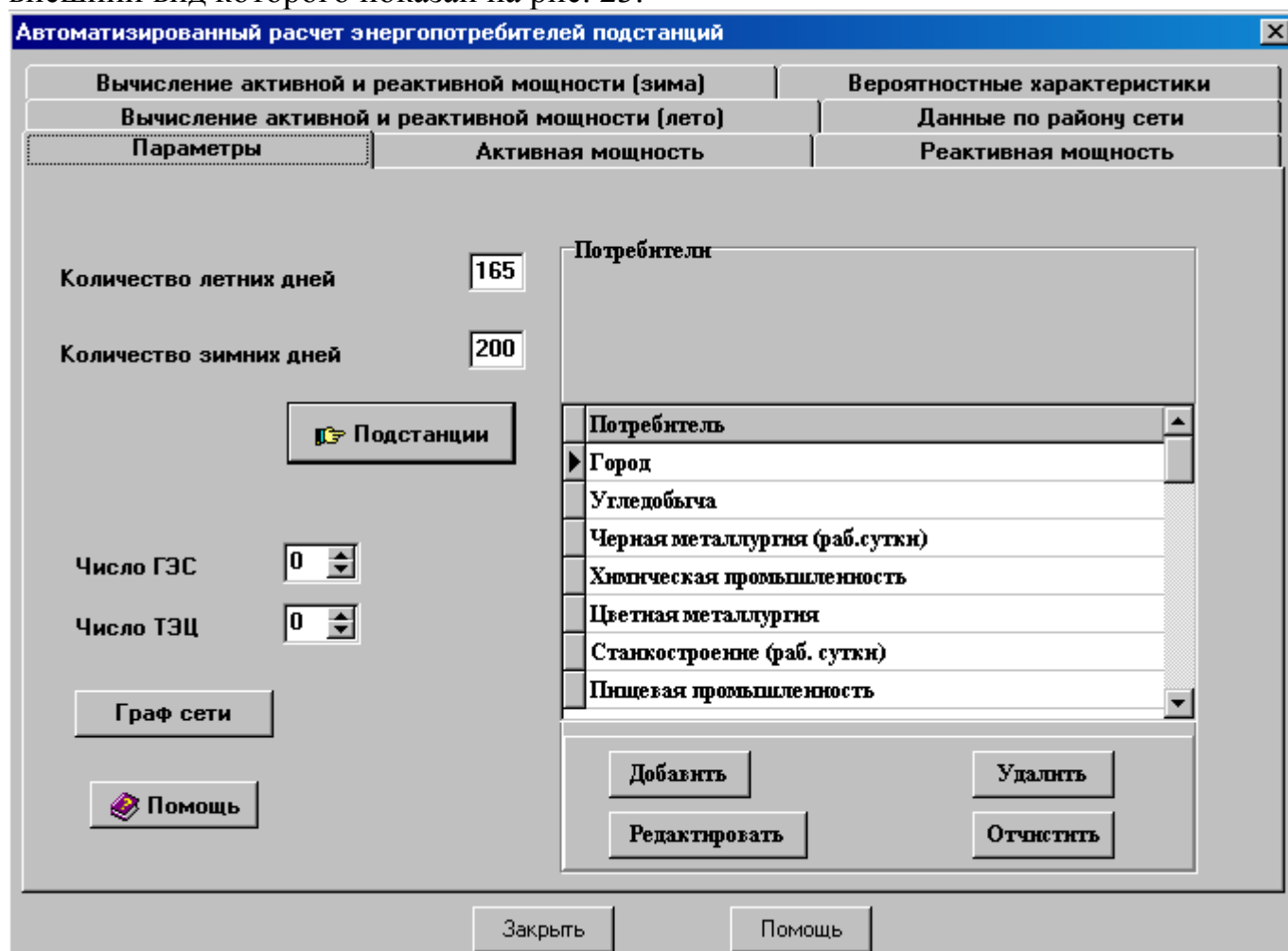
$P_{\text{макс}, j}$  - максимальная нагрузка j-ой подстанции.

Определяем также время ( $T_m$ ) использования максимальной нагрузки  
Особенности работы с программами «Расчет сети» и CURSE2

Программы «Расчет сети» и CURSE2 два предназначены для расчета электрических нагрузок, построения графиков нагрузок, определения вероятностных характеристик, построения графа сети, определения номинальных напряжений и потокораспределения ветвях схемы, кроме того, программа позволяет осуществлять экспорт результатов расчет в MSExcel и Word.

Так как обе программы имеют много схожего, то мы рассмотрим далее только особенности расчетов в программе «Расчет сети».

Главное окно программы построено по типу блокнота с закладками. внешний вид которого показан на рис. 23.



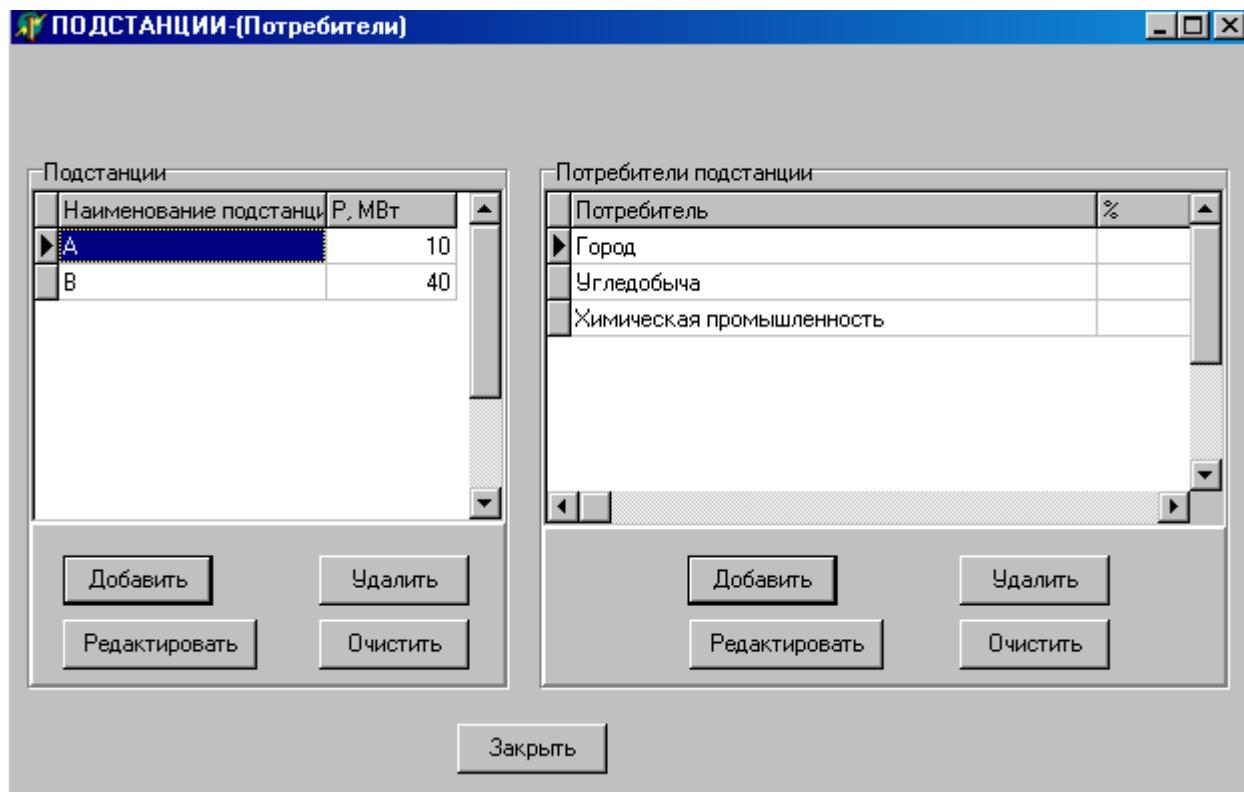
**Рис. 23.** Главное окно программы «Расчет сети»

Каждая закладка блокнота позволяет вывести окно для ввода и коррекции исходных данных или для промежуточных расчетов.

Закладка |Параметры| представляет собой окно, на котором расположена панель «Потребители», необходимая для ввода, редактирования или удаления имен типовых потребителей сети, а также для последующей коррекции типовых графиков нагрузок.

На этом окне имеется возможность отредактировать число зимних и летних дней рассматриваемого района.

Кроме того, окно содержит кнопку «Подстанции», при инициации которой появляется окно, позволяющее занести информацию о параметрах подстанции: номинальной мощности, типе потребителя, процентного отношении мощности потребителя к общей мощности подстанции, как показано на рис. 24.



**Рис. 24.** Ввод параметров потребителей

Кнопка «Граф сети» будет рассмотрена нами позднее.

Закладки главного окна |Активная мощность| и |Реактивная мощность| предназначены для ввода информации о типовых суточных графиках потребителей. Обычно ввод исходной информации по типовым графикам возникает тогда, когда в окне отсутствует типовой график нужного потребителя.

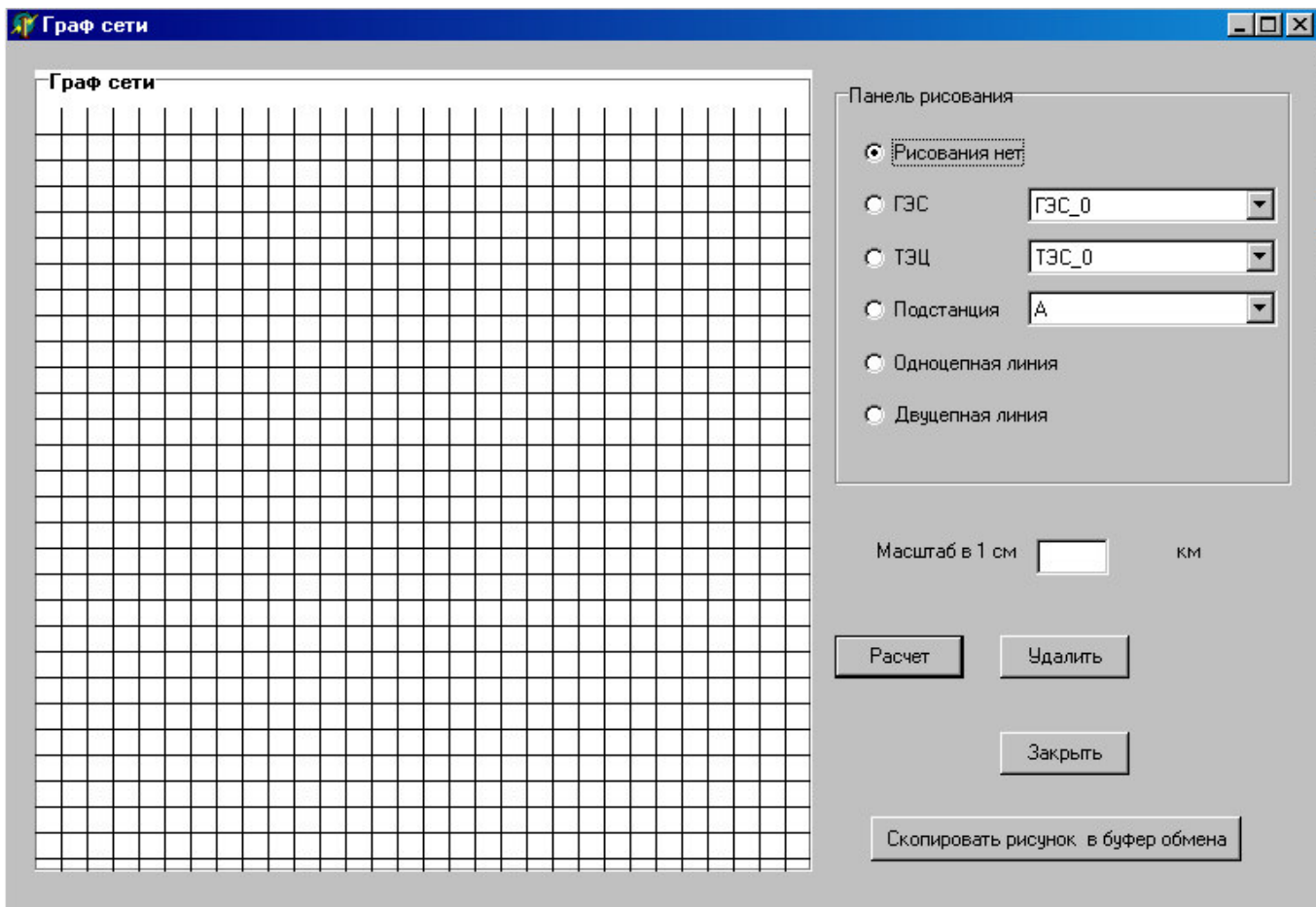
Автоматизированный расчет энергопотребителей подстанций									
Вычисление активной и реактивной мощности (зима)					Вероятностные характеристики				
Вычисление активной и реактивной мощности (лето)					Данные по району сети				
Параметры		Активная мощность			Реактивная мощность				
№	Потребитель	1 час	2 час	3 час	4 час	5 час	6 час	7 час	8 час
1	Город	0,35	0,35	0,35	0,35	0,45	0,45	0,45	0,45
2	Угледобыча	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85
3	Черная металлургия (раб. сутки)	0,85	0,85	0,85	0,8	0,8	0,95	0,95	0,95
4	Химическая промышленность	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95
5	Цветная металлургия	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
6	Станкостроение (раб. сутки)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,65	0,65	0,65	0,65
7	Пищевая промышленность	0,65	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	0,7
8	Лёгкая промышленность	0,36	0,36	0,36	0,36	0,6	0,6	0,6	0,6
9	Деревообработка	0,35	0,35	0,35	0,35	0,44	0,44	0,44	0,44
10	Сельское хозяйство	0,3	0,3	0,3	0,3	0,68	0,68	0,68	0,68
11	Нефтепереработка	0,92	0,92	0,92	0,92	0,9	0,9	0,9	0,9
12	Металлообработка	0,36	0,36	0,36	0,36	0,5	0,5	0,5	0,5
13	Городская нагрузка ТП (0,4кВ)	0,3	0,27	0,22	0,22	0,22	0,28	0,28	0,28
14	Городская нагрузка РП (6кВ)	0,4	0,36	0,36	0,36	0,36	0,38	0,38	0,38
15	С/х ТП (летние сутки)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,35	0,35	0,35
16	Машиностроение (раб. сутки)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
17	Резиновая пром-ть (раб. сутки)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85	0,85	0,85
18	Печатные изд-ва (раб. сутки)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

**Рис. 25.** Параметры графиков нагрузки

Закладки |Активной и реактивной мощности (зима)| и |Активной и реактивной мощности (лето)| позволяют рассчитать информацию по суточным графикам нагрузок подстанций в зависимости от типа и доли потребителя на них, кроме того, в результате расчета определяются параметры годового графика нагрузки и определяются вероятностные характеристики.

Для печати графиков нагрузки программа создает файл MSWord, который можно отредактировать перед печатью.

Для построения графа сети следует на закладке |Параметры| выбрать количество источников питания (ГЭС или ТЭЦ) и инициировать кнопку граф сети.



**Рис. 26.** Окно графа сети

Панель рисования необходима для выбора элементов рисования: подстанций, источников питания и линий.

Для того чтобы ввести граф схемы, прежде всего, следует указать масштаб рисования (причем две клетки на графике задают длину в 1 см).

После указанной процедуры размещают источники питания и подстанции. Для этого инициируется соответствующий переключатель и выбирается необходимый элемент в групповом списке.

Затем на поле рисования (клеточное поле) выбирается мышью точка или место расположения элемента схемы сети. Если место выбрано неверно следует выбрать мышью место на поле рисования и элемент (подстанция или источник питания) переместится в выбранное вами место.

Для построения линии выбираем соответствующий элемент на панели рисования (двухцепная или одноцепная линия). Затем левой кнопкой мыши выбирается элемент, от которого следует построить линию, не отпуская левую кнопку мыши, указывается элемент, до которого следует построить линию, при этом при перемещении мыши появляется радиус-вектор линии. При отпускании кнопки мыши на конечном элементе появляется соответствующая линия.



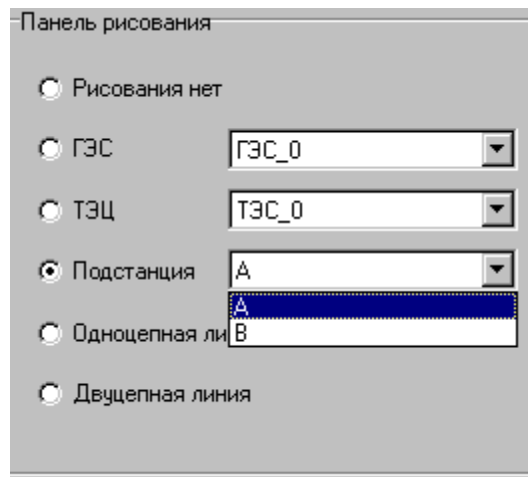


Рис. 27. Панель рисования

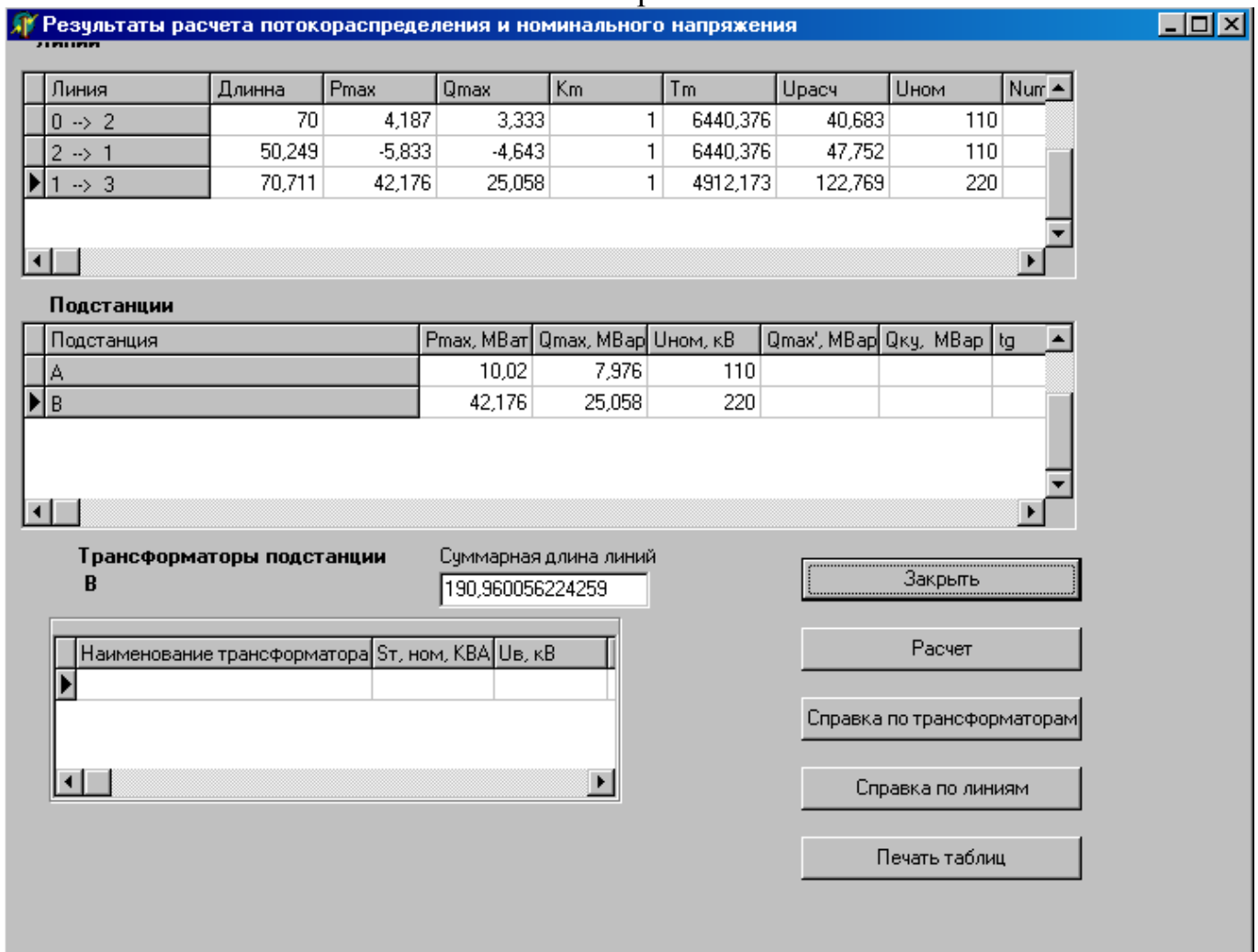


Рис. 28. Результаты расчетов потокораспределения и выбора номинального напряжения

Для удаления элемента необходимо выбрать на панели рисования переключатель «Рисования нет», затем левой кнопкой выбрать, необходим элемент, при этом элемент выделиться красным цветом, и удалить клавишей <Del>. При удалении подстанции или источника питания удаляются также все линии подключаемые к нему.

Построенный граф сети можно скопировать в буфер обмена Windows. При выборе кнопки «Расчет» появляется окно, показанное на рис. 28.

В данном окне можно путем расчет определить мощность компенсирующих устройств в зависимости от заданного экономического коэффициента мощности, определить номинальные напряжения на участках сети и подстанциях и откорректировать их, кроме того, используя соответствующие кнопки окна.

## **ТЕМА 6. Программы, используемы в расчете релейной защиты и автоматики: программ PROTECTTRANSиPROTECTLINE**

### **Релейная защита силовых трансформаторов и линий электропередачи**

В связи с развитием электрических систем, характеризующихся в основном ростом единичных мощностей агрегатов и блоков, повышением напряжения и пропускной способности линий электропередачи, а также интенсификацией использования оборудования оказалось необходимым решить ряд проблем, обусловленных повышением и усложнением требований к техническому совершенству и надежности функционирования устройств релейной защиты и автоматики в частности, применение средств вычислительной техники при определении уставок релейной защиты.

Наиболее общими для направлений «Электроэнергетики» являются расчеты по определению уставок релейной защиты силовых трансформаторов и линий электропередачи (ППП «PROTECTTRANS» и «PROTECTLINES»), которые и рассматриваются в данном учебно-методическом пособии.

#### **Расчет дифференциальной защиты силовых трансформаторов**

Последовательность расчета дифференциальной защиты силовых трансформаторов на базе реле серии РНТ рассматривается практически во всех справочниках по электроэнергетике поэтому в данном пособии она не приводится. Следует также помнить о том, что использование реле серии РНТ не обеспечивает требований по чувствительности защиты, особенно для двухобмоточных трансформаторов с расщепленной обмоткой низшего напряжения и трехобмоточных трансформаторов.

В связи с этим при проектировании защиты трансформаторов рекомендуется применять реле серии ДЗТ.

С целью лучшего знакомства с программой расчета дифференциальной защиты силовых трансформаторов ниже приводится пример алгоритма расчета уставок защиты для трехобмоточного трансформатора.

#### **Алгоритм расчета дифференциальной защиты трехобмоточного трансформатора на базе реле ДЗТ-11.**

1) Определение первичных и вторичных токов на сторонах защищаемого трансформатора, соответствующих его номинальной мощности.

Первичный ток на стороне высшего напряжения  $I_{ном_{вн}}$  защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности, А:

$$I_{ном_{вн}} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном_{вн}}}, \quad (40)$$

где  $S_{ном}$  - номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{ном_{вн}}$  - номинальное напряжение высокой стороны трансформатора, кВ.

Первичный ток на стороне среднего напряжения  $I_{ном_{сн}}$  защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности, А:

$$I_{ном_{сн}} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном_{сн}}} . \quad (41)$$

Первичный ток на стороне низшего напряжения  $I_{ном_{ни}}$  защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности, А:

$$I_{ном_{ни}} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном_{ни}}} . \quad (42)$$

Коэффициенты трансформации  $K_m$  трансформаторов тока:

$$K_{m_{вн}} = \frac{I_{ном_{вн}}}{5} , \quad K_{m_{сн}} = \frac{I_{ном_{сн}}}{5} , \quad K_{m_{ни}} = \frac{I_{ном_{ни}}}{5} .$$

Вторичный ток на стороне высшего напряжения  $I_{вт_{вн}}$  защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности, А:

$$I_{вт_{вн}} = \frac{I_{ном_{вн}} \cdot K_{сх}}{K_{m_{вн}}} , \quad (43)$$

где  $K_{сх}$  - коэффициент схемы соединения трансформаторов тока, если ТТ соединены "треугольником", то:

$$K_{сх} = \sqrt{3}, \text{ иначе } K_{сх} = 1.$$

Вторичный ток на стороне среднего напряжения  $I_{вт_{сн}}$  защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности, А:

$$I_{вт_{сн}} = \frac{I_{ном_{сн}} \cdot K_{сх}}{K_{m_{сн}}} . \quad (44)$$

Вторичный ток на стороне низшего напряжения  $I_{вт_{ни}}$  защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности, А:

$$I_{вт_{ни}} = \frac{I_{ном_{ни}} \cdot K_{сх}}{K_{m_{ни}}} , \quad (45)$$

если ТТ соединены "треугольником" то:

$$K_{сх} = \sqrt{3}, \text{ иначе } K_{сх} = 1.$$

2) Определение первичного расчетного тока небаланса  $I_{нб_{расч}}$  без учета составляющей  $I^{(1)}_{нб_{расч}}$  при рассматриваемом внешнем КЗ на стороне НН, А:

$$I_{нб_{расч}} = (K_{апери} * K_{одн} * f_i + U_{рпн}) * I^{(3)}_{к} I_{мах} , \quad (46)$$

где  $K_{апери}$  - коэффициент аperiodичности;

$K_{одн}$  - коэффициент однотипности трансформаторов тока;

$f_i$  - погрешность трансформаторов тока;

$U_{рпн}$  - половина диапазона регулирования РПН (ПБВ) трансформатора;

$I_{к1_{max}}^{(3)}$  - ток, протекающий через трансформатор, при к.з. на его выводах со стороны низшего напряжения, А.

на стороне СН:

$$I_{нб_{расч}} = (K_{анер} * K_{одн} * f_i + U_{рнн} + \Delta U_{сн}) * I^{(3)}_{к4_{max}}, \quad (47)$$

где  $\Delta U_{сн}$  - половина диапазона регулирования РПН (ПБВ) трансформатора;

$I_{к4_{max}}^{(3)}$  - ток, протекающий через трансформатор, при к.з. на его выводах со стороны среднего напряжения, А.

3) Определение предварительного первичного тока срабатывания дифференциальной защиты  $I_{сз}$ , А. (Тормозная обмотка реле подключена на сумму токов ТТ, установленных на сторонах НН и СН).

По условию отстройки от броска тока намагничивания:

$$I_{сз} = K_n * I_{нам}, \quad (48)$$

где  $K_n$  - коэффициент отстройки реле;

$I_{нам}$  - ток намагничивания трансформатора, А.

Принимается значение  $I_{сз}$  большее или равное рассчитанному.

4) Ток срабатывания реле  $I_{ср}$  на основной стороне (ВН), А

$$I_{ср} = \frac{I_{сз} \cdot K_{сх}}{K_{m_{вн}}}. \quad (49)$$

5) Число витков обмотки НТТ реле  $W_{вн}$  на основной стороне (ВН)

$$W_{вн_{рас}} = \frac{F_{с.р}}{I_{с.р}}, \quad (50)$$

где  $F_{с.р}$  - м.д.с. витков.

Предварительно принимается число витков  $W_{вн}$  на стороне ВН (округленное в меньшую сторону).

6) Число витков обмотки НТТ реле на неосновной стороне (СН)

$$W_{сн_{рас}} = W_{осн} \cdot \frac{I_{вн_{вт}}}{I_{сн_{вт}}}. \quad (51)$$

Предварительно принимается число витков на стороне СН (округленное в ближайшую сторону)  $W_{сн}$ .

6) Число витков обмотки НТТ реле на неосновной стороне (НН)

$$W_{нн_{рас}} = W_{осн} \cdot \frac{I_{вн_{вт}}}{I_{нн_{вт}}}. \quad (52)$$

(52)

Предварительно принимается число витков на стороне НН (округленное в ближайшую сторону)  $W_{нн}$ .

7) Токи срабатывания реле и защиты, А:

на стороне ВН:

$$I_{с.р_{вн}} = \frac{F_{с.р}}{W_{вн}}, \quad (53)$$

(53)

$$I_{c.з_{вн}} = \frac{I_{c.p} \cdot K_{m_{вн}}}{K_{сх}}, \quad (54)$$

на стороне СН

$$I_{c.p_{сн}} = \frac{F_{c.p}}{W_{сн}}, \quad (55)$$

$$I_{c.з_{сн}} = \frac{I_{c.p} \cdot K_{m_{сн}}}{K_{сх}}, \quad (56)$$

на стороне НН:

$$I_{c.p_{нн}} = \frac{F_{c.p}}{W_{нн}}, \quad (57)$$

$$I_{c.з_{нн}} = \frac{I_{c.p} \cdot K_{m_{нн}}}{K_{сх}}, \quad (58)$$

8) Составляющая первичного тока небаланса, обусловленная округлением расчетного числа витков неосновной стороны для выбора  $W_m$ , А

$$I_{нб_{расч}}^{(1)} = \left| \frac{W_{нн_{расч}} - W_{нн}}{W_{нн_{расч}}} \right| \cdot I_{к1_{max}}^{(3)}, \quad (59)$$

где  $W_{нн_{расч}}$ ,  $W_{нн}$  - соответственно расчетное и округленное число витков неосновной стороны.

Составляющая первичного тока небаланса, обусловленная округлением расчетного числа витков неосновной стороны для выбора  $W_m$ , А

$$I_{нб_{расч}}^{(1)} = \left| \frac{W_{сн_{расч}} - W_{сн}}{W_{сн_{расч}}} \right| \cdot I_{к4_{max}}^{(3)}, \quad (60)$$

9) Первичный расчетный ток небаланса для выбора  $W_m$ , А

$$I_{нб_{расч}}^m = I_{нб_{расч}} + I_{нб_{расч}}^{(1)}, \quad (61)$$

$$I_{нб_{расч}}^m = I_{нб_{расч}} + I_{нб_{расч}}^{(1)}. \quad (62)$$

10) Число витков тормозной обмотки из условия несрабатывания защиты при внешнем (сквозном) К.З.:

$$W_m = \frac{K_n \cdot I_{нб_{расч}}^m \cdot W_{нн}}{I_{к1_{max}}^{(3)} \cdot tg\alpha}, \quad (63)$$

где  $tg\alpha$  - принимается равным 0,87 для ДЗТ-11.

Принимается  $W_m$  ближайшее большее из ряда (1,3,5,7,9,11,13,18,24).

11) Определяется коэффициент чувствительности защиты при коротком замыкании в точке К2

$$K_{ч} = \frac{\sqrt{3} I_{к2_{min}}^{(3)} \cdot W_{вн} \cdot K_{сх_{вн}}}{F_{ср} \cdot K_{m_{вн}}}, \quad (64)$$

При КЗ в точке К-3

$$K_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3} I_{\text{кз min}}^{(3)} \cdot W_{\text{вн}} \cdot K_{\text{сх вн}}}{F_{\text{ср}} \cdot K_{\text{т вн}}}, \quad (65)$$

Полученные результаты расчета по усмотрению пользователя можно записать в файл или вывести на печать. Листинг расчета максимально приближен к требуемым формам расчетных документов на производстве и имеет вид полностью соответствующий представленному алгоритму.

Таблица 12

**Результаты расчета уставок защиты**

Окончательно принимается		
Сторона ВН	Сторона СН	Сторона НН
$K_m =$	$K_m =$	$K_m =$
$I_{\text{с.р}} =$	$I_{\text{с.р}} =$	$I_{\text{с.р}} =$
$I_{\text{с.з}} =$	$I_{\text{с.з}} =$	$I_{\text{с.з}} =$
$W_{\text{вн}} =$	$W_{\text{сн}} =$	$W_{\text{нн}} =$
<b>Гормозная обмотка включена на стороне НН (СН или НН и СН) <math>W_m =</math></b>		

**Ввод исходной информации и порядок расчета**

ППП «PROTECTTRANS» предназначен для расчета дифференциальной защиты двухобмоточных и двухобмоточных с расщепленной обмоткой низшего напряжения трансформаторов, а также трехобмоточных трансформаторов с односторонним и двухсторонним питанием на базе реле серии ДЗТ и РНТ. Уставки защиты определяются для случаев питания цепей защиты как от постоянного, так и переменного оперативного тока, поскольку при этом алгоритмы расчетов имеют свои особенности.

ППП «PROTECTTRANS» работает под управлением операционных систем WINDOWS 3.11; 95, что является предпочтительным с точки зрения использования сервиса программ, а также из под NT и DOS.

Запуск ППП осуществляется из директории «PROTECTTR.» вызовом файла PROTECT. EXE. На экране высветится основное меню пакета прикладных программ:

©	Подстанции	Трансформаторы	Окна
---	------------	----------------	------

**Рис. 29.** Главное меню пакета прикладных программPROTECT

Закладка © содержит информацию об авторских правах на программу, включает в себя встроенный калькулятор и сервисные услуги по загрузке русского шрифта в принтер, предусматривает временный сеанс с DOS и выход из программы.

Закладка «Подстанции» служит для обеспечения работы с базой данных подстанций энергосистемы или промышленного предприятия и предусматривает дополнение, редактирование БД и внесение изменений в хранящуюся там информацию. При выборе нужной подстанции в общем перечне или введении новой подстанции в базу данных на экране появляется окно, соответствующее данному объекту, в котором находятся ярлыки силовых трансформаторов. Выбор трансформатора для расчета или изменения его параметров осуществляется с помощью «мыши».

Закладка «Трансформаторы» содержит сервисные услуги по добавлению, изменению и редактированию информации в данной базе данных, а также позволяет выводить результаты расчета на экран (принтер) или в виде протокола записывать в файл.

Закладка «Окна» позволяет изменять размеры рабочих, активных и неактивных окон, перемещать по области экрана и располагать их в удобном для пользователя виде.

Ввод исходной информации, необходимой для расчета, происходит после выбора соответствующего трансформатора и осуществляется по предложенной на экране монитора исходной схеме и схеме замещения трансформатора (см. рис. 30). Используя «мышь», курсор устанавливается в место ввода соответствующего параметра и активизирует рабочую область после двойного нажатия на левую клавишу «мыши». Все необходимые для расчета параметры указаны на схемах. По окончании ввода данных, при нажатии на кнопку «ОК», происходит выход в основное меню программы. Затем, активизировав закладку «Трансформаторы» и выбрав раздел «печатать», просматриваются результаты расчета.

Вывод на печать протокола происходит при нажатии функциональной клавиши F2.

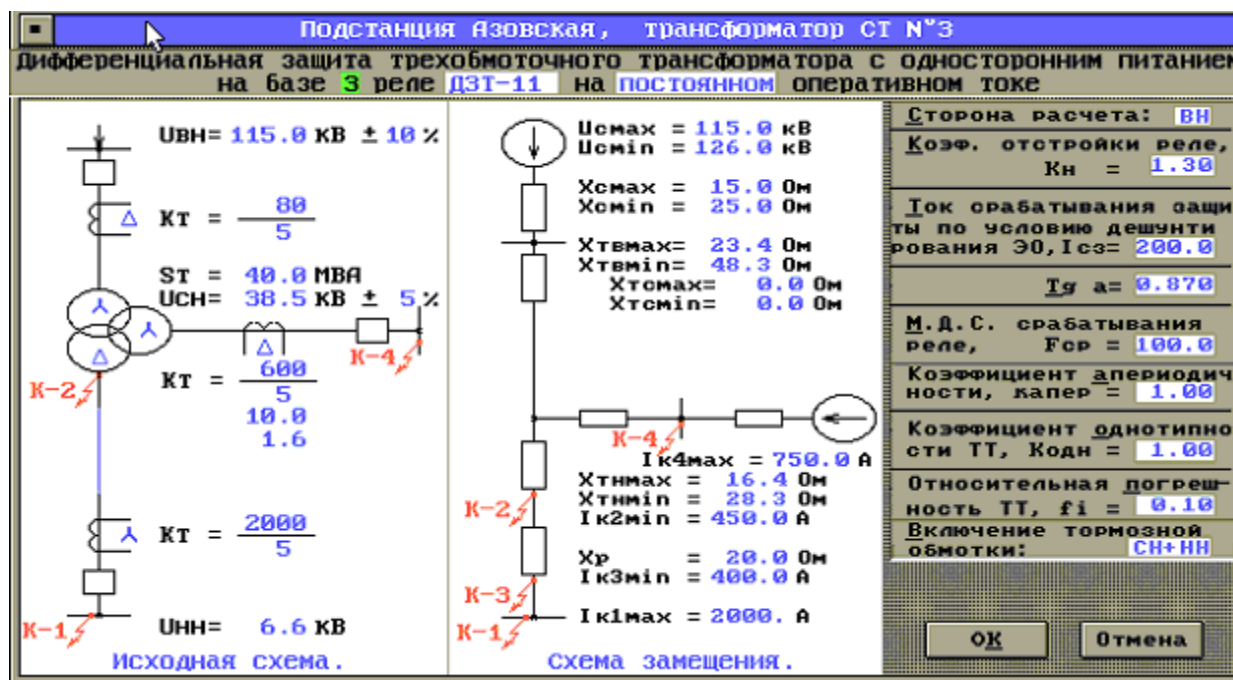


Рис.30. Вид экрана при вводе исходной информации

## Расчет трехступенчатой дистанционной защиты линий электропередачи

Последовательность расчета дистанционной защиты для линий электропередачи напряжением 35 и 110-330 кВ отличается в зависимости от структуры линии (имеются ответвления или нет), от уровня напряжения, от наличия участков из двух параллельных линий, от необходимости согласования с предыдущими защитами. Так как ППП «PROTECTLINES» предусматривает учет всех этих случаев при расчете уставок дистанционной защиты линий, то для пояснения работы с программой достаточно рассмотреть алгоритм любой локальной программы из данного пакета.

Ниже приводится последовательность расчета уставок трехступенчатой дистанционной защиты на примере линии электропередачи выполненной на напряжение 35 кВ и имеющей ответвления.

### Алгоритм расчета трехступенчатой дистанционной защиты ЛЭП 35 кВ.

#### *Токовая отсечка.*

По условию отстройки от тока к.з. в конце линии определяется первичный ток срабатывания отсечки  $I_{cp.oms}$ , (А):

$$I_{cp.oms} = K_n \cdot I_{k1max}, \quad (66)$$

где  $K_n$  - коэффициент надежности;

$I_{k1max}$  - ток, протекающий по линии при к. з. на ее конце, А.

Уставка по току  $I_{cp.p}$  вторичная, А:

$$I_{cp.p} = \frac{I_{cp.oms} \cdot K_{cx}}{n_m}, \quad (67)$$

где  $K_{cx}$  - коэффициент схемы;

$n_m$  - коэффициент трансформации ТТ.

Уставка по времени  $t_{отс} = 0.0$  сек.

#### *Дистанционная защита.*

Первая ступень.

1) Сопротивление срабатывания 1-й ступени защиты, Ом:

а) По условию отстройки от к.з. в конце линии:

$$Z_{cp.z} = 0.85 \cdot Z_l,$$

(68)

где  $Z_l$  - сопротивление линии, Ом.

б) Если необходимо, то проводится отстройка от к.з. в конце ответвления.

Сопротивление срабатывания 1-й ступени защиты принимается меньшее из полученных значений  $Z_{cp.z}$ .

2) Сопротивление срабатывания реле, Ом:

$$Z_{cp.p} = \frac{K_{cx} \cdot n_m \cdot Z_{cp.z}}{n_n}, \quad (69)$$

где  $n_n$  - коэффициент трансформации трансформатора напряжения.

3) Время срабатывания 1-й ступени защиты:  $T_{сраб} = 0.1$  сек.

4) Длина защищаемой линии, %:



$$L = Z_{c.з} \cdot 100 / Z_l. \quad (70)$$

5) Ток точной работы 1-й степени защиты, А:

$$I_{m.p} = \frac{I_{к2min}}{K_з \cdot n_m}, \quad (71)$$

где  $K_з$  - коэффициент запаса по току точной работы;

$I_{к2min}$  - минимальное значение тока к.з. в конце зоны резервирования, А.

6) Положение переключателя в цепях напряжения, %:

$$N_{\%} = (Z_{уст.min} / Z_{ср.р}) \cdot 100\%, \quad (72)$$

где  $Z_{уст.min}$  - минимальная уставка срабатывания, Ом.

Вторая ступень.

1) Сопротивление срабатывания 2-й степени защиты, Ом:

а) По условию отстройки от к.з. за трансформатором ответвления:

$$Z_{ср.з} = 0.85 \cdot (Z_l + Z_{омв} + Z_{тр.min}), \quad (73)$$

где  $Z_{омв}$  - сопротивление ответвления, Ом;

$Z_{тр.min}$  - сопротивление трансформатора, Ом.

б) По условию отстройки от к.з. за трансформатором противоположной п/ст:

$$Z_{ср.з} = 0.85 \cdot (Z_l + Z_{тр.min}). \quad (74)$$

в) Если необходимо, то проверяется по условию согласования с 1 ступенью защиты предыдущей линии или с 1 ступенью защиты, установленной на противоположном конце параллельной линии.

Сопротивление срабатывания 2-й степени защиты принимается меньше из полученных значений  $Z_{ср.з}$ .

2) Сопротивление срабатывания реле, Ом:

$$Z_{с.р} = \frac{K_{сх} \cdot n_m \cdot Z_{ср.з}}{n_n}. \quad (75)$$

3) Время срабатывания 2-й степени защиты, сек.:

$$T_{сраб} = T_{сраб.1} + dT;$$

$$T_{сраб} = T_{сраб.з} + dT, \quad (76)$$

где  $dT$  - степень селективности, сек.

Принимаем большее  $T_{сраб.2}$ .

4) Проверка чувствительности:

а) При к.з. в конце 1-й степени:

$$K_q = \frac{Z_{ср.з}}{Z_l}. \quad (77)$$

б) При к.з. в конце линии:

$$K_q = \frac{Z_{ср.з}}{Z_{л.сум}}. \quad (78)$$

в) При к.з. в зоне резервирования:

$$K_q = \frac{Z_{ср.з}}{Z_l}. \quad (79)$$

5) Ток точной работы 2-й степени защиты, А:

$$I_{m.p} = \frac{I_{\kappa 2 \min}}{K_3 \cdot n_m} \quad (80)$$

6) Ток срабатывания реле времени, А:

$$I_{p.в} = I_{уст} \cdot n_m, \quad (81)$$

где  $I_{уст}$  - ток уставки реле времени, А.

7) Положение переключателя в цепях напряжения:

$$N\% = (Z_{уст.min} / Z_{ср.р}) \cdot 100\%. \quad (82)$$

Третья ступень (пусковой орган).

1) Сопротивление срабатывания 3-й степени защиты, Ом:

а) По условию отстройки от минимального сопротивления при самозапуске двигателей нагрузки

$$Z_{ср.3} = \frac{U_{cmin}}{\sqrt{3} \cdot K_{сзн} \cdot I_{раб.макс} \cdot K_n \cdot K_в \cdot \cos(\varphi_{мч} - \varphi_n)}, \quad (83)$$

где  $U_{сmin}$  - минимальное напряжение сети при самозапуске, В;

$K_{сзн}$  - коэффициент самозапуска;

$I_{раб.макс}$  - максимальный рабочий ток нагрузки, А;

$K_в$  - коэффициент возврата реле;

$\varphi_{мч}$   $\varphi_n$  - соответственно углы максимальной чувствительности защиты и нагрузки, градусы.

б) Согласование с предыдущими защитами.

Сопротивление срабатывания 3-й степени защиты принимается меньшее из полученных значений  $Z_{ср.3}$ .

2) Сопротивление срабатывания реле, Ом:

$$Z_{с.р} = \frac{K_{сз} \cdot n_m \cdot Z_{ср.3}}{n_n}. \quad (84)$$

3) Время срабатывания 3-й степени защиты, сек.:

$$T_{сраб} = T_{сраб.2} + dT; \quad (85)$$

$$T_{сраб} = T_{сраб.3} + dT. \quad (86)$$

Принимаем большее  $T_{сраб.3}$ .

4) Проверка чувствительности:

а) При к.з. в конце 1-й степени:

$$K_q = \frac{Z_{ср.2з}}{Z_n}. \quad (87)$$

б) При к.з. в конце 2-й степени:

$$K_q = \frac{Z_{ср.2з}}{Z_n}. \quad (88)$$

в) При к.з. в конце линии:

$$K_q = \frac{Z_{ср.3з}}{Z_{л.сум}}. \quad (89)$$

г) При к.з. в зоне резервирования:

$$K_ч = \frac{Z_{cp2з}}{Z_л} . \quad (90)$$

6) Ток точной работы 3-й ступени защиты:

$$I_{m.p} = \frac{I_{к2min}}{K_з \cdot n_m} . \quad (91)$$

7) Ток срабатывания реле времени, А:

$$I_{p.в} = I_{уст} \cdot n_m . \quad (92)$$

8) Положение переключателя в цепях напряжения:

$$N\% = (Z_{уст.min} / Z_{cp.p}) \cdot 100\% . \quad (93)$$

9) Уставка тока на реле нулевой последовательности  $I_{cp.p} = 0,50A$  (вторич. )

После включения защищаемой линии под нагрузку и обязательного измерения тока небаланса в нулевом проводе защиты следует убедиться, что при  $I_{cp.p} = 0.50 A$  реле надежно отстроено.

### **Ввод исходной информации и порядок расчета**

ППП «PROTECTLINES» предназначен для расчета дистанционной защиты линий напряжением до 220 кВ. Уставки определяются для линий с ответвлениями и без ответвлений как для двухступенчатой, так и для трехступенчатой направленной или ненаправленной дистанционной защиты, поскольку при этом алгоритмы расчетов имеют свои особенности.

ППП «PROTECTLINES» работает под управлением операционных систем WINDOWS 3.11; 95, что является предпочтительным с точки зрения использования сервиса программ, а также из под NT и DOS.

Запуск ППП осуществляется из директории «PROTECT» вызовом файла PROTECT. EXE. На экране высветится основное меню пакета прикладных программ:

<b>Выбор условий отстройки</b>	<b>Установки</b>	<b>Расчет</b>	<b>Помощь</b>
--------------------------------	------------------	---------------	---------------

Закладка «Выбор условий отстройки» позволяет определить количество ступеней защиты, выбрать, в зависимости от конфигурации рассматриваемой линии, все необходимые условия отстройки и ввести параметры, характеризующие отобранные условия отстройки и согласования для каждой ступени.

Закладка «Установки» включает в себя разделы, содержащие информацию о наименовании подстанции, откуда питается защищаемая линия, наименовании присоединения и панели защиты, об общих, для данной линии, параметрах и сведений о трансформаторах тока и напряжения, панели защиты и реле, на котором выполнена защита.

Закладка «Расчет» содержит сервисные услуги по расчету и выводу его результатов на экран (принтер) или в виде протокола записывать в файл.

Закладка «Помощь» содержит информацию об авторских правах на программу, включает в себя встроенный калькулятор и сервисные услуги по загрузке русского шрифта в принтер, предусматривает временный сеанс с DOS и выход из программы

Ввод исходной информации, необходимой для расчета, происходит после выбора соответствующей ступени и условий ее отстройки в предложенном на экране монитора окне. Этот выбор осуществляется с помощью клавиши «SPACE», которой устанавливается или снимается значок  $\surd$ , характеризующий участие в расчете. Используя «мышь», курсор устанавливается в место ввода соответствующего параметра и активизирует рабочую область после двойного нажатия на левую клавишу «мыши». Все необходимые для расчета параметры указаны в активных окнах. По окончании ввода данных, при нажатии на кнопку «ESC», происходит выход в основное меню программы. Затем, активизируя закладку «Установки» и поочередно выбирая находящиеся там разделы, вводится информация о месте установки защиты, о параметрах ТТ, ТН и реле защиты, а также данные о местах к.з. и значения токов к.з. После ввода данных необходимо перейти к закладке «Расчет» и, просмотрев результаты расчета, вывести их на принтер или записать в файл.

Вывод на печать протокола происходит при нажатии функциональных клавиш F2 (загрузка в принтер русского шрифта) и F3 (печать документа).

## **ТЕМА 7. Программы, применяемые в расчетах изоляции и перенапряжения.**

### **Программа молниетвод.**

Здания и сооружения или их части в зависимости от назначения, интенсивности грозовой деятельности в районе местонахождения, ожидаемого количества поражений молнией в год должны защищаться в соответствии с категориями устройства молниезащиты и типом зоны защиты. Защита от прямых ударов молнии осуществляется с помощью молниеотводов различных типов: стержневых, тросовых, сетчатых, комбинированных (например, тросово-стержневых). Наиболее часто применяют стержневые молниеотводы, тросовые используют в основном для защиты длинных и узких сооружений. Защитное действие молниеотвода в виде сетки, накладываемой на защищаемое сооружение, аналогично действию обычного молниеотвода.

Защитное действие молниеотвода основано на свойстве молнии, поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические сооружения. Благодаря этому защищаемое здание, более низкое по сравнению с молниеотводом по высоте, практически не будет поражаться молнией, если всеми, своими частями оно будет входить в зону защиты молниеотвода. Зоной защиты молниеотвода считается часть пространства вокруг молниеотвода, обеспечивающая защиту зданий и сооружений от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Наименьшей и постоянной по величине степенью надежности обладает поверхность зоны защиты; по мере продвижения внутрь зоны надежность защиты увеличивается. Зона защиты типа А обладает степенью надежности 99,5% и выше, а типа Б — 95% и выше.

Здания и сооружения, относящиеся к I категории, подлежат обязательной молниезащите. Зона защиты должна обладать степенью надежности 99,5% и выше (зона А).

В зависимости от типа, количества и взаимного расположения молниеотводов зоны защиты могут иметь самые разнообразные геометрические формы. Оценка надежности молниезащиты на различных высотах производится проектировщиком, который в случае необходимости уточняет параметры молниезащитного устройства и решает вопрос о необходимости дальнейшего расчета.

Например, защита одиночным молниеотводом.

Для зоны Б высота одиночного стержневого молниеотвода при известных  $h_x$  и  $r_x$  может быть определена по формуле:

$$h = (r_x + 1,63) / 1,5. \quad (94)$$

Для зоны Б высота одиночного стержневого молниеотвода при известных  $h_x$  и  $r_x$  может быть определена по формуле:

$$h = (r_x + 1,63) / 1,5. \quad (95)$$

Таблица 13

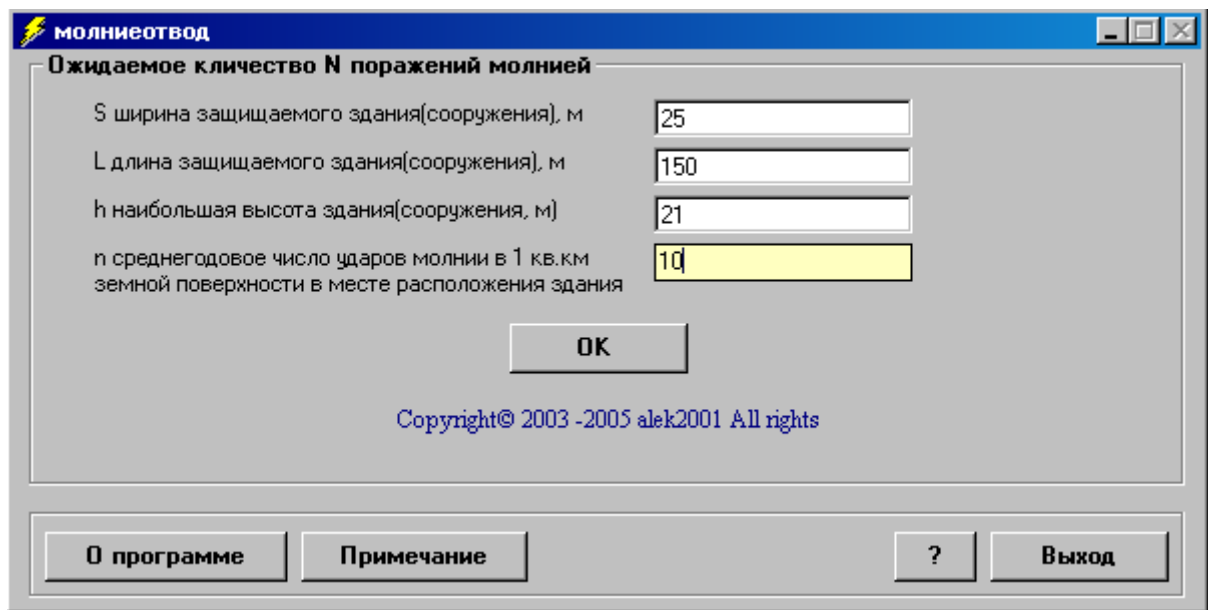
**Выбор одиночный стержневой молниеотвод высотой  $h \leq 150$  м**

Зона защиты	Зона А	Зона Б
высота зоны защиты $h_0$ над землей, м	$h_0 = 0.85 \cdot h$	$h_0 = 0.92 \cdot h$
радиус зоны защиты $r_0$ на уровне земли, м	$r_0 = (1.1 - 0.002h) \cdot h$	$r_0 = 1.5 \cdot h$
радиус зоны защиты $r_x$ на высоте $h_x$ над землей, м	$r_x = (1.1 - 0.002h) \cdot (h - h_x/0.85)$	$r_x = 1.5(h - h_x/0.92)$

Расчет защит: с двумя равновеликими молниеотводами, с двумя молниеотводами разной высоты, одиночным тросовым молниеотводом, двумя одиночными тросовыми молниеотводами осуществляется по [7, 8].

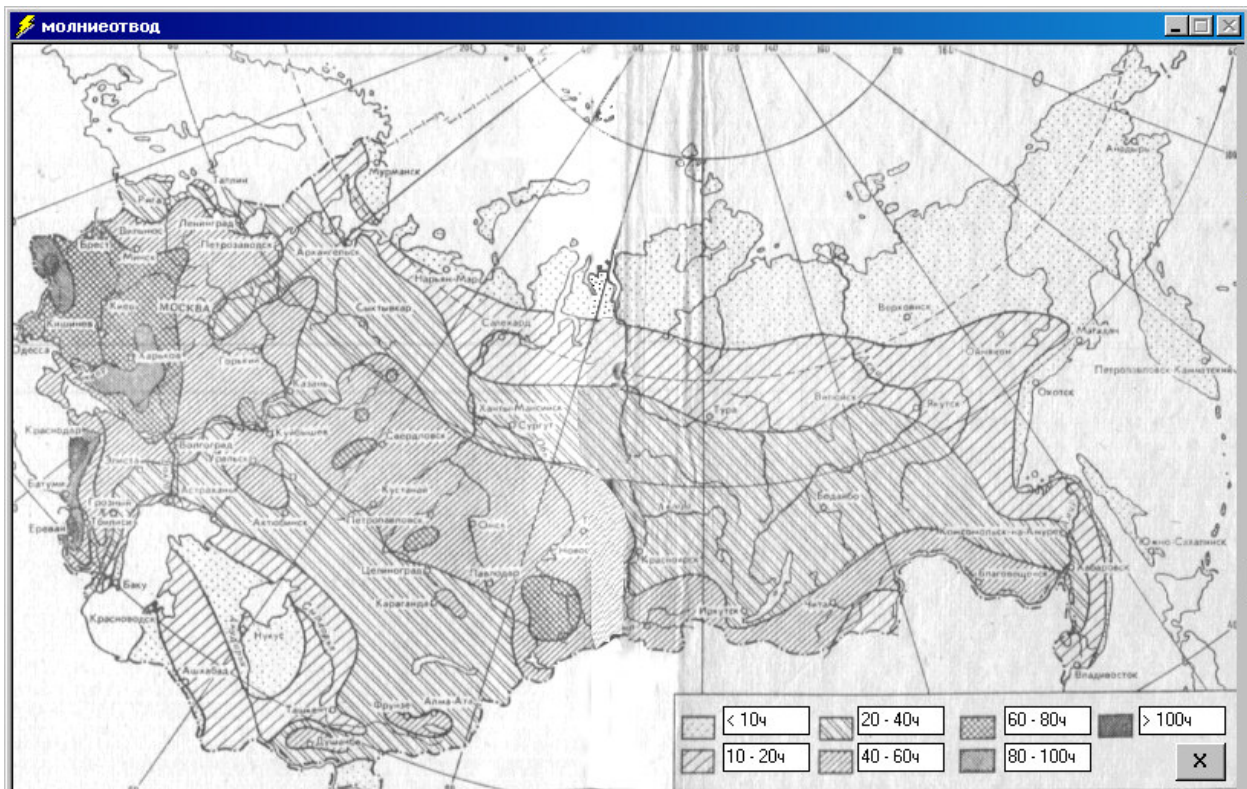
Расчет по программе «Молниеотвод» осуществляется согласно следующим этапам:

1). Установите длину, ширину и высоту здания или сооружения, которое собираетесь защищать.



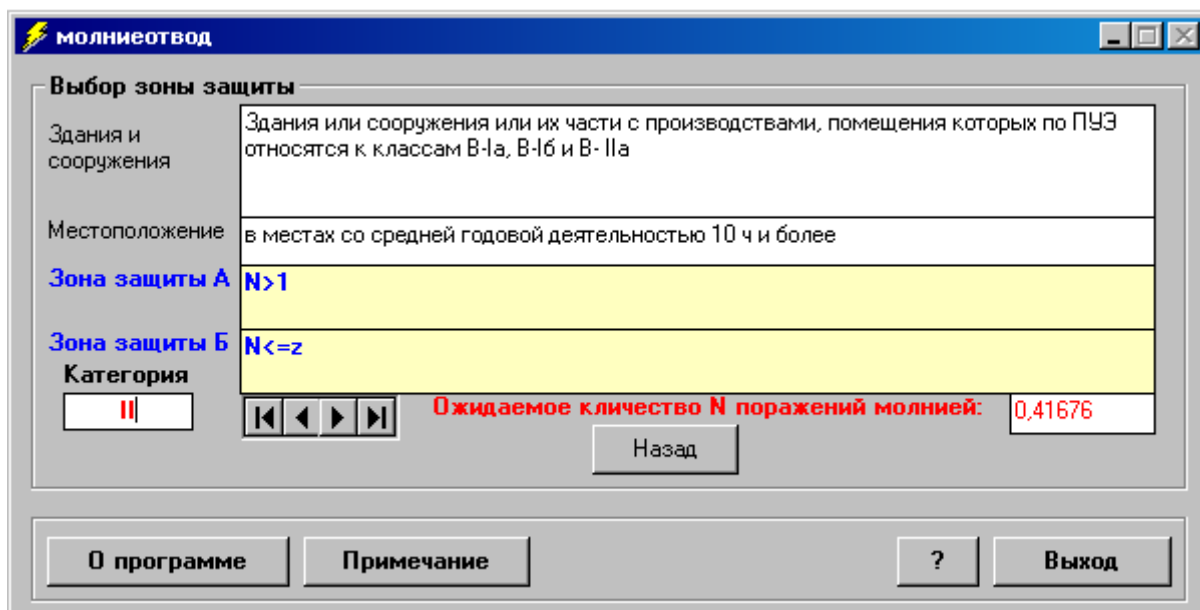
**Рис. 31.** Главное окно программы «Молниеотвод»

2) Щелкните мышью по последнему текстовому полю (желтое) и выберите  $n$  - среднегодовое число ударов молнии в 1 кв.км земной поверхности в месте расположения здания(сооружения) щелчком на соответствующем текстовом поле в нижней правой части карты.



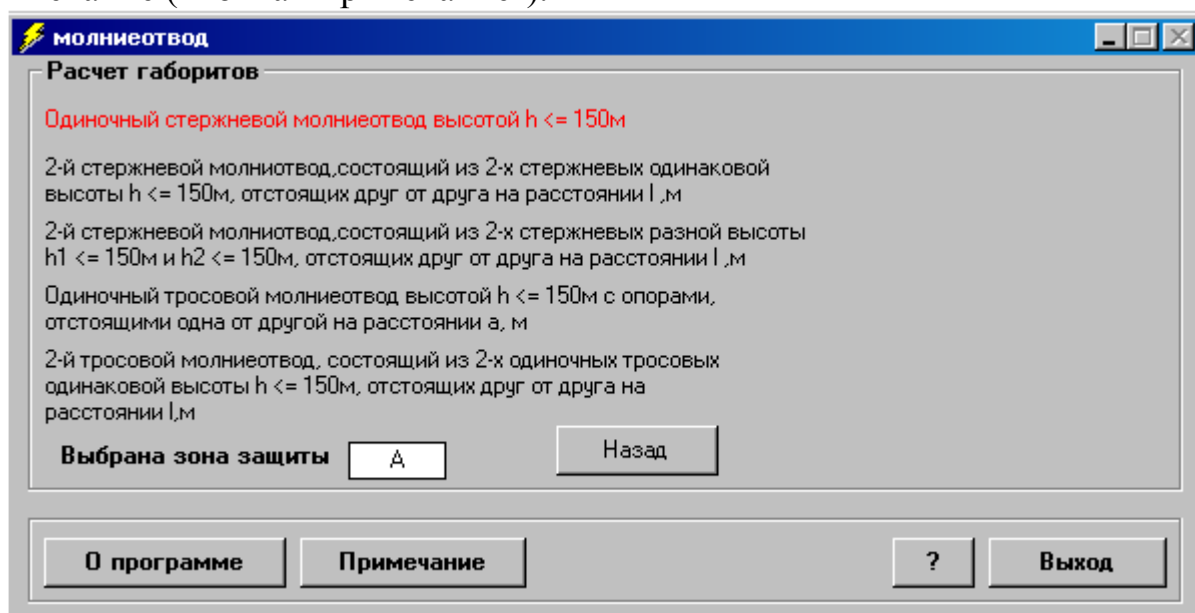
**Рис. 32.** Зоны

3) Выберите из базы данных категорию защищаемого здания/сооружения



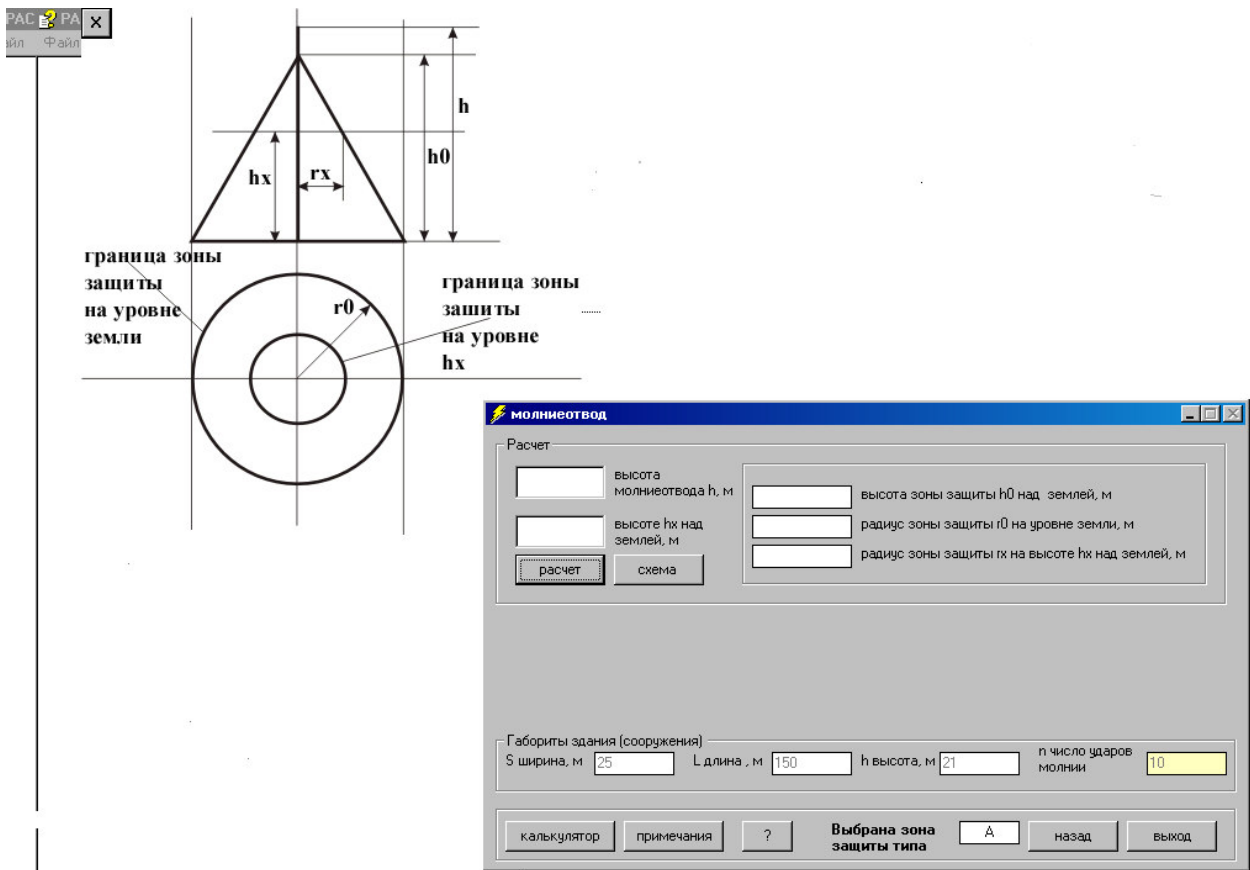
*Рис. 33.* Зоны защиты

4) Выберите зону защиты: А или Б (щелкните на выбранное желтое поле) в соответствии с N (ожидаемое количество поражений молнией). Читайте примечание (кнопка "Примечание").



*Рис. 34.* Расчет габаритов

5) Выберите из 5-ти схем соответствующую вам и щелкните.



**Рис. 35.** Расчет молниеотвода

б) Установите значения в левых текстовых полях и нажмите кнопку "Расчет", после чего будут определены зоны молниезащиты.

К каждому из пяти схем соответствует свое примечание (кнопка "Примечание"), там же находятся и формулы для расчета каждой схемы защиты.

Теоретические и практические вопросы расчета заземления.

Заземление электроустановок осуществляется преднамеренным электрическим соединением с заземляющим устройством, которое представляет собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников. Заземлитель - проводник или совокупность металлических соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей. Заземляющим проводником называется проводник, соединяющий заземляемые части заземлителя.

Различают следующие виды заземлений:

защитное - для обеспечения электробезопасности;

рабочее - для обеспечения нормальных режимов работы установки;

молниезащитное - для защиты электрооборудования от перенапряжений и молниезащиты зданий и сооружений. В большинстве случаев одно и то же заземление выполняет несколько функций одновременно.

Категория помещения ЗРУ 10 кВ выбрана в соответствии с ПУЭ/8/ - П1-помещения РУ напряжением выше 1 кВ.

Расчет заземления подстанции проводится по источнику:



Карякин Р.Н., Солнцев В.И. Заземляющие устройства промышленных электроустановок: Справочник электромонтажника / Под ред. А.Д. Смирнова и др. – Энергоатомиздат, 1989.

Пример расчета:

Исходные данные для расчета.

1) Характеристика установки: электроустановка напряжением  $U_{ном} = 10\text{кВ}$ . Наибольший ток через заземление при замыканиях на землю на стороне 10 кВ составляет 1,24 кА.

2) Периметр сооружения  $P = 60$  м.

3) В качестве вертикальных электродов выбираем уголок (размеры сторон соответственно 60\*60 мм) длиной 2 м, который погружаем ниже уровня земли на 0,7 м. При таком способе погружения сопротивление заземления относительно стабильно, так как заземлитель соприкасается со слоями грунта, в которых относительно малы изменения влажности и температуры в течение года. В качестве горизонтальных электродов выбираем полосы 40\*4 мм<sup>2</sup>, приваренные к верхним концам уголков.

4) Грунт в месте сооружения РП — суглинок (удельное сопротивление суглинка 100 Ом\*м; климатическая зона — 3).

5) В качестве естественных заземлителей РП используем железобетонные конструкции сооружений, имеющие надежное соединение с землей и с сопротивлением растеканию 0,8 Ом.

Используя исходные данные, рассчитаем заземляющее устройство.

Расположение вертикального заземлителя ниже уровня земли.

а) для стороны 10 кВ в соответствии с ПУЭ наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства для электроустановок напряжением выше 1 кВ и с токами замыкания на землю  $\geq 500$  А составляет  $R_3 = 0,5$  Ом.

б) Сопротивление искусственного заземлителя рассчитываем с учетом использования естественного заземлителя, включенного параллельно:

$$1/R_H = 1/R_3 + 1/R_e, \quad (96)$$

где  $R_3$  — расчетное сопротивление заземляющего устройства по ПУЭ;

$R_H$  — сопротивление искусственного заземлителя;

$R_e$  - сопротивление естественного заземлителя. На основании имеющихся данных записываем:

$$1/R_H = 1/0,5 + 1/0,8; \quad (97)$$

отсюда  $R_H = 1,33\text{Ом}$ .

в) Определяем расчетные удельные сопротивления грунта для горизонтальных и вертикальных заземлителей:

$$\rho_{p,\Gamma} = \rho_{y0} k_{\Pi,\Gamma}; \quad (98)$$

$$\rho_{p,B} = \rho_{y0} k_{\Pi,B}. \quad (99)$$

где  $\rho_{y0}$  — удельное сопротивление грунта (суглинок), равное 100 Ом\*м;

$k_{\Pi,B}$ ,  $k_{\Pi,\Gamma}$  — повышающие коэффициенты для вертикальных и горизонтальных электродов для заданной климатической зоны.

Повышающие коэффициенты для климатической зоны 3 принимаем равными 2 для горизонтальных протяженных электродов при глубине заложения 0,8 м и 1,4 — для вертикальных стержневых электродов длиной 2—3 м при глубине заложения из вершины 0,5—0,8 м.

Расчетные удельные сопротивления:

- для горизонтальных электродов:  $\rho_{p,r} = 100 * 2 = 200 \text{ Ом} * \text{м}$ ;

- для вертикальных электродов:  $\rho_{p,b} = 100 * 1,4 = 140 \text{ Ом} * \text{м}$ .

г) Определяем сопротивление растеканию одного вертикального электрода — уголка длиной 2 м при погружении ниже уровня земли на 0,7 м по формуле:

$$R_{O.B.Э} = \frac{\rho_{pB}}{2\pi d} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right). \quad (100)$$

При применении уголков для вертикальных электродов в качестве диаметра принимаем эквивалентный диаметр уголка:

$$d = d_{y,э} = 0,95b,$$

где  $b$  — ширина сторон уголка.

Для уголка с шириной полки  $b = 0,06 \text{ м}$ ;  $d = 0,95b = 0,95 * 0,06 = 0,057 \text{ м}$ .

$$R_{O.B.Э} = \frac{140}{2 * 3,14 * 2} \left( \ln \frac{2 * 2}{0,057} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 * 1,7 + 2}{4 * 1,7 - 2} \right) = 50,5 \text{ Ом}, \quad (101)$$

д) Определяем примерное количество вертикальных заземлителей при предварительно принятом коэффициенте использования. Коэффициент использования вертикальных электродов в случае размещения их по контуру без учета влияния горизонтальных электродов связи находим по справочным данным.

Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине  $d/l = 2$ ; так как  $d = 4 \text{ м}$ , принимаем, что расстояние между электродами равно 4 м;  $l = 2 \text{ м}$ , отсюда  $4/2 = 2$ .

Используя справочные данные, выбираем предварительно коэффициент использования:

$k_{u.э} = 0,66$  (при числе уголков порядка 60 и отношении  $d/l = 2$ ). Примерное число вертикальных заземлителей  $n$ :

$$n = \frac{R_{O.B.Э}}{k_{u.э} R_{II}}, \quad (102)$$

где  $R_{II}$  — необходимое сопротивление искусственного заземлителя;

$$n = \frac{50,5}{0,66 * 1,33} = 57,5.$$

е) Определяем сопротивление, которое оказывает току горизонтальный заземлитель, состоящий из полос  $40 * 4 \text{ мм}^2$ , приваренных к верхним концам уголков. Коэффициент использования соединительной полосы в контуре находим по справочным данным:  $k_{u,r} = 0,28$  (при числе уголков порядка 60 и отношении расстояния между вертикальными электродами к их длине  $d/l = 2$ ).

Сопротивление полосы находим по формуле:

$$R_{p\Gamma\Xi} = \frac{1}{k_{и,\Gamma}} \frac{\rho_{p,\Gamma}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}. \quad (103)$$

Расположение горизонтально протяженного заземлителя ниже уровня земли.

Расстояние между вертикальными электродами  $d = 4\text{ м}$ . Предполагаемое количество электродов 60, тогда периметр, по которому прокладываются горизонтальные полосы, будет составлять  $l = 60 * 4 = 240\text{ м}$ .

$$R_{p\Gamma\Xi} = \frac{1}{0,28} \frac{200}{2\pi * 240} \ln \frac{2 * 240^2}{0,04 * 0,7} = 0,47 * 15,2 = 7,16\text{ Ом}.$$

ж) Уточненное сопротивление вертикальных электродов

$$R_{B,\Xi} = \frac{R_{p\Gamma\Xi} R_{и}}{R_{p\Gamma\Xi} - R_{и}} = \frac{7,16 * 1,33}{7,16 - 1,33} = 1,63\text{ Ом}.$$

з) Уточненное число вертикальных электродов определяем при коэффициенте использования  $k_{и,\Xi} = 0,66$ , принятом из справочных данных при  $n = 60$  и  $d/l = 2$ .

$$n = \frac{R_{O.B.\Xi}}{k_{и,\Xi} R_{B,\Xi}} = \frac{50,5}{0,58 * 1,63} = 53,4.$$

Окончательно принимаем к установке 54 уголка, расположенных по контуру РП.

Изменение потенциала в пределах площадки, на которой размещены электроды заземлителя, происходит плавно; при этом напряжение прикосновения  $U_{np}$  и напряжение шага  $U_{ш}$  имеют небольшие значения по сравнению с потенциалом заземлителя  $\phi_3$ . Однако за пределами контура по его краям наблюдается крутой спад  $\phi_3$ . Чтобы исключить в этих местах опасные напряжения шага, которые особенно высоки при больших токах замыкания на землю, по краям контура за его пределами в первую очередь в местах проходов и проездов, укладывают в землю на различной глубине дополнительные стальные полосы, соединенные с заземлителем. Благодаря этому спад потенциала в этих местах происходит по пологой кривой.

Дополнительно к контуру на территории РП устанавливается сетка из продольных полос, расположенных на расстоянии 0,8—1 м от оборудования, с поперечными связями через каждые 6 м.

Эти неучтенные горизонтальные электроды уменьшают общее сопротивление заземления, проводимость их идет в запас.

и) Проверяем термическую стойкость полосы  $40 * 4\text{ мм}^2$ . Минимальное сечение полосы из условий термической стойкости при КЗ на землю определяем по выражению:

$$S_T = I_{расч} \sqrt{t_{II}} / C_T, \quad (104)$$

где  $I_{расч}$  — расчетный ток КЗ через проводник, А;  $t_{п}$  — приведенное время прохождения тока КЗ на землю, с;  $C_T$  — постоянная (для стали  $C_T = 74$ );  $I_{расч} = 1,24$  кА (из расчета токов КЗ);  $t_{п} = 1,25$  с.

Следовательно,  $s_T = 1240 \sqrt{1,25 / 74} = 18,7 \text{ мм}^2$ .

Таким образом, полоса  $40 \times 4 \text{ мм}^2$  условию термической стойкости удовлетворяет. Указанный расчет на практике оформляем в математическом пакете MathCad.

## **ТЕМА 8. Программы, применяемые систем электроснабжения: ZAPUSK и РОСА**

Программа «Роса» предназначена для расчета электрических сетей напряжением 0,4 - 6 -10 кВ (а также, любого другого значения). Она позволяет конструировать однолинейные схемы силовых электрических щитов 0,4 кВ, а также однолинейные схемы распределительных устройств 6-10 кВ из определенных элементов, наиболее часто встречающихся электроприемников, параметров сети в нормальном режиме (с двумя включенными вводами). Рассчитываются уставки релейной защиты на напряжение 6-10 (0,4) кВ.

Схема набирается из следующих элементов:

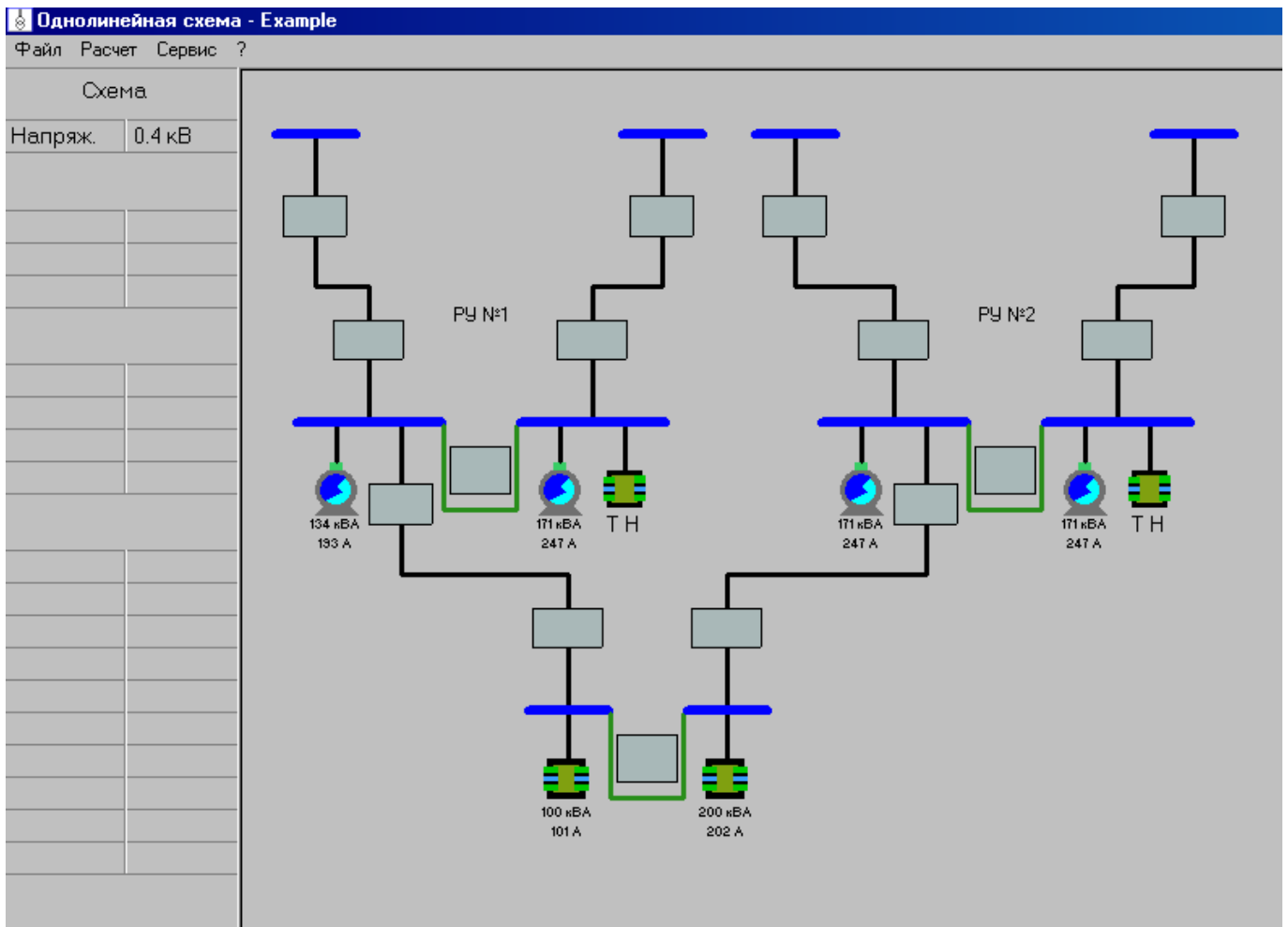
### ***Задание питающих центров.***

Питающие центры осуществляют общее питание схемы. Параметры питающего центра:

- название;
- номер;
- передаваемая мощность, кВа;
- передаваемый ток, А.

Операции над питающими центрами, доступные из всплывающего меню:

- добавить отходящую;
- копирование пит. центра – создание нового питающего центра. название и номер центра копируются в новый пит. центр.
- добавление секции – максимум 2 секции;
- создание пит. центра – создание нового пит. центра;
- перемещение пит. центра;
- параметры – изменение названия и номера питающего центра;
- удаление пит. центра – невозможно удалить единственный пит. центр.



**Рис. 36.** Главное окно программы «Роса»

После расчета схемы параметрам мощности и тока питающего центра присваиваются рассчитанные значения.

При редактировании схемы можно переносить пит. центр по полю схемы, удерживая левую клавишу мыши.

#### ***Задание параметров распределительных устройств.***

Распределительное устройство может включать в себя одну или две секции. На каждой секции могут быть двигатели, трансформаторы и отходящие линии. У секции должен быть ввод. Распределительное устройство (РУ) может иметь одну или две секции.

Операции над РУ, доступные из всплывающего меню:

- добавить отходящую – добавляется отходящая линия на первую или вторую секцию;
- создать РУ – создание нового РУ справа или снизу от текущего;
- копирование РУ – создание нового РУ справа или снизу от текущего и копирование всех отходящих присоединений из текущего ру в созданное;
- копирование 1-й секции – копирование всех отходящих присоединений с первой секции на вторую;
- параметры - изменение названия и номера РУ;
- удаление РУ – невозможно удалить единственное РУ на схеме;

- создание секции – создание второй секции. (для удаления секции необходимо вызвать всплывающее меню на любой отходящей линии или вводе, принадлежащем этой секции).

Если распредел. устройство имеет две секции, то при расчете учитывается секционный выключатель, для которого рассчитываются мощность и ток. При редактировании схемы можно переносить РУ по полю схемы, удерживая левую клавишу мыши.

На секции распределительного устройства могут быть отходящие присоединения пяти типов:

- ввод – осуществляет питание секции (если в распредел. устройстве две секции, то в аварийном режиме ввод питает также и соседнюю секцию через секционный переключатель);

- двигатель;

- трансформатор;

- собственно отходящая;

- разъединитель.

Общие операции над отходящими присоединениями:

- добавить такой же – добавление на текущую секцию точной копии отходящей;

- перемещение или копирование отходящей линии в пределах распределустройства;

- удаление отходящей линии;

- удаление секции – удаление секции, на которой находится данная отходящая линии;

- параметры (кроме вводов) – изменение параметров отходящей линии.

#### ***Ввод параметров двигателя:***

При изменении значений мощности (P, кВт), коэффициента мощности, кратности пускового тока, КПД, в программк автоматически рассчитывается мощность в кВА и ток по следующим формулам:

$$S=P/(Cos \cdot КПД), \quad (105)$$

$$I=S/(U \cdot \sqrt{3}), \quad (106)$$

где  $U$  -напряжение схемы.

При изменении значения мощности (S, кВА) автоматически рассчитывается ток по ранее приведенной формуле.

Если необходимо задать мощность S или ток, отличный от рассчитанного, то они вводятся в последнюю очередь.

При добавлении двигателя в РУ он устанавливается как работающий в нормальном и аварийном режимах.

#### ***Ввод параметров трансформатора.***

При изменении значений мощности (S, кВА) или коэффициента  $Kз$  автоматически рассчитывается ток по формуле:

$$I=S \cdot Kз/(U \cdot \sqrt{3}), \quad (107)$$

где  $Kз$  -коэффициент загрузки трансформаторов

#### ***Ввод параметров отходящего присоединения***

Параметры отходящего присоединения являются не обязательными, если данная присоединение будет использоваться для питания другой секции. В этом случае параметры будут рассчитываться автоматически.

Если отходящая линия не будет соединяться с чем-либо, то необходимо задать ее параметры.

При изменении значения мощности ( $S$ , кВА) автоматически рассчитывается ток по формуле: ь

$$I = S / (U \cdot \sqrt{3}), \quad (108)$$

где  $U$  – напряжение схемы.

Если необходимо задать ток, отличный от рассчитанного, то он вводится после ввода мощности.

Параметр «номер щита» – является пояснительным и в расчетах не участвует.

#### ***Расчет в нормальном режиме***

Расчет проводится по двум параметрам – мощности (кВА) и току.

Рассчитывается суммарное потребление секции распределительного устройства. а параметрам ввода данной секции шин присваиваются вычисленные мощность и ток.

Далее по всем секциям всех РУ.

Если схема неразрешима будет выдано соответствующее сообщение.

#### ***Расчет в аварийном режиме (автоматический расчет)***

При автоматическом аварийном расчете последовательно, по одному, отключаются все вводы и вычисляются максимально возможные  $S$  и  $I$  на всех вводах и секционных переключателях.

При расчете все переключки считаются отключенными.

Алгоритм расчета в аварийном режиме описан в разделе документации программы «Расчет в аварийном режиме (ручной)».

После определения максимально возможных токов, рассчитывается трансформатор тока и уставки релейной защиты для каждой отходящей линии и секционного выключателя. Выбор назначения двигателей «рабочий в аварийном режиме» служит для вычисления параметров секционного выключателя в аварийном режиме.

В этом режиме при активизации мышкой какой-либо отходящей линии или ввода автоматически красным цветом выделяется соединение, при разрыве которого на активизированной отходящей линии будет максимальная нагрузка.

#### ***Расчет в аварийном режиме (ручной)***

В данном режиме расчета имеется возможность отключать любые соединения и производить расчет при полученном состоянии схемы. Переключки в начальном состоянии разомкнуты и выделены желтым цветом.

Для отключения соединения можно либо щелкнуть два раза по нужной отходящей линии, либо выбрать из всплывающего меню на этой отходящей линии пункт «отключить». Такие же операции проводятся для соединения распреустройств переключками.

После отключения соединения, оно будет выделено красным цветом (или желтым для переключек) и схема будет пересчитана.

### ***Алгоритм расчета.***

Если какой-либо ввод распреустройства отключен, то вся нагрузка ложится на второй ввод, и его параметры рассчитываются как сумма рабочей нагрузки двух секций. В этом случае параметры секционного выключателя принимаются как большие из нагрузок одной из секций, и он отображается на схеме другим цветом (при этом в расчете принимают участие только двигатели, у которых установлен признак «рабочий в аварийном режиме»). Данный алгоритм применен и для расчета тока в вычислении уставок релейной защиты.

Перемычка может быть включена только если у одного из соединенных с ней распределительных устройств отключены оба ввода. При этом перемычка принимает на себя нагрузку не большую, чем указано в параметре отходящей линии, которая образует эту перемычку. При включении перемычки в списке параметров одной из отходящих линий, образующих эту перемычку, указывается величина тока, который необходим для питания распреустройства. Если эта величина больше установленного тока перемычки, то параметр выделяется красным цветом. Если у распределительного устройства имеется несколько включенных перемычек, то ток распределяется между ними пропорционально току, установленному для перемычки.

После отключения некоторых соединений может возникнуть ситуация когда ток в нескольких отходящих линиях (вводах) превышает максимальный ток рассчитанный в автоматическом режиме. Тогда параметры этих отходящих линий (вводов) будут выделены светлым цветом и в левой части экрана в списке параметров отходящей линии (ввода) появится величина превышения рассчитанного тока над принятым максимальным током для этой отходящей линии. Если такой ток является приемлемым можно нажать клавишу «Принять» и трансформаторы тока и уставки будут пересчитаны с учетом этого тока.

### **Определение расчетных электрических нагрузок**

Расчет электрических нагрузок является одной из формализуемых проектных процедур, которые наиболее легко поддаются автоматизации с помощью ЭВМ.

Определение расчетных электрических нагрузок, построение из них картограммы, а также определение центра электрических нагрузок (ЦЭН) и эллипса зоны рассеяния ЦЭН представляют собой самостоятельные разделы проекта. Однако при расчетах на ПК их целесообразно рассматривать совместно по причинам общности исходных данных, взаимосвязанности расчетов (результаты одного расчета могут использоваться в качестве исходных данных для другого).

### **Определение расчетных электрических нагрузок для выбора силового трансформатора и распределительной сети**

В основу программы положен алгоритм расчета электрических нагрузок, на основе циркуляра ВНИПИ Тяжпромэлектропроекта № 358-90 от 1 августа 1990 г., являющегося последней разработкой в этой области.

Электрические нагрузки определяются по формулам



$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n p_{ном i} ; Q_{ном} = \sum_{i=1}^n p_{ном i} \cdot tg \varphi_i , \quad (109)$$

где  $p_{ном i}$  - номинальная активная мощность электроприемника, кВт;  
 $P_{ном}$ ,  $Q_{ном}$  - соответственно номинальные активная и реактивная мощности группы электроприемников, кВт и кВАр;  
 $tg \varphi_i$  - паспортное или справочное значение коэффициента реактивной мощности.

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n p_{cp i} = \sum_{i=1}^n p_{ном i} \cdot k_{u_i} ; Q_{cp} = \sum_{i=1}^n p_{cp i} \cdot tg \varphi_i , \quad (110)$$

где  $P_{cp}$ ,  $Q_{cp}$  - соответственно групповая средняя активная или реактивная мощность за период времени  $t$ , кВт или кВАр.

$$k_{u_{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ном i} \cdot k_{u_i}}{\sum_{i=1}^n p_{ном i}} ; tg \varphi_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ном i} \cdot tg \varphi_i}{\sum_{i=1}^n p_{ном i}} , \quad (111)$$

где  $k_{Иi}$ ,  $k_{Иcp}$  - соответственно коэффициент использования одного электроприемника и средневзвешенный коэффициент использования ;  
 $tg \varphi_{cp}$  - средневзвешенный коэффициент реактивной мощности.

$$n_{эф} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ном i}}{P_{ном max}} , k_p = f(n_{эф} ; k_{u_{cp}}) , \quad (112)$$

где  $n_{эф}$  - эффективное число электроприемников;  
 $P_{ном max}$  - номинальная мощность наиболее мощного электроприемника группы, кВт;  
 $k_p$  - коэффициент расчетной нагрузки.

$$P_p = k_p P_{cp} ; Q_p = k_p Q_{cp} \\ \text{или } Q_p = 1,1 Q_{cp} \text{ при } n_{эф} \leq 10 \text{ и } k_p \geq 1 ; \\ Q_p = Q_{cp} \text{ при } n_{эф} \geq 10 \text{ и } k_p \leq 1 , \quad (113)$$

где  $P_p$ ,  $Q_p$  - соответственно расчетные активная и реактивная мощности, кВт или кВАр.

### **Последовательность расчета электрических нагрузок.**

Расчет проводится с использованием пакета прикладных программ (ППП) «ZAPUSK», позволяющего определять расчетные трехфазные и однофазные нагрузки приемников электроэнергии напряжением до 1000 В и выше 1000 В.

1) Расчет выполняется по форме Ф636-90.

2) Исходные данные для расчета принимаются на основании технологических таблиц-заданий и справочных материалов.

При этом:

а) все электроприемники группируются по характерным категориям;

б) резервные электроприемники при вычислении расчетной мощности не учитываются;

в) для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода;

г) мощности всех электродвигателей приводятся к ПВ=100%.

д) определяются средние активные и реактивные мощности каждой характерной группы.

3) определяется средневзвешенный коэффициент использования.

4) определяется эффективное число электроприемников.

5) в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и эффективного числа электроприемников определяется коэффициент расчетной нагрузки.

6) определяются расчетные активная и реактивная мощности.

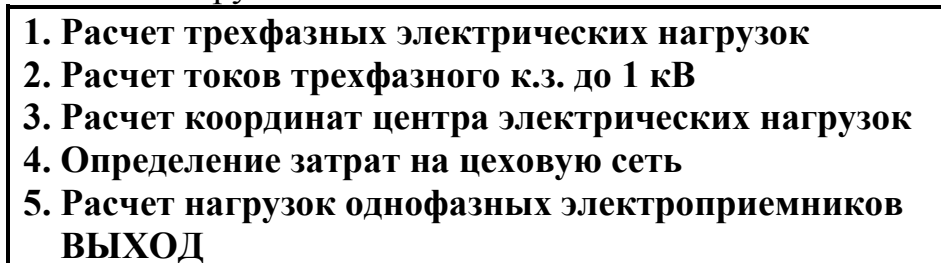
7) к расчетным силовым нагрузкам добавляются осветительные нагрузки.

8) определяются расчетные мощности на шинах питающей подстанции с учетом коэффициента разновременности максимумов.

Для облегчения процесса проектирования и успешного усвоения студентами методики расчета электрических нагрузок с помощью персонального компьютера работа с пакетом прикладных программ проводится в диалоговом режиме «человек-машина».

#### **Ввод исходной информации.**

В главном меню ППП «ZAPUSK» выбирается нужный раздел «Расчет трехфазных электрических нагрузок», который состоит из двух локальных программ: «Определение трехфазных электрических нагрузок», «Расчет осветительных нагрузок».



*Рис. 37.* Главное меню ППП «ZAPUSK»

**«Расчет осветительных нагрузок» (последовательность).**

1) Ввести номинальное напряжение сети, кВ .....

2) Ввести следующие параметры  $\lambda$ ,  $F$ ,  $K_c$ ,  $tg\varphi$  .....

где  $\lambda$  - удельная плотность осветительной нагрузки, кВт/м<sup>2</sup>;

$F$  - площадь структурной единицы (цех, завод, поселок и т.д.), м<sup>2</sup>;

$K_c$  - коэффициент спроса осветительной нагрузки;

$tg\varphi$  - коэффициент мощности осветительной нагрузки.

Ввод параметров осуществляется через запятую, в виде массива. После окончания ввода данных, при нажатии клавиши «ENTER», на экране монитора появятся результаты расчета. Повторным нажатием клавиши «ENTER» осуществляется выход в главное меню.

**«Определение трехфазных электрических нагрузок»**

1) Ввести номинальное напряжение сети, кВ .....

2) Ввести число характерных категорий .....

3) Вводятся ли результаты предыдущего расчета (да -1, нет -0) .....

Если выбран 0, то переход к пункту 4), если 1, то необходимо через запятую ввести следующие данные: « $N_{\phi}$ ,  $P_{ном}$ ,  $P_{ср}$ ,  $Q_{ср}$ ,  $P_p$ ,  $Q_p$ , Кол-во типов электроприемников»,

где  $N_{\phi}$  - фактическое количество электроприемников;

$P_{ном}$ ,  $P_{ср}$ ,  $Q_{ср}$ ,  $P_p$ ,  $Q_p$  - соответственно номинальные, средние, расчетные активные и реактивные мощности, (кВт, кВАр).

4) Выбор подпрограмм расчета электрических нагрузок: .....

1 - для выбора силового трансформатора;

0 - для выбора распределительной сети.

а) Ввести суммарное число типов х.к. ....

б) Есть ли в х.к. электроприемники с опережающим током (да-1, нет -0) ..... при выборе 0 переход к пункту в), а при выборе 1 вводятся исходные данные:  $N$ ,  $P_{ном}$ ,  $K_u$ ,  $tg\varphi$ , к.п.д. ....

в) Есть ли в характерной категории К.У. (да-1,нет -0).....

при наличии компенсирующих устройств вводится значение  $Q_{нкф}$ , кВАр.

г) Ввести наибольшую активную мощность единичного электроприемника в характерной категории  $P_{max}$ , кВт .....

д) В зависимости от выведенных на экран монитора значений  $n_{\phi}$  и  $K_{иср}$  вводится коэффициент расчетной нагрузки  $K_p$  (из табл. цирк. №358-90) .....

После этого на экран монитора выводятся результаты расчета по данной характерной категории, а затем, в зависимости от подпрограммы расчета, результаты расчета нагрузок силового трансформатора или распределительной сети.

Выход в главное меню, по окончании расчета, производится путем нажатия клавиши «ENTER».

### «Расчет нагрузок однофазных электроприемников».

После выбора в главном меню нужного раздела начинается режим диалога в следующей последовательности.

1) Есть ли электроприемники включенные на фазное напряжение (да - 1, нет - 0).....при выборе 0 осуществляется переход к пункту 2, при выборе 1 необходимо ввести:

а) количество типов этих электроприемников.....

б) количество электроприемников 1-го типа.....

в) данные электроприемников  $PВ$ ,  $S_{ном}$ ,  $cos\varphi$ ,  $K_u$ ,

где  $PВ$  - продолжительность включения в о.е.,

$S_{ном}$  - номинальная мощность ЭП при фактической ПВ, кВА,

$cos\varphi$  - коэффициент мощности.

2) Есть ли ЭП включенные на линейное напряжение (да -1, нет -0).....

при выборе 0 - переход к пункту 3, при выборе 1 необходимо ввести данные аналогично подпунктам а) - в) пункта 1).

3) Распределение (по возможности равномерно) однофазных электрических нагрузок по парам фаз.

На экран монитора выводится подсказка в виде примера, по образцу которой необходимо представить исходные данные.

4) Вводятся суммарные мощности нагрузок по парам фаз и по фазам  $P(AB), P(BC), P(CA), P(AO), P(BO), P(CO)$

5) Расчет средней мощности по фазе  $A$ :

а) Сколько групп ЭП включено на пару фаз  $(AB)$ .....

б) Для каждой группы вводятся данные  $N, K_u(AB), P(AB), p(AB)A, q(AB)A$ ,

где  $n$  - количество ЭП в группе;

$K_u(AB)$  - коэффициент использования ЭП в паре фаз  $AB$ ;

$P(AB)$  - активная мощность ЭП в паре фаз  $AB$ ;

$p(AB)A, q(AB)A$  - коэффициенты приведения нагрузок в зависимости от значений  $K_u$  и  $\cos\varphi$ .

в) Затем необходимо ввести  $P(AO), Q(AO)$ -мощности фазных нагрузок фазы  $A$ .

Пункт 5) повторяется для пар фаз  $(BC)$  и  $(CA)$  в том же порядке и на экран монитора выводятся результаты расчета средних активных и реактивных мощностей для каждой фазы.

6) Вводится номинальная мощность наиболее загруженного ЭП однофазного тока  $P_{н.о. max}$ .....

7) Вводится коэффициент расчетной нагрузки в зависимости от  $K_{И ср}$  и  $n_{эф}$ .

После этого на экран монитора выводятся результаты расчета и при нажатии клавиши «ENTER» осуществляется выход в главное меню.

### **Построение картограммы электрических нагрузок. Определение центра и зоны рассеяния центра электрических нагрузок**

При проектировании системы электроснабжения (электрической сети) разрабатывается генеральный план проектируемого объекта, на который наносятся все точки потребления электроэнергии. Источник питания целесообразно устанавливать максимально приближенным к центру электрических нагрузок, т.к. при этом технико-экономические показатели оказываются близкими к оптимальным. Для определения ЦЭН при проектировании на генеральный план наносится картограмма нагрузок, представляющая собой размещенные на генплане окружности. Площади, ограниченные этими окружностями, в выбранном масштабе равны расчетным нагрузкам потребителей электроэнергии

$$P_i = \pi \cdot R_i^2 \cdot m, \quad (114)$$

где  $R_i$  - радиус круга, соответствующего  $i$ -той точке потребления, мм;  
 $m$  - масштаб для определения площади круга, кВт/мм<sup>2</sup>.

Из выражения (2.6) находится радиус  $i$ -го круга

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}}, \quad (115)$$

Каждый круг может быть разделен на секторы низковольтной и высоковольтной (осветительной или силовой) нагрузки. В этом случае

картограмма дает представление не только о величине, но и о ее структуре. Картограммы следует наносить на генеральный план отдельно для активной и реактивной нагрузок, поскольку питание активных и реактивных нагрузок может производиться от различных источников питания. Таким образом рекомендуется иметь два генплана: один с картограммой активных (для выбора места расположения источника питания), другой с картограммой реактивных нагрузок (помогает определить рациональное распределение компенсирующих устройств в конкретной схеме).

Координаты центра электрических нагрузок для  $k$ -го часа суток определяются по формулам:

$$x_k = \frac{\sum_{i=1}^n P_i k_{ik} x_i}{\sum_{i=1}^n P_i k_{ik}} ; \quad y_k = \frac{\sum_{i=1}^n P_i k_{ik} y_i}{\sum_{i=1}^n P_i k_{ik}}, \quad (116)$$

где  $P_i$  - мощность  $i$ -той точки потребления, кВт;

$x_i, y_i$  - координаты центра тяжести фигуры  $i$ -той точки потребления;

$k_{ik}$  - мощность  $i$ -го приемника в  $k$ -тый час суток в процентах от  $P_i$ .

Математические ожидания координат ЦЭН равны

$$Q_x = \sum_{k=1}^{24} x_k / 24 ; \quad Q_y = \sum_{k=1}^{24} y_k / 24, \quad (117)$$

Для определения значения полуосей эллипса рассеяния ЦЭН необходимо знать среднеквадратичные отклонения координат центра, т.е.

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{k=1}^{24} (Q_x - x_k)^2 / 24} ; \quad \sigma_y = \sqrt{\sum_{k=1}^{24} (Q_y - y_k)^2 / 24}, \quad (118)$$

Коэффициент корреляции координат центров нагрузок равен

$$K_k = \frac{\sum_{k=1}^{24} (x_k - Q_x) \cdot (y_k - Q_y)}{24 \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad (119)$$

Зная эти величины, определяется угол поворота осей эллипса относительно выбранной системы координат

$$\alpha = \frac{\arctg\left(\frac{2K_k \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}{\sigma_x^2 \cdot \sigma_y^2}\right)}{2}, \quad (120)$$

Полуоси эллипса рассеяния определяются

$$X = \sqrt{6} \cdot (\sigma_x^2 \cdot \cos^2 \alpha + K_k \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sin 2\alpha + \sigma_y^2 \cdot \sin^2 \alpha); \quad (121)$$

$$Y = \sqrt{6} \cdot (\sigma_x^2 \cdot \sin^2 \alpha - K_k \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y \cdot \sin 2\alpha + \sigma_y^2 \cdot \cos^2 \alpha).$$

Расчет проводится с использованием ППП «ZAPUSK» или по локальной программе «POWSUP».

В главном меню ППП выбирается раздел «Расчет координат ЦЭН» и ввод исходных данных осуществляется в следующем порядке:

- 1) Вводится количество узлов.....
- 2) Вводится масштаб.....

3) На экране монитора появляются типы характерных графиков электрических нагрузок (в ППП предусмотрена возможность добавления графиков нагрузок путем введения новых данных в базу данных DAN 1)

<b>Виды графиков</b>	
<b>1</b>	<b>Автоматы</b>
<b>2</b>	<b>Станки с ЧПУ</b>
<b>3</b>	<b>Крупные станки</b>
<b>4</b>	<b>Мелкие станки</b>
<b>5</b>	<b>Сварочные аппараты</b>
<b>6</b>	<b>Вентиляторные установки</b>
<b>7 и далее</b>	<b>Резерв</b>

*Рис. 38.* Меню выбора электроприемника

4) Ввод исходных данных по точкам потребления электроэнергии осуществляется заполнением базы данных в виде таблицы 14.

5)

*Таблица 14*

**Ввод параметров потребителя**

<b>Введите</b>				
<b>Номер строки</b>	<b>Тип станка, цеха, точки потребления</b>	<b>Мощность ЭП или цеха (мВт, кВт)</b>	<b>Координата по X</b>	<b>Координата по Y</b>

В графе «номер строки» вводится порядковый номер записи для точки потребления согласно генеральному плану, в графе «тип станка» вводится порядковый номер записи из табл. характерных графиков (при отсутствии типовой записи необходимо заполнить базу данных DAN 1), затем вводятся мощность ЭП или точки потребления и координаты по X и по Y.

б) После окончания ввода данных на экран выводится запрос об имени файла в который будут записываться результаты расчета, а затем после его ввода происходит переход в главное меню.

Добавление информации в базу данных DAN 1 осуществляется следующим образом: в окне «NORTONCOMMANDER» или «DOSNAVIGATOR» выбирается файл DAN 1, затем с помощью функциональной клавиши F4 вызывается встроенный редактор и согласно предыдущим записям (в той же последовательности) вносятся необходимые дополнения или изменения в данные.

## ТЕМА 9. Программы, применяемые в расчетах механической части ВЛ - MLEP

### **Теоретическая часть.**

Сечение провода ВЛ определяется расчетом или заданием.

Определенное расчетом сечение провода необходимо проверить по условиям механической прочности согласно ПУЭ.

Исходные данные

Номинально напряжение сети  $U_{ном}$ , кВ.

Сечение провода, мм<sup>2</sup>

Максимальная температура воздуха  $t_{max}^0$ , °С.

Минимальная температура воздуха  $t_{минт}^0$ , °С.

Среднегодовая температура воздуха  $t_{э}^0$ , °С.

Температура гололедобразования  $t_{гол}^0$ , °С

Район по гололеду.

Район по ветру.

Расчетные климатические условия и мероприятия по повышению механической прочности ВЛ выбираются в соответствии с картами районирования территории страны по скоростным напорам ветра, размерам гололедных образований и грозовой активности.

Максимальный нормативный скоростной напор ветра на высоте до 15 м от поверхности земли определяется по табл.2.5.1. ПУЭ. Нормативная толщина стенки гололеда для высоты 10 м над поверхностью земли определяется по табл. 2.5.3. ПУЭ.

### **Выбор типов опор**

При выборе типов опор необходимо руководствоваться ПУЭ. НТП (нормы технологического проектирования ВЛ) и справочными материалами, действующими на момент проектирования.

При выборе типов опор, а также при определении расчетных нагрузок необходимо исходить из наиболее невыгодных сочетаний климатических условий, наблюдаемых не реже:

- раз в 15 лет для ВЛ 500 кВ;

- раз в 10 лет для ВЛ 330-110-6 кВ; раз в 5 лет для ВЛ 3 кВ и ниже.

Исходя из расчетного сечения провода принимается тип промежуточных и анкерных опор с учетом нормативной толщины стенки гололеда.

Для выбранного типа опор принимается;

длина габаритного пролета  $l_{габ}$ , м;

длина весового пролета  $l_{вес}$ , м;

длина ветрового пролета  $l_{вр}$ , м.

### **Определение скоростного напора ветра на провода вл**

Скоростной напор ветра на провода ВЛ определяется по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов (ЦТ), скоростной напор на тросы - по высоте расположения центра тяжести тросов. При расположении центра тяжести на высот до 15 м скоростной напор принимается по табл. 2.5.1. ПУЭ. При расположении центра тяжести на высоте более 15 м от поверхности земли скоростной напор определяется путем умножения значения напора, указанного в табл. 2.5.1., на поправочный коэффициент, учитывающий возрастание скорости ветра по высоте (табл.2.5.2. ПУЭ).

Высота расположения приведенного ЦТ проводов или тросов  $h_{пр}$  определяется для габаритного пролета по формуле:

$$h_{np} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{npi}}{n}, \quad (122)$$

где  $h_{npi}$  – высоты ЦТ отдельных проводов;  
 $n$  – число проводов.

Высоты ЦТ отдельных проводов определяются по формуле:

$$h_{npi} = h_i - \frac{2}{3} f_{\max}, \quad (123)$$

где  $h_i$  – высота крепления  $i$ -го провода на опоре;

$f_{\max}$  – максимальная стрела провеса провода.

Стрела провеса определяется по формуле:

$$f_{\max} = h_1 - h_{габ} - \Delta h_{габ} \quad (124)$$

где  $h_{габ}$  – габарит нижнего провода, м.

$\Delta h_{габ}$  – поправка на неточность подвеса, м.

$h_1$  – высота крепления провода на опоре, м.

### Расчет удельных механических нагрузок

Удельные нагрузки на провода и тросы учитывают механические силы от веса и гололедных образований, а также давление ветра на провода без гололеда или с гололедом.

Удельные нагрузки относятся к единице длины и единице поперечного сечения провода или троса и применяются во всех расчетах конструктивной части ВЛ в качестве исходных данных.

Нагрузка от массы провода:

$$\gamma_1 = g \frac{G_0}{F_p}, \quad (125)$$

где  $g=9,81$  м/сек<sup>2</sup>;

$G_0$  – масса 1 м провода, кг/м;

$F_p$  – расчетное сечение провода, м<sup>2</sup>.

Нагрузка от массы гололеда:

$$\gamma_2 = g \cdot \frac{g_0 \cdot \pi \cdot b \cdot (d+b)}{F_p}, \quad (126)$$

где  $b$  – толщина стенки гололеда, м;

$g_0$  – плотность льда, кг/ м<sup>3</sup>;

$d$  – диаметр провода, м.

Нагрузка от массы провода и гололеда:

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2 \quad (127)$$

Нагрузка от давления ветра на провод без гололеда:

$$\gamma_4 = \frac{a \cdot C_x \cdot q_{\max} \cdot k_q \cdot d}{F_p}, \quad (128)$$



где  $a$  – коэффициент учитывающий неравномерность скорости ветра по длине пролета

$q_{max}$  – скоростной напор ветра, Па;  
 $C_x$  – аэродинамический коэффициент;  
 $k_q$  – поправочный коэффициент

Удельная нагрузка от давления ветра на провод с гололедом:

$$\gamma_5 = \frac{a \cdot C_x \cdot 0,25 \cdot q_{max} \cdot (d + 2b)}{F_p} \quad (129)$$

Суммарная удельная нагрузка на провод от его массы и давления ветра:

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2} \quad (130)$$

Суммарная удельная нагрузка на провод от массы провода, массы гололеда и давления ветра:

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2} \quad (131)$$

### Определение критических пролетов ВЛ и исходного расчетного режима

При расчетах проводов принимаются такие сочетания климатических условий, которые дают наиболее невыгодные по механическим нагрузкам значения механических напряжений на проводе в отдельных случаях и максимальные стрелы провиса - в других.

Эти условия принимаются за исходные, по которым можно определить состояние провода при любых других условиях. При ограничении напряжения в проводе тремя исходными режимами должны существовать три критических пролета, соответствующих пограничным условиям этих режимов:

а)  $l_{1кр}$  – пролет, для которого напряжение провода в режиме низшей температуры достигает допустимого напряжения  $\sigma_{tmin}$ , а в режиме среднегодовой температуры значения  $\sigma_3$ ;

б)  $l_{2кр}$  – пролет, при котором напряжение провода в режиме наибольшей нагрузки равно допустимому напряжению  $\sigma_{\gamma max}$ , а в режиме низкой температуры  $\sigma_{tmin}$ ;

в)  $l_{3кр}$  – пролет, при котором напряжение провода в режиме среднегодовой температуры равно допустимому  $\sigma_3$ , а в режиме наибольшей нагрузки равно  $\sigma_{\gamma max}$ .

Критические пролеты рассчитываются по формулам:

$$l_{1кр} = \frac{2\sigma_3}{\gamma_1} \sqrt{\frac{6 \left[ (\sigma_3 - \sigma_{tmin}) \frac{1}{E} + \alpha (t_3 - t_{min}) \right]}{1 - \left( \frac{\sigma_3}{\sigma_{tmin}} \right)^2}} \quad (132)$$

$$l_{2кр} = \frac{2\sigma_{\gamma \max}}{\gamma_1} \sqrt{\frac{6 \left[ \left( \sigma_{\gamma \max} - \sigma_{t \min} \right) \frac{1}{E} + \alpha (t_{\Gamma} - t_{\min}) \right]}{\left( \frac{\gamma_7}{\gamma_1} \right)^2 - \left( \frac{\sigma_{\gamma \max}}{\sigma_{t \min}} \right)^2}} \quad (133)$$

$$l_{3кр} = \frac{2\sigma_{\gamma \max}}{\gamma_1} \sqrt{\frac{6 \left[ \left( \sigma_{\gamma \max} - \sigma_{\varepsilon} \right) \frac{1}{E} + \alpha (t_{\Gamma} - t_{\varepsilon}) \right]}{\left( \frac{\gamma_7}{\gamma_1} \right)^2 - \left( \frac{\sigma_{\gamma \max}}{\sigma_{\varepsilon}} \right)^2}}, \quad (134)$$

где  $\sigma_{\gamma \max}$ ,  $\sigma_{\varepsilon}$ ,  $\sigma_{t \min}$  – нормативные допустимые значения напряжений провода;  
 $\alpha$  – коэффициент температурного расширения провода;  
 $E$  – модуль упругости провода.

Значения  $\sigma_{\gamma \max}$ ,  $\sigma_{\varepsilon}$ ,  $\sigma$ , принимаются табл. 41.7.,  $\alpha$  и  $E$  по табл. 46.6. [4].

Затем, определяют наиболее невыгодный режим по механическим условиям состояния провода:

1-й случай:

а) режим минимальной температуры при  $l_{расч} < l_{1кр}$ ;

б) режим максимальной нагрузки  $l_{расч} > l_{3кр}$

в) режим средних эксплуатационных условий  $l_{1кр} < l_{расч} < l_{3кр}$

2-й случай

Если  $l_{1кр} < l_{2кр} < l_{3кр}$ , то физический смысл имеет только  $l_{2кр}$  и расчет проводится только для двух режимов: минимальной температуры и наибольших нагрузок.

Если  $l_{расч} < l_{2кр}$  расчетный режим является режим минимальной температуры.

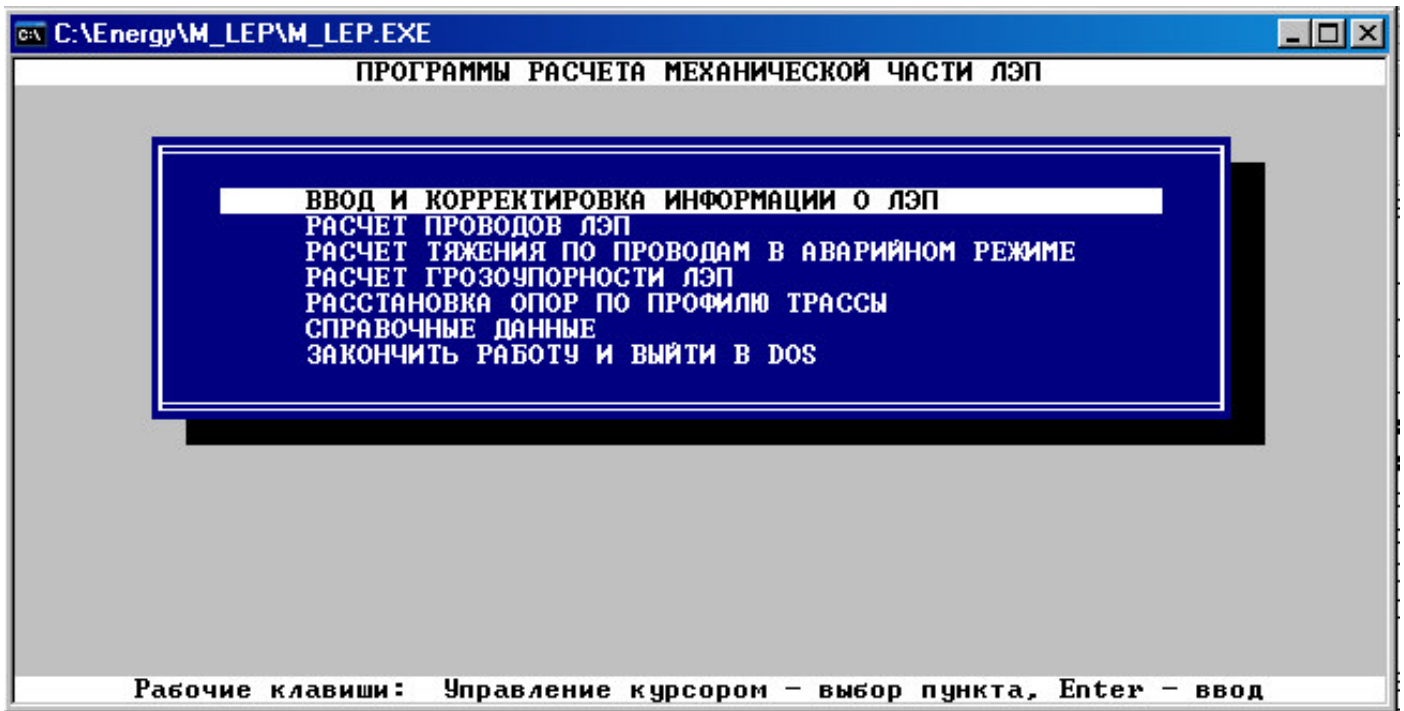
Если  $l_{расч} > l_{2кр}$  расчетный режим является режим наибольших нагрузок.

Затем рассчитываются уравнения состояния провода. Здесь приведем уравнение состояние только для режима наибольших нагрузок:

$$\sigma - \frac{\gamma^2 E \cdot l^2}{24 \cdot \sigma^2} = \sigma_{\gamma \max} - \frac{\gamma_7^2 E \cdot l^2}{24 \cdot \sigma_{\gamma \max}^2} - \alpha E (t - t_{\varepsilon}) \quad (135)$$

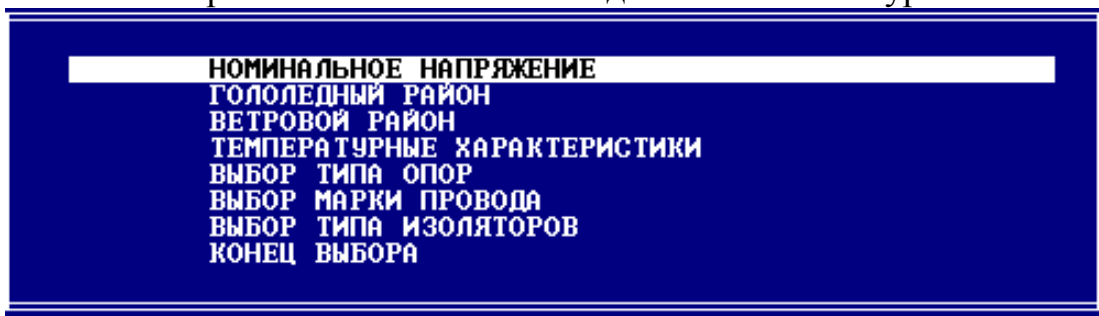
Программа MLEP проводит расчет механической части ВЛ в автоматизированном режиме.

Главное окно программы имеет следующий вид:

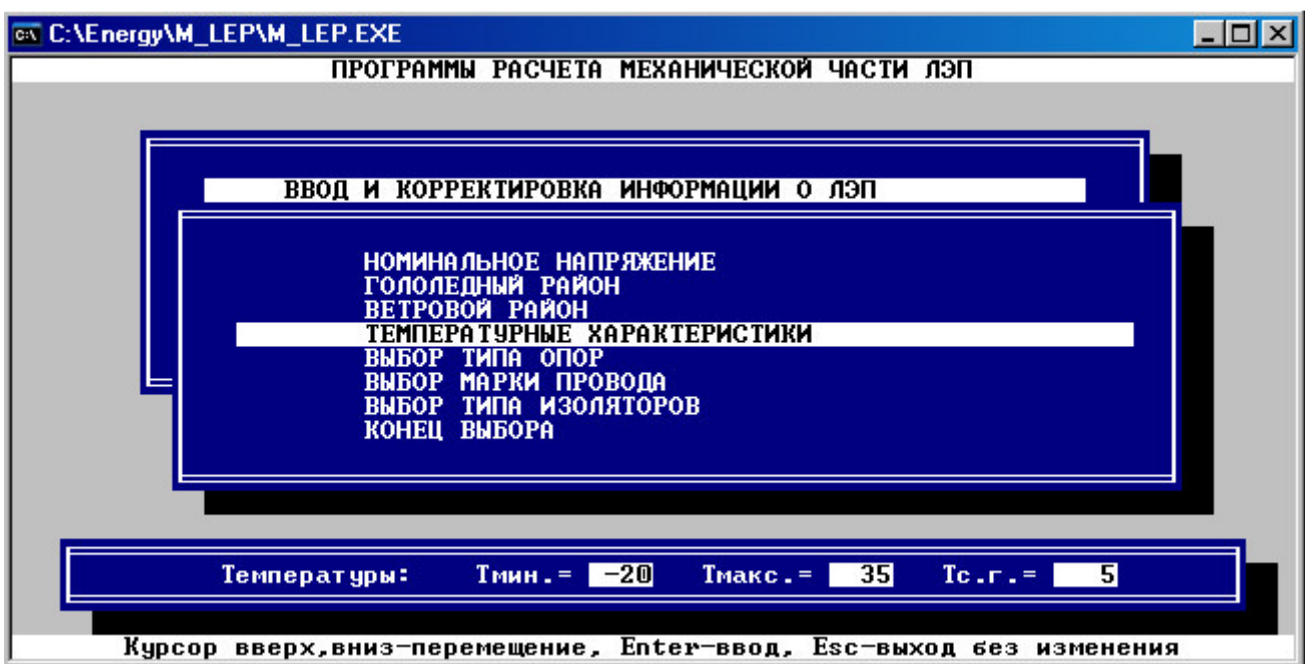


*Рис. 49.* Главное меню программы

При этом, пользователь указывает необходимые исходные данные, как указывалось в теоретической части Или вводит их с клавиатуры.



*Рис. 40.* Исходные данные



**Рис. 41.** Окно ввода температурных характеристик района

После ввода исходных данных программа автоматически рассчитывает необходимые характеристики, рассмотренные нами в теоретической части и выдает конечные результаты расчета, как показано на рис. 43.

РАСЧЕТ ПРОВОДОВ ЛЭП			
РАСЧЕТ УДЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК НА ПРОВОДА ЛЭП - КОНЕЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ			
Наименование нагрузки	Единичная нагрузка, Н/м	Удельная нагрузка, Н/(м*кв.мм)	
1. От собственного веса	p1= 6.0000	gamma1=	0.0346
2. От веса гололеда	p2= 13.6072	gamma2=	0.0786
3. Суммарная от собственного веса и веса гололеда	p3= 19.6072	gamma3=	0.1132
4. От давления ветра	p4= 8.0438	gamma4=	0.0464
5. От давления ветра при гололеде	p5= 5.5390	gamma5=	0.0320
6. Результирующая от собственного веса и давления ветра	p6= 10.0351	gamma6=	0.0579
7. Результирующая от собственного веса, веса гололеда и давления ветра при гололеде	p7= 20.3745	gamma7=	0.1176

Для продолжения нажмите клавишу ENTER

**Рис. 42.** Результаты расчета

РАСЧЕТ ПРОВОДОВ ЛЭП			
РАСЧЕТ СТРЕЛ ПРОВЕСА ПРОВОДОВ			
Реж.	Климатические условия	Параметры режима	Стрела провеса
1	Высшая температура, без ветра и гололеда	Sigma1= 50 gamma=gamma1= 0.0346	f1= 0.86
2	Низшая температура, без ветра и гололеда	Sigma2= 124 gamma=gamma1= 0.0346	f2= 0.35
3	Ср. годовая температура, без ветра и гололеда	Sigma3= 87 gamma=gamma1= 0.0346	f3= 0.50
4	При гололеде без ветра	Sigma4= 125 gamma=gamma3= 0.1132	f4= 1.13
5	При ветре без гололеда	Sigma5= 107 gamma=gamma6= 0.0579	f5= 0.67
6	При ветре и гололеде	Sigma6= 127 gamma=gamma7= 0.1176	f6= 1.16
7	Во время грозы, без ветра	Sigma7= 73 gamma=gamma1= 0.0346	f7= 0.59

Для продолжения нажмите клавишу ENTER

**Рис. 43.** Критические пролеты

Результаты расчета сохраняются в файлах LIST\_N.txt формата MSDOS, где N номер таблицы расчета.

Эта программа также позволяет рассчитывать грозоупорность ЛЭП (т.е. молниезащиту), а также проводить расстановку опор по профилю тарссы.

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

### Лабораторная работа №1

**Цель работы** – Ознакомление с правилами расчета параметров схем замещения электрических сетей для расчета установившихся режимов. Изучение правил работы и функций математического пакета MathCad. Ознакомление с технологией расчета установившихся режимов.

#### **Программа работы**

1. Для заданной электрической схемы определить параметры схемы замещения.
2. С помощью математического пакета MathCad расчета установившийся режим.
3. В заданной схеме осуществить регулирование напряжения до номинального значения.

#### **Содержание отчета**

1. Схема электрической сети с указанием параметров.
2. Схема замещения с нанесением нумерации узлов.
3. Распечатка исходных данных и результатов расчета.
4. Выводы по проделанной работе.

### Лабораторная работа №2

**Цель работы** – Изучение правил работы и функций ПВК SDO6. Ознакомление с технологией машинного расчета установившихся режимов.

#### **Программа работы**

1. Для заданной схемы в ПВК SDO6 рассчитать установившийся режим.
2. В заданной схеме осуществить регулирование напряжения до номинального значения.

#### **Содержание отчета**

1. Распечатка исходных данных и результатов расчета.
2. Сравнение результатов расчет режимов в ПВК SDO6 и MathCad .
3. Выводы по проделанной работе.

### Лабораторная работа №3

**Цель работы** – Изучение правил работы и функций ПВК Rastr. Ознакомление с технологией машинного расчета установившихся режимов.

#### **Программа работы**

1. Для заданной схемы в ПВК Rastr рассчитать установившийся режим.
2. В заданной схеме осуществить регулирование напряжения до номинального значения.

#### **Содержание отчета**

1. Распечатка исходных данных и результатов расчета.
2. Сравнение результатов расчет режимов в ПВК SDO6, Rastr и MathCad .
3. Выводы по проделанной работе.

#### **Лабораторная работа №4**

**Цель работы** – Изучение правил работы и функций программы ТКЗ. Ознакомление с технологией машинного расчета электромагнитных переходных процессов. Провести расчет переходных процессов в математическом пакете MathCad.

##### **Программа работы**

1. Для заданной электрической схемы определить параметры схемы замещения.
2. Для заданной схемы рассчитать токи трехфазного короткого замыкания в математическом пакете MathCad для указанной преподавателем точки короткого замыкания.
3. Для заданной точки короткого замыкания рассчитать токи трехфазного КЗ в программе ТКЗ.

##### **Содержание отчета**

1. Распечатка исходных данных и результатов расчета.
2. Сравнение результатов расчет режимов в программе ТКЗ и MathCad .
3. Выводы по проделанной работе.

#### **Лабораторная работа №5**

**Цель работы** – Изучение правил работы и функций программы «Расчет сети». Ознакомление с технологией машинного расчета и построения графиков электрических нагрузок, определение расчетных нагрузок. Выбор напряжения сети 35 кВ и выше.

##### **Программа работы**

1. Для заданной электрической схемы и видов потребителей определить основные параметры графиков нагрузки.
2. Для заданного варианта построить суточные графики нагрузок и годовой график по продолжительности.
3. Рассчитать потокораспределение в заданной схеме.
4. Выбрать и рассчитать номинальные напряжения в сети используя MathCad . и «Расчет сети»

##### **Содержание отчета**

1. Распечатка исходных данных и результатов расчета.
2. Сравнение результатов расчета напряжений в программе «Расчет сети» и MathCad .
3. Выводы по проделанной работе.

#### **Лабораторная работа №6**

**Цель работы** – Изучение правил работы и функций программы «ZAPUSK». Ознакомление с технологией машинного расчета трехфазных электрических нагрузок в сетях промышленных предприятий.

##### **Программа работы**

1. Для заданного варианта определить электрические нагрузки системы освещения предприятия.

2. Для заданного варианта рассчитать электрическую нагрузку однофазных электроприемников.

3. Для заданного варианта рассчитать электрическую нагрузку трехфазных электроприемников.

4. Определить суммарную трехфазную нагрузку цеха

#### ***Содержание отчета***

1. Распечатка исходных данных и результатов расчета.

2. Выводы по проделанной работе.

#### **Лабораторная работа №7**

***Цель работы*** – Изучение правил работы и функций программ «Protectline» и «Protecttrans». Ознакомление с технологией машинного расчета дистанционной защиты линии и дифференциальной защиты трансформатора.

#### ***Программа работы***

1. Для заданной схемы линии выбрать с помощью программы «Protectline» уставки дистанционной защиты линии.

2. Для заданного трансформатора рассчитать и выбрать с помощью программы «Protecttrans» уставки дифференциальной защиты трансформатора

#### ***Содержание отчета***

1. Распечатка исходных данных и результатов расчета.

2. Выводы по проделанной работе.

#### **Лабораторная работа №8**

***Цель работы*** – Изучение правил работы и функций программ «Protectline» и «Protecttrans». Ознакомление с технологией машинного расчета дистанционной защиты линии и дифференциальной защиты трансформатора.

#### ***Программа работы***

1. Для заданной схемы линии выбрать с помощью программы «Protectline» уставки дистанционной защиты линии.

2. Для заданного трансформатора рассчитать и выбрать с помощью программы «Protecttrans» уставки дифференциальной защиты трансформатора

#### ***Содержание отчета***

1. Распечатка исходных данных и результатов расчета.

2. Выводы по проделанной работе.

#### **Лабораторная работа №9**

***Цель работы*** – Изучение правил работы и функций программы «Молниеотвод». Ознакомление с технологией машинного расчета молниезащиты линии и подстанции.

#### ***Программа работы***

1. Для заданной схемы линии выбрать грозозащитный трос, определить зону защиты.

2. Для заданной подстанции трансформатора рассчитать высоту и выбрать количество молниеотводов, определить зону защиты на уровне защищаемого объекта.

3. Изобразить зону защиты для подстанции на листе формата А3

***Содержание отчета***

1. Распечатка исходных данных и результатов расчета.

2. Выводы по проделанной работе.

**Более подробно примеры расчета и проведения лабораторного занятия рассматриваются в лекционном курсе, а также в учебном пособии:**

Пакеты прикладных программ. Лабораторный практикум.  
Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007



## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

Так как студенты заочного отделения имеют меньшее число лабораторных занятий и сокращенный лекционный курс они вынуждены выполнять лабораторные работы преимущественно в самостоятельной форме.

В связи с этим студенты заочного и сокращенного обучения по дисциплине «Пакеты прикладных программ» изучают следующие разделы :

Лекции – темы с 1,3,4,5 в сокращенной форме всего (4 час.)

Лабораторные работы – темы с 1-5 в сокращенной форме (10 час.).

По неохваченным темам аудиторных занятий, студенты выполняют задания в форме самостоятельной работы согласно данному УМКД.

Для студентов обучающихся по специальности «Электрические тепловые станции» рекомендуется рассмотреть на практических занятиях, кроме казаногов в данном УМКД следующее программное обеспечение:

1. Программа «Теплопритоки» предназначена для расчета холодильных промышленных камер

2. Программа «ПОТОК» предназначена для выполнения теплогидравлического расчета 1-2 трубных систем центрального водяного отопления с местными нагревательными приборами, с теплоносителем - вода, с постоянным или скользящим перепадом температур.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА «ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ»**

Графический редактор Visio.

Математический пакет MathCad.

Программы расчета установившихся режимов SDO6 и RASTR.

## **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Для подготовки к лабораторным работам и зачету по дисциплине рекомендуется использовать Интернет.

2. В лекционном курсе, как указывалось выше, подготовлены электронные слайды, презентации и рисунки, с последующим показом их с помощью медиапроектора и ноутбука.

3. Во всех лабораторных работах используются собственные, подготовленные сотрудниками АмГУ, и промышленные компьютерные программы с техничским описание

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОМУ СОСТАВУ ПО ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖСЕССИОННОГО И ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

Промежуточный контроль знаний оценивается по выполненным лабораторным работам и подготовленным отчетам по лабораторным работам.

Критерии оценки знаний студентов на зачете

Итоговая оценка знаний студента оценивается по двухбальной системе. При этом учитываются: выполнение самостоятельной работы, и подготовка отчета по лабораторным работам. Кроме того, студент должен раскрыть поставленные перед ним вопросы по теме дисциплины и представленного студентом отчета по лабораторным работам.

При отсутствии отчета по лабораторным работам и (или) при нераскрытии поставленных перед студентом вопросов по темам дисциплины зачет считается не выполненным и студенту выставляется оценка «неудовлетворительно»

## 10. КОМПЛЕКТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Комплекты заданий выдаются преподавателем по лабораторному практикуму:

Судаков Г.В., Бодруг Н.С. Пакеты прикладных программ. Лабораторный практикум. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007.

Дополнительно для выдачи заданий может быть использовано учебные пособия:

1. Савина Н.В., Мясоедов Ю.В., Дудченко Л.Н. Электрические сети в примерах и расчетах; учебное пособие. Благовещенск. Амурский гос. ун-т, 1999.

2. Мясоедов Ю.В., Савина Н.В., Ротачева А.Г. Проектирование электрической части станций и подстанций: Учебное пособие. Благовещенск. Амурский гос. ун-т, 2002.