

2865



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Электрические системы»

М.И. Фурсанов

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА,
СОСТАВЛЕНИЕ И ОТЛАДКА ПРОГРАММЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ
ЗАДАЧИ

Учебно-методическое пособие

Минск 2005

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Электрические системы"

М. И. Фурсанов

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА,
СОСТАВЛЕНИЕ И ОТЛАДКА ПРОГРАММЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ**

Учебно-методическое пособие
к курсовой работе по дисциплине «Информатика»
для студентов специальности 1-43 01 02
"Электроэнергетические системы и сети"

Минск 2005

УДК 621.311:004 (075.8)

ББК 31.279 я 73-32.81 я 7

Ф 95

Рецензенты: Г.А. Фадеева, В.Г. Прокопенко

Фурсанов. М.И.

Ф 95 Разработка алгоритма, составление и отладка программы для решения электротехнической задачи: учебно-метод. пособие к курсовой работе по дисциплине «Информатика» для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» / М.И. Фурсанов. - Мн.: БНТУ, 2005. -56 с.

ISBN 985-479-232-3.

В пособии излагаются общие методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине "Информатика" для студентов специальности 1-43 01 02 "Электроэнергетические системы и сети". Приведены основные теоретические сведения, даны общие рекомендации по выполнению отдельных пунктов задания, указаны правила оформления и защиты работы, приведены необходимые справочные материалы.

УДК 621.311:004 (075.8)
ББК 31.279 я 7 32.81 я 7

ISBN 985-479-232-3

© Фурсанов М.И., 2005
© БНТУ, 2005

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие технологических процессов тесно связано с применением электронной техники, преимущественно цифровых вычислительных машин. Поэтому при обучении инженеров-электриков особое внимание должно уделяться их компьютерной подготовке. Инженер должен уметь "общаться" с ЭВМ, работать на ней, знать основы программирования на алгоритмических языках электротехнических задач, уметь использовать ЭВМ в своей будущей профессиональной деятельности.

В учебном процессе знания вычислительной техники и программирования также необходимы, поскольку ряд специальных дисциплин, учебных, курсовых и дипломных проектов, учебно-исследовательских работ выполняются с применением ЭВМ или полностью на них.

Данные методические указания разработаны для студентов специальности 1-43 01 02 — "Электроэнергетические системы и сети" и имеют своей целью помочь студентам в выполнении ими курсовой работы по дисциплине "Информатика".

Цель курсовой работы: закрепление студентами практических навыков программирования на алгоритмических языках высокого уровня (FORTRAN, PASCAL, C/C++ или др.) на примере составления и отладки программы для решения электротехнической задачи, ознакомление со специальной терминологией, приобретение навыков написания и оформления программ. Это дает дополнительные возможности студентам успешно применять средства вычислительной техники в процессе обучения в институте и в дальнейшем на практике.

Указания содержат все сведения, необходимые для выполнения работы, определяют ее содержание и круг рассматриваемых вопросов, а также требования по оформлению работы и ее защите.

Автор выражает глубокую благодарность А. А. Золотому за тщательное редактирование рукописи указаний, проверку работоспособности авторских подпрограмм по расчёту потокораспределения в разомкнутой электрической сети, а также перевод данных подпрограмм на язык C/C++.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задание (см. бланк задания в приложении 1) предусматривает разработку алгоритма, проверку его работоспособности, разработку блок-схемы, написание и отладку программы для определения суммарных потерь электроэнергии ΔW_c в схеме разомкнутой электрической сети по известным аналитическим соотношениям. Никаких специальных знаний для выполнения курсовой работы не требуется, поскольку все необходимые теоретические сведения, пояснения, а также нормативно-справочные данные в указаниях имеются.

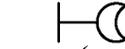
Программа, по желанию студента, может быть написана на одном из алгоритмических языков — FORTRAN, PASCAL, C/C++ или любом другом алгоритмическом языке высокого уровня.

Объем задания по усмотрению преподавателя и в зависимости от уровня подготовки и способностей студента может быть изменен.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Разомкнутая электрическая сеть представляет собой схему типа *дерева* (см. рис. 1). В такой схеме отрезки линий, заключенные между двумя номерами, называются участками

или линейными ветвями схемы. На рисунке 1 участками линий являются ветви 1-2, 2-3, 2-4, 4-5, 4-6, 6-7, 6-8, 8-9, 8-10, 10-11 (всего 10 ветвей).

Пересекающимися окружностями  обозначены понижающие трансформаторы. Они также являются участками (ветвями) схемы, но трансформаторными. Над трансформаторами указаны их номинальные мощности в кВА (25, 40, 63, 100 и 630). На схеме рис. 1 пять трансформаторов. Это участки 3-101, 7-102, 11-103, 5-104 и 9-105. Нумерация участков схемы произвольная, за исключением номера начала схемы, этот номер всегда 1.

Электрические сети предназначены для питания потребителей электрической энергии. Часть электроэнергии при ее передаче по сетям теряется на нагрев проводов линий $\Delta W_{\text{л}}$, обмоток $\Delta W_{\text{т}}$ и сердечников $\Delta W_{\text{хх}}$ трансформаторов.

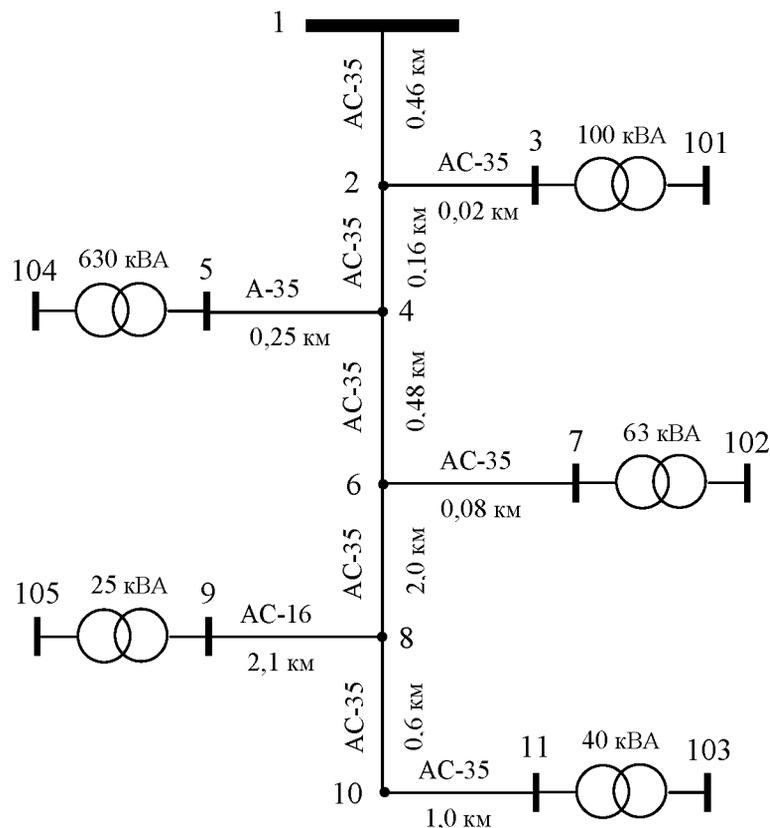


Рис. 1. Схема разомкнутой электрической сети 10 кВ подстанции “Рождествено”

В схеме простейшей разомкнутой электрической сети суммарные потери электроэнергии ΔW складываются из трех составляющих и вычисляются по формуле:

$$\Delta W = \Delta W_{\text{л}} + \Delta W_{\text{т}} + \Delta W_{\text{хх}}, \quad (1)$$

где

$\Delta W_{\text{л}}$ — суммарные нагрузочные потери электроэнергии на линейных участках схемы, кВт·ч;

$\Delta W_{\text{т}}$ — суммарные нагрузочные потери электроэнергии в трансформаторах схемы, кВт·ч;

ΔW_{xx} — потери электроэнергии в стали трансформаторов, кВт·ч.

Потери электроэнергии на *линейных участках* определяются по формуле:

$$\Delta W_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i = \sum_{i=1}^n \frac{W_{\text{Pi}}^2 (1 + \text{tg}^2 \varphi_i)}{U_{\text{ном}}^2 T} k_{\phi i}^2 r_i, \quad (2)$$

где

W_{Pi} — поток активной энергии на i -м линейном участке схемы, кВт·ч;

$\text{tg} \varphi_i$ — коэффициент реактивной мощности, о.е.;

$U_{\text{ном}}$ — номинальное напряжение сети, кВ;

T — расчетный период (месяц, квартал, год), ч;

$k_{\phi i}$ — коэффициент формы графика нагрузки, о.е.;

r_i — активное сопротивление i -о участка линии, Ом.

Величина $\text{tg} \varphi_i$ равна отношению W_{Qi} к W_{Pi} :

$$\text{tg} \varphi_i = \frac{W_{\text{Qi}}}{W_{\text{Pi}}}, \quad (3)$$

где

W_{Qi} — поток реактивной электроэнергии на i -м линейном участке схемы, кВАр;

W_{Pi} — поток активной электроэнергии на участке, кВт.

Значения W_{Qi} , W_{Pi} и $\text{tg} \varphi_i$ определяются в процессе расчета потокораспределения в схеме.

Квадрат коэффициента формы $k_{\phi i}$ вычисляется по формуле:

$$k_{\phi i}^2 = \left(\frac{0,16}{k_{zi}} + 0,82 \right)^2, \quad (4)$$

где

k_{zi} — коэффициент заполнения графика, равный отношению числа часов использования максимальной активной нагрузки $T_{\text{ма}i}$:

$$k_{zi} = \frac{T_{\text{ма}i}}{T}. \quad (5)$$

Значение $T_{\text{ма}i}$ определяется по выражениям (6) или (7):

$$T_{\text{ма}i} = \frac{\sum_{k=1}^{\ell} P_k T_{\text{ма}k}}{P_i}, \quad (6)$$

где

ℓ — общее число участков сети, подключенных к узлу i ;

P_k — активная мощность участка подключенного к узлу i ;

$T_{\text{ма}k}$ — число часов использования максимальной активной нагрузки участка k ;

$$T_{\text{ма}i} = \frac{W_{\text{Pi}}}{P_i}. \quad (7)$$

Активное сопротивление участка r_i равно:

$$r_i = r_{0i} \ell_i, \quad (8)$$

где

r_{0i} — удельное активное сопротивление участка, Ом/км (берется из справочных данных);

ℓ_i — длина участка в километрах (указана на схеме сети).

Нагрузочные потери электроэнергии на *трансформаторных участках* схемы ΔW_T определяются аналогичным образом:

$$\Delta W_T = \sum_{j=1}^m \Delta W_j = \sum_{j=1}^m \frac{W_{pj}^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_j)}{U_{\text{ном}j}^2 T} k_{\phi j}^2 r_j \quad (9)$$

где

m — число трансформаторных участков в схеме;

r_j — активное сопротивление трансформатора j , Ом:

$$r_j = \Delta P_{\text{кз}j} \frac{U_{\text{ном}j}^2}{S_{\text{ном}j}^2}, \quad (10)$$

$\Delta P_{\text{кз}j}$ — потери мощности короткого замыкания трансформатора j , кВт (справочные данные);

$U_{\text{ном}j}$ — номинальное напряжение высшей обмотки трансформатора j , кВ (принимается равным номинальному напряжению сети $U_{\text{ном}}$);

$S_{\text{ном}j}$ — номинальная мощность трансформатора j , кВА (указана на схеме).

Постоянные потери электроэнергии в стали трансформаторов ΔW_{xx} равны:

$$\Delta W_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{xx}} T, \quad (11)$$

где

$$\Delta P_{\text{xx}} = \sum_{j=1}^m \Delta P_{\text{xx}j}; \quad (12)$$

$\Delta P_{\text{xx}j}$ — потери холостого хода трансформатора j , кВт (справочные данные).

Все искомые величины ΔW , $\Delta W_{\text{л}}$, ΔW_T , ΔW_{xx} и сумма $(\Delta W_{\text{л}} + \Delta W_T)$ должны быть рассчитаны в именованных единицах (кВт) и в процентах по отношению к потоку электроэнергии на головном участке линии $W_{\text{г}}$:

$$\Delta W_{\%} = \frac{\Delta W}{W_{\text{г}}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где

$$W_{\text{г}} = \sum_{j=1}^m W_{pj} + \Delta W. \quad (14)$$

Кроме потерь электрической энергии, в работе необходимо определить потери активной мощности ΔP :

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{т}} + \Delta P_{\text{xx}}, \quad (15)$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n \Delta P_i = \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{\text{НОМ}}^2} r_i, \quad (16)$$

$$\Delta P_{\text{т}} = \sum_{j=1}^m \Delta P_j = \sum_{j=1}^m \frac{P_j^2 + Q_j^2}{U_{\text{НОМ}}^2} r_j, \quad (17)$$

$$\Delta P_{\text{xx}} = \sum_{j=1}^m \Delta P_{\text{xx}j}, \quad (18)$$

$$\Delta P_{\text{лт}} = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{т}} \text{ в кВт и} \quad (19)$$

в процентах по отношению к потоку активной мощности на головном участке схемы $P_{\text{гв}}$:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\%} &= \frac{\Delta P}{P_{\text{гв}}} \cdot 100 \%, & \Delta P_{\text{л}\%} &= \frac{\Delta P_{\text{л}}}{P_{\text{гв}}} \cdot 100 \%, \\ \Delta P_{\text{т}\%} &= \frac{\Delta P_{\text{т}}}{P_{\text{гв}}} \cdot 100 \%, & \Delta P_{\text{xx}\%} &= \frac{\Delta P_{\text{xx}}}{P_{\text{гв}}} \cdot 100 \%, \\ \Delta P_{\text{лт}\%} &= \frac{\Delta P_{\text{лт}}}{P_{\text{гв}}} \cdot 100 \%. \end{aligned}$$

Обращаем внимание разработчиков, что поток мощности на головном участке линии равен сумме нагрузок всех узлов ΣP_j и суммарных потерь активной мощности ΔP в схеме.

$$P_{\text{гв}} = \sum_{j=1}^m P_j + \Delta P. \quad (20)$$

Аналогичным образом определяются потери реактивной мощности ΔQ :

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{л}} + \Delta Q_{\text{т}} + \Delta Q_{\text{xx}}, \quad (21)$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{\text{НОМ}}^2} x_i, \quad (22)$$

$$\Delta Q_{\text{т}} = \sum_{j=1}^m \Delta Q_j = \sum_{j=1}^m \frac{P_j^2 + Q_j^2}{U_{\text{НОМ}}^2} x_j, \quad (23)$$

$$\Delta Q_{xx} = \sum_{j=1}^m \Delta Q_{xxj} = \sum_{j=1}^m \frac{I_{xxj} \% S_{номj}}{100}, \quad (24)$$

где I_{xxj} — ток холостого хода трансформатора j , % (справочные данные),

$$\Delta Q_{лт} = \Delta Q_{л} + \Delta Q_{т} \text{ в кВАр и} \quad (25)$$

в процентах:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\%} &= \frac{\Delta Q}{Q_{гy}} \cdot 100 \%, & \Delta Q_{л\%} &= \frac{\Delta Q_{л}}{Q_{гy}} \cdot 100 \%, \\ \Delta Q_{т\%} &= \frac{\Delta Q_{т}}{Q_{гy}} \cdot 100 \%, & \Delta Q_{xx\%} &= \frac{\Delta Q_{xx}}{Q_{гy}} \cdot 100 \%, \\ \Delta Q_{лт\%} &= \frac{\Delta Q_{лт}}{Q_{гy}} \cdot 100 \%, & Q_{гy} &= \sum_{j=1}^m Q_j + \Delta Q. \end{aligned}$$

Значение потока мощности $Q_{гy}$ на головном участке линии равен сумме нагрузок всех узлов ΣQ_j и суммарных потерь реактивной мощности ΔQ в схеме.

В формулах (22), (23):

$$x_i = x_{0i} \ell_i, \quad (26)$$

где

x_i — реактивное сопротивление i -о линейного участка схемы, Ом;

x_{0i} — удельное реактивное сопротивление, Ом/км (берется из справочных данных), а

$$x_j = \sqrt{z_j^2 - r_j^2}, \quad (27)$$

где

x_j — реактивное сопротивление трансформатора j , Ом;

z_j — модуль полного сопротивления трансформатора j , Ом:

$$z_j = \frac{U_{кз\%}}{100} \cdot \frac{U_{номj}^2}{S_{номj}}; \quad (28)$$

$U_{кз\%}$ — напряжение короткого замыкания трансформатора j , % (берется из справочных данных).

Для каждого участка схемы (линейного и трансформаторного) требуется определить потери напряжения ΔU , кВ:

$$\Delta U = \frac{Pr + Qx}{U_{ном}}, \quad (29)$$

где P , Q , r , и x — это потоки мощности (P , Q) и сопротивления (r , x) как для линейных (P_i , Q_i , r_i , x_i), так и для трансформаторных (P_j , Q_j , r_j , x_j) участков схемы.

Для каждого узла сети (кроме первого) необходимо вычислить напряжение U_j :

$$U_j = U_{\text{ип}} - \Delta U_{\text{ип}j}, \quad (30)$$

где

$U_{\text{ип}}$ — заданное напряжение источника питания (первый узел схемы).

$\Delta U_{\text{ип}j}$ — суммарные потери напряжения на пути от источника питания до узла j схемы.

Первый узел служит источником питания для всей схемы сети. Значение $U_{\text{ип}}$ принимать равным $(1,03 \div 1,15)U_{\text{ном}}$.

После данного расчета напряжения за трансформаторами приводятся к стороне низшего напряжения по формуле:

$$U_j = \frac{U_j}{k_{Tj}}, \quad (31)$$

где

$$k_{Tj} = \frac{10}{0,4} = 25.$$

3. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Анализ схемы разомкнутых электрических сетей и приведенных выше основных расчетных соотношений показывает, что для их реализации на ЭВМ необходимо ввести топологические и режимные данные.

Топологические данные представляют собой характеристики схемы сети — номера начала и концов участков схемы сети, марки и длины проводов (кабелей), типы (если они указаны на схеме) и номинальные мощности трансформаторов.

К режимным данным относятся:

$U_{\text{ип}}$ — напряжение источника питания;

$k_{зj}$ — коэффициент загрузки трансформатора j , о. е. Он выбирается для каждого трансформатора из ряда: $k_{з} = 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,25; 1,3; 1,35; 1,4; 1,45; 1,5; 1,55; 1,6; 1,65; 1,7$.

$\cos \varphi_j$ — коэффициент мощности трансформаторов. Выбирается из табл. 3 приложения 2 в зависимости от заданного разработчиком типа нагрузки трансформаторного пункта: производственная, коммунально-бытовая, смешанная.

$T_{маj}$ — число часов использования максимальной активной нагрузки трансформатора j , ч. Выбирается из табл. 4 приложения 2 в зависимости от расчетной нагрузки подстанции P_j и типа нагрузки.

Кроме топологических и режимных данных, для выполнения расчетов требуются каталожные данные по трансформаторам и проводам (кабелям). Каталожные данные по трансформаторам это $S_{\text{ном}j}$, $U_{кзj}$, $U_{\text{ном}j}$, $\Delta P_{кзj}$, ΔP_{xxj} и т. д. Они приведены в табл. 1 приложения 2 для трансформаторов различных типов и номинальных мощностей $S_{\text{ном}j}$. Каталожные данные по линиям r_{0i} , x_{0i} берутся из табл. 2 приложения 2 в зависимости от марки провода (кабеля).

На основе введенной исходной информации можно определить основные режимные характеристики трансформаторов:

$S_j = S_{\text{ном}j} k_{зj}$ — полная нагрузка j -о трансформатора в кВА;

$P_j = S_j \cos \varphi_j$, $Q_j = S_j \sin \varphi_j$,

$W_{pj} = P_j T_{маj}$, $W_{Qj} = W_{pj} \operatorname{tg} \varphi_j$,

$$I_j = \frac{P_j}{\sqrt{3}U_{\text{нн}} \cos \varphi_j}, \quad U_{\text{нн}} = 0,38 \text{ кВ}.$$

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Выполнение курсовой работы целесообразно осуществлять в следующей последовательности:

1. Изучить задание на курсовую работу, разобраться со схемой разомкнутой электрической сети и перечертить ее.
2. Определить исходные данные, промежуточные и конечные результаты расчета.
3. Разобраться с основными аналитическими соотношениями, проверить работоспособность алгоритма вручную.
4. Разработать формы входной и выходной печати, утвердить их у преподавателя.
5. Написать блок ввода и печати исходной информации, дать на проверку преподавателю.
6. Разработать блок-схему всей программы. Наибольшее внимание уделить блокам расчета потокораспределения в схеме сети и определения напряжений в узлах схемы.
7. Написать текст программы, показать его преподавателю.
8. Отладить текст программы, проверить ее работоспособность, получить распечатки текста программы, файлов исходных данных и результатов расчета.
9. Оформить расчетно-пояснительную записку.

5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Идентификация переменных

Идентификация переменных — это присвоение всем составляющим расчетных соотношений соответствующих имен (идентификаторов). В принципе, имена могут быть любые, но лучше делать их такими, чтобы они совпадали с соответствующими обозначениями в формулах и отражали физический смысл величины. Идентификацию целесообразно проводить по форме:

RJ — R_j — активное сопротивление трансформатора (трансформаторного участка), Ом;

DLINA — ℓ_i — длина участка, км;

POTP — P_i — поток активной мощности на участке, кВт, и т. д.

5.2. Ввод исходных данных

Единого подхода к способам и очередности ввода исходной информации не существует. Каждый разработчик выполняет данную операцию сам. Обязательным условием здесь является ввод номеров начал N_н и концов N_к линейных и трансформаторных участков схемы. Вначале целесообразно пронумеровать линейные участки (порядок нумерации произвольный), а затем трансформаторные. Удобно, когда по номерам видно, какие ветви — линейные, а какие — трансформаторные. Информацию по линейным и трансформаторным участкам можно вводить отдельно или вместе. Варианты ввода исходных данных о схеме электрической сети и нагрузках трансформаторов могут быть самыми разными, например:

Данные по линиям (n участков):

Nн Nк Марка провода Длина участка

Данные по трансформаторам (m участков):

Nн Nк Тип трансформатора $S_{ном}$

Данные по линиям и трансформаторам вводятся вместе (n+m) участков схемы:

Nн Nк Марка провода Длина участка Тип трансформатора $S_{ном}$

Активные и реактивные нагрузки трансформаторов можно вводить отдельно от данных схемы, например:

Nк $S_{ном}$ $k_э$

Не следует забывать, что необходим ввод T , $T_{ма}$, $U_{ш}$, а также алфавитно-цифрового кода задачи, фамилии исполнителя и т. д.

Примеры файлов исходных данных приведены в табл. 1÷4.

Примечание. Каталогные данные по проводам (кабелям) и трансформаторам должны храниться в программе в программе в отдельных файлах.

5.3. Разработка форм входной и выходной печати

Исходные данные и результаты расчета обязательно следует печатать в табличном виде. Таблицы исходных данных могут совпадать с введенными макетами данных, то есть данные распечатываются в том же виде и последовательности, как и вводятся, но могут и отличаться от них. Часть исходных данных может быть перенесена в результаты расчета. В таблице результатов расчета обязательно наличие следующей информации:

номер начала участка,
номер конца участка,
поток активной мощности,
поток реактивной мощности,
потери активной мощности,
потери реактивной мощности,
потери напряжения,
напряжения в узлах.

По желанию разработчика, может быть напечатана и другая информация. Примеры формирования печати результатов расчета параметров режима и потерь электроэнергии в схеме приведены в табл. 5 и 6.

ПРИМЕР 1 ФАЙЛА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ СХЕМЫ РИС.1
(несортированная исходная информация)

2010г.
Минские электрические сети
Подстанция Зябровка 110/10
РЛ №592
10.5 кВ

№н	№к	Марка провода	ℓ_i	Сном _ј	Кз _ј	Тма _ј	cosφ _ј
-	-	-	км	кВА	о.е.	ч	о.е.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	АС – 35	0.46				
2	3	АС – 35	0.02				
4	5	А – 35	0.25				
3	101			100	0.1	2800	0.75
2	4	АС – 35	0.16				
4	6	АС – 35	0.48				
5	104			630	0.3	3400	0.8
6	8	АС – 35	2.00				
6	7	АС – 35	0.08				
7	102			63	0.5	2000	0.85
8	9	АС – 16	2.1				
8	10	АС – 35	0.6				
11	103			40	0.7	2200	0.9
10	11	АС – 35	1.0				
9	105			25	0.9	2000	0.95

ПРИМЕР2 ФАЙЛА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ СХЕМЫ РИС.1
(несортированная исходная информация)

2010 г.
Минские электрические сети
Подстанция Зябровка 110/10
РЛ №592
10.5 кВ

Нн	Нк	Марка провода	ℓ_i	Сном _j	Кз _j	Тма _j	cosφ _j
-	-	-	км	кВА	о.е.	ч	о.е.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	АС – 35	0.46				
2	3	АС – 35	0.02				
2	4	АС – 35	0.16				
4	5	А – 35	0.25				
4	6	АС – 35	0.48				
6	8	АС – 35	2.00				
6	7	АС – 35	0.08				
8	9	АС – 16	2.1				
8	10	АС – 35	0.6				
10	11	АС – 35	1.0				
3	101			100	0.1	2800	0.75
5	104			630	0.3	3400	0.8
7	102			63	0.5	2000	0.85
9	105			25	0.7	2000	0.9
11	103			40	0.9	2200	0.95

Таблица 3

ПРИМЕР3 ФАЙЛА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПО ЛИНЕЙНЫМ УЧАСТКАМ
СХЕМЫ РИС.1 (несортированная исходная информация)

2010 г.
Минские электрические сети
Подстанция Зябровка 110/10
РЛ №592
10.5 кВ

Nн	Nк	Марка провода	l_i
-	-	-	км
1	2	3	4
1	2	АС – 35	0.46
2	3	АС – 35	0.02
2	4	АС – 35	0.16
4	5	АС – 35	0.25
4	6	АС – 35	0.48
6	8	АС – 35	2.00
6	7	АС – 35	0.08
8	9	АС – 16	2.1
8	10	АС – 35	0.6
10	11	АС – 35	1.0

Таблица 4

ПРИМЕР 4 ФАЙЛА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПО ТРАНСФОРМАТОРОВ
СХЕМЫ РИС.1 (несортированная исходная информация)

2010 г.
Минские электрические сети
Подстанция Зябровка 110/10
РЛ №592
10.5 кВ

Nн	Nк	Sномj кВА	Kзj о.е.	Tмаj ч	cosφj о.е.
1	2	3	4	5	6
3	101	100	0.1	2800	0.75
5	104	630	0.3	3400	0.8
7	102	63	0.5	2000	0.85
9	105	25	0.7	2000	0.9
11	103	40	0.9	2200	0.95

Таблица 5

ПРИМЕР 5 РАСПЕЧАТКИ ФАЙЛА РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА РЕЖИМА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЛИНИИ 10 кВ СХЕМЫ РИС.1

2010 г.
 Минские электрические сети
 Подстанция Зябровка 110/10
 РЛ №592
 10.5 кВ

НОМЕР		ПОТОК МОЩНОСТИ ВЕТВИ:		ЗАГРУЗКА:	ПОТЕРИ МОЩНОСТИ		ПОТЕРИ	НАПРЯЖ.:	
НАЧАЛА:	КОНЦА:	АКТИВНЫЙ:	РЕАКТИВН.	ТП	АКТИВН.:	РЕАКТ.:	НАПРЯЖ.:	УЗЛОВ	
: ВЕТВИ:	ВЕТВИ:	КВТ	КВАР	ОТН.ЕД.:	КВТ	КВАР	КВ	КВ	
: 1	: 2	: 232.05	: 155.84	: .00	: .28	: .13	: .011	: 10.489	
: 2	: 3	: 7.50	: 6.61	: .00	: .00	: .00	: .011	: 10.489	
: 2	: 4	: 224.55	: 149.22	: .00	: .01	: .04	: .014	: 10.485	
: 3	: 101	: 7.50	: 6.61	: .10	: .10	: .05	: .042	: .418	
: 4	: 5	: 151.20	: 113.40	: .00	: .02	: .03	: .019	: 10.481	
: 4	: 6	: 73.35	: 35.82	: .00	: .07	: .01	: .019	: 10.481	
: 5	: 104	: 151.20	: 113.40	: .30	: .74	: 3.12	: .130	: .414	
: 6	: 8	: 46.57	: 19.23	: .00	: .04	: .02	: .009	: 10.472	
: 6	: 7	: 26.77	: 16.59	: .00	: .00	: .00	: .019	: 10.481	
: 8	: 9	: 21.38	: 7.03	: .00	: .02	: .00	: .009	: 10.463	
: 8	: 10	: 25.20	: 12.20	: .00	: .00	: .00	: .001	: 10.471	
: 7	: 102	: 26.77	: 16.59	: .50	: .32	: .71	: .205	: .411	
: 9	: 105	: 21.38	: 7.03	: .90	: .56	: .95	: .004	: .404	
: 10	: 11	: 25.20	: 12.20	: .00	: .01	: .00	: .002	: 10.468	
: 11	: 103	: 25.20	: 12.20	: .70	: .49	: .92	: .301	: .407	

ПРИМЕР 6 ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 10 кВ СХЕМЫ РИС.1

2010 г.
Минские электрические сети
Подстанция Зябровка 110/10
РЛ №592
10.5 кВ

ПРОЦЕНТ ПОТЕРЬ В СЕТИ 10 кВ

ОТПУСК ЭНЕРГИИ В СЕТЬ	-	694.64	ТЫС.кВт*ч		
НАГРУЗОЧНЫЕ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЛИНИЯХ	-	1.22	ТЫС.кВт*ч	ИЛИ	0.18%
НАГРУЗОЧНЫЕ ПОТЕРИ В ТРАНСФОРМАТОРАХ	-	3.02	ТЫС.кВт*ч		0.44%
СУММАРНЫЕ НАГРУЗОЧНЫЕ ПОТЕРИ	-	4.25	ТЫС.кВт*ч		0.61%
ПОТЕРИ В СТАЛИ ТРАНСФОРМАТРОВ	-	7.80	ТЫС.кВт*ч		1.12%
СУММАРНЫЕ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	-	12.05	ТЫС.кВт*ч		1.73%

Отпуск энер- гии в сеть тыс. кВт*ч	ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ									
	ПОСТОЯННЫЕ (холостого хода)		ПЕРЕМЕННЫЕ (нагрузочные)						суммарные	
			в трансформаторах		в линии		суммарные			
	тыс.кВт*ч	%	тыс.кВт*ч	%	тыс.кВт*ч	%	тыс.кВт*ч	%	тыс.кВт*ч	%
694.6	7.80	1.12	3.02	0.44	1.22	0.18	4.25	0.61	12.05	1.73

5.4. Диагностика и исправление ошибок

Разомкнутые электрические сети энергосистем представляют собой очень многообъемные образования, при кодировке которых неизбежны различного рода ошибки. Поэтому при разработке программ для ЭВМ необходимо осуществлять контроль введенных топологических и режимных данных и по возможности автоматическое исправление типовых ошибок, наиболее часто встречающихся при кодировке исходной информации. К типовым ошибкам относятся: отсутствие источника питания (узла, от которого питается вся схема сети); потеря связности (разрывы) в схеме, обусловленная ошибками при шифровке узлов сети; выход численных значений характеристик сети (длины проводов и кабелей, номинальные мощности трансформаторов, коэффициенты загрузки, коэффициенты мощности, время использования максимальной активной нагрузки и другие) за реально существующие пределы. При этом вместо обнаруженных ошибочных данных целесообразно принять их средние значения, выдать соответствующее диагностическое сообщение о координатах и характере ошибок и если это возможно продолжить расчет по программе.

Пример диагностического сообщения об ошибке:

РЛ-592. Узел 105. Коэффициент мощности равен 1,1. Принято значение 0,95.

5.5. Расчет потокораспределения в схеме разомкнутой электрической сети

Расчет потокораспределения в схеме разомкнутой электрической сети, т. е. определение значений P_i , Q_i представляет собой наиболее сложную задачу. Сложность здесь состоит в том, что информация об участках сети вводится в память ЭВМ произвольно, а нагрузки трансформаторов необходимо разложить в строгом соответствии со схемой сети. Например, если для схемы рис. 1 потоки активной мощности, на участках схемы (линейных и трансформаторных) это величины P_{1-2} , P_{2-3} , P_{3-101} , P_{2-4} , P_{4-5} , P_{5-104} , P_{4-6} , P_{6-7} , P_{7-102} , P_{6-8} , P_{8-9} , P_{9-105} , P_{8-10} , P_{10-11} , P_{11-103} , а активные нагрузки трансформаторов P_j — это P_{101} , P_{102} , P_{103} , P_{104} , P_{105} , то определить потоки мощности P_i для данной схемы означает выразить $P_i = f(P_j)$:

$$P_{1-2} = P_{101} + P_{102} + P_{103} + P_{104} + P_{105};$$

$$P_{3-101} = P_{101};$$

$$P_{5-104} = P_{104};$$

$$P_{7-102} = P_{102};$$

$$P_{9-105} = P_{105};$$

$$P_{11-103} = P_{103};$$

$$P_{2-3} = P_{3-101} = P_{101};$$

$$P_{2-4} = P_{4-6} + P_{4-5} = P_{102} + P_{103} + P_{104} + P_{105};$$

$$P_{4-5} = P_{5-104} = P_{104};$$

$$P_{4-6} = P_{6-7} + P_{6-8} = P_{102} + P_{103} + P_{105};$$

$$P_{6-7} = P_{7-102} = P_{102};$$

$$P_{6-8} = P_{8-9} + P_{8-10} = P_{103} + P_{105};$$

$$P_{8-9} = P_{9-105} = P_{105};$$

$$P_{8-10} = P_{10-11} = P_{11-103} = P_{103}.$$

Аналогичным образом определяются потоки реактивной мощности на участках Q_i .

Методически расчет потокораспределения выполняется по-разному. Наиболее распространенным способом является метод вторых адресных отображений (ВАО).

Смысл его состоит в том, что в начале программным путем строится специальный массив (массив вторых адресных отображений), который отражает взаимосвязи между отдельными участками схемы сети, а затем с помощью ВАО легко определяются величины P_i и Q_i . Тексты подпрограмм для формирования ВАО и расчета потокораспределения (PTR) приведены далее в тексте указаний.

Здесь отметим следующее: перед началом работы подпрограммы PTR целесообразно заранее подготовить массив РОТР. Общее число элементов в этом массиве равно общему числу участков схемы. Вид массива зависит от порядка ввода данных об участках сети. Например, если предположить, что номера участков схемы (рис. 1) расположены в памяти, начиная с номеров 1-2 и в строгом соответствии со схемой сети (сортированная исходная информация), то взаимосвязь между номерами ветвей N_n и N_k и потоками РОТР и РОТQ перед началом работы подпрограммы PTR будет такой как показано в табл. 3. Исходные значения РОТР и РОТQ приведены в табл. 4. После работы подпрограммы PTR вместо нулевых элементов массивов РОТР и РОТQ будут образованы требуемые суммы P_i , Q_i (см. табл. 5).

Таблица 7

Общий вид массивов РОТР и РОТQ перед началом работы подпрограммы PTR

N n/n	Nн	Nк	РОТР	РОТQ
1	1	2	0	0
2	2	3	0	0
3	2	4	0	0
4	3	101	P101	Q101
5	4	5	0	0
6	4	6	0	0
7	5	104	P104	Q104
8	6	7	0	0
9	6	8	0	0
10	7	102	P102	Q102
11	8	9	0	0
12	8	10	0	0
13	9	105	P105	Q105
14	10	11	0	0
15	11	103	P103	Q103

Таблица 8

Численные значения элементов массивов РОТР и РОТQ перед началом работы подпрограммы PTR

N n/n	Nн	Nк	РОТР	РОТQ
1	1	2	0	0
2	2	3	0	0
3	2	4	0	0
4	3	101	7,50	6,61
5	4	5	0	0
6	4	6	0	0
7	5	104	151,20	113,40
8	6	7	0	0
9	6	8	0	0
10	7	102	26,77	16,59
11	8	9	0	0
12	8	10	0	0
13	9	105	21,38	7,03
14	10	11	0	0
15	11	103	25,20	12,20

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ VAO. Назначение — формирование массива вторых адресных отображений (FORTRAN):

```
SUBROUTINE VAO(K,NIP)
COMMON /BL1/N1(200),N2(200),MAO(200)
MAO(1)=0
DO 1 I=1,K
IF(N1(I).EQ.NIP) GO TO 1
DO 3 J=1,K
IF(N1(I).NE.N2(J)) GO TO 3
MAO(I)=J
GO TO 1
3 CONTINUE
1 CONTINUE
RETURN
END
```

Здесь:

K — суммарное число участков в схеме (линейных и трансформаторных);
N1 — массив номеров (шифров) начал участков схемы;
N2 — массив номеров концов участков схемы;
MAO — массив вторых адресных отображений;
NIP — номер (шифр) питающего участка схемы.

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ VAO (PASCAL):

```
procedure VAO(k,nip: integer);
var i,j: integer;
Begin
  mao[1]:=0;
  for i=1 to k do if n1[i]<>nip then
    for j:=1 to k do if n1[i]=n2[j] then mao[i]:=j;
End;
```

Здесь: массивы n1, n2 и mao должны быть объявлены в программе глобальными. В противном случае в подпрограмму должны быть переданы, кроме переменных k и nip, соответствующие указатели на массивы n1, n2 и mao. При передаче в подпрограмму VAO указателей на массивы n1, n2 и mao, при обращении к ним внутри подпрограммы необходимо использовать оператор «^» (например, mao^[i]:=j;).

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ VAO (C/C++):

```
void VAO(int k, int nip, int *n1, int *n2, int *mao)
{
  int i=0,j=0;

  mao[0]=0;
  for(i=0; i<k; i++) if(n1[i]!=nip)
    for(j=0; j<k; j++) if(n1[i]==n2[j]) mao[i]=j;
}
```

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ PTR. Назначение — расчет потокораспределения в схеме разомкнутой электрической сети при сортированной исходной информации (FORTRAN):

```

SUBROUTINE PTR(K,NIP)
COMMON /BL1/N1(200),N2(200),MAO(200)
COMMON /BL2/POTP(200),POTQ(200)
DO 1 I=1,K
IF(N1(I).EQ.NIP) GO TO 1
IF(POTP(I)) 3,1,3
3 P=POTP(I)
Q=POTQ(I)
N=I
4 M=MAO(N)
POTP(M)=POTP(M)+P
POTQ(M)=POTQ(M)+Q
IF(N1(M).TQ.NIP) GO TO 1
N=M
GO TO 4
1 CONTINUE
RETURN
END

```

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ PTR при сортированной исходной информации (PASCAL):

```

procedure PTR(k,nip: integer);
var i,n,m: integer;
    p,q: real;
Begin
  for i:=1 to k do if (n1[i]<>nip) and (potp[i]<>0) then
  begin
    p:=potp[i];
    q:=potq[i];
    n:=i;
    m:=mao(i);
    while n1[m]<>nip do
    begin
      potp[m]:=potp[m]+p;
      potq[m]:=potq[m]+q;
      n:=m;
      m:=mao[n];
    end;
  end;
End;

```

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ PTR при сортированной исходной информации (C/C++):

```

void PTR(int k, int nip, int *n1, int *mao, float *potp,
         float *potq)
{
  int i=0,n=0,m=0;

```

```

float p=0.0,q=0.0;

for(i=0; i<k; i++) if((n1[i]!=nip)&&(potp[i]!=0)) {
    p=potp[i];
    q=potq[i];
    n=i;
    for(m=mao[i]; n1[m]!=nip;) {
        potp[m]+=p;
        potq[m]+=q;
        n=m;
        m=mao[n];
    }
}
}
}

```

Здесь: POTP — массив потоков активных мощностей на участках схемы; POTQ — массив потоков реактивных мощностей. Обращение к подпрограмме PTR и размерности массивов могут быть изменены.

Таблица 9

Результаты расчета потокораспределения для схемы рис. 1 при сортированной исходной информации

N n/n	Nн	Nк	POTP	POTQ
1	1	2	232,05	155,84
2	2	3	7,50	6,61
3	2	4	224,55	149,22
4	3	101	7,50	6,61
5	4	5	151,20	113,40
6	4	6	73,35	35,82
7	5	104	151,20	113,40
8	6	7	26,77	16,59
9	6	8	46,57	19,23
10	7	102	26,77	16,59
11	8	9	21,38	7,03
12	8	10	25,20	12,20
13	9	105	21,38	7,03
14	10	11	25,2	12,20
15	11	103	25,2	12,20

Исходные значения элементов массивов POTP и POTQ перед началом работы подпрограммы PTR (несортированная исходная информация)

N n/n	Nн	Nк	POTP	POTQ
1	1	2	0	0
2	2	3	0	0
3	4	5	0	0
4	3	101	7,50	6,61
5	2	4	0	0
6	4	6	0	0
7	5	104	151,20	113,40
8	6	8	0	0
9	6	7	0	0
10	7	102	26,77	16,59
11	8	9	0	0
12	8	10	0	0
13	11	103	25,20	12,20
14	10	11	0	0
15	9	105	21,38	7,03

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ PTR. Назначение - расчет потокораспределения в схеме разомкнутой электрической сети при несортированной исходной информации (PASCAL):

```

procedure PTR(k,nip: integer)
var i,j,n,m: integer;
    p,q: real;
Begin
  for i:=1 to k do if (n1[i]<>nip) and (potp[i]<>0) then
  begin
    for j:=1 to k do if i=mao[j] then
    begin
      break;
      continue;
    end;
    p:=potp[i];
    q:=potq[i];
    n:=i;
    m:=mao(i);
    while n1[m]<>nip do
    begin
      potp[m]:=potp[m]+p;
      potq[m]:=potq[m]+q;
      n:=m;
      m:=mao[n];
    end;
  end;
End;

```

Следует обратить внимание на то, что в вариантах реализации подпрограммы PTR на языке PASCAL значения массивов potp, potq, n1 и mao в подпрограмму не передаются. Эти массивы должны быть объявлены в программе глобальными. В противном случае в подпрограмму должны быть переданы, кроме переменных k и nip, соответствующие указатели на массивы potp, potq, n1 и mao. При передаче в подпрограмму указателей на массивы potp, potq, n1 и mao, при обращении к ним внутри подпрограммы PTR необходимо использовать оператор «^» (например, potp^(m) :=potp^(m)+p;).

ТЕКСТ ПОДПРОГРАММЫ PTR при несортированной исходной информации (C/C++):

```
Void PTR(int k, int nip, int *n1, int *mao, float *potp,
        float *potq)
{
    int i=0, j=0, n=0, m=0;
    float p=0.0, q=0.0;

    for(i=0; i<k; i++) if((n1[i]!=nip)&&(potp[i]!=0)) {
        for(j=0; j<k; j++) if(i==mao[j]) {
            break;
            continue;
        }
        p=potp[i];
        q=potq[i];
        n=i;
        for(m=mao[i]; n1[m]!=nip;) {
            potp[m]+=p;
            potq[m]+=q;
            n=m;
            m=mao[n];
        }
    }
}
```

Таблица 7

Результаты расчета потокораспределения для схемы рис. 1 при несортированной исходной информации

N n/n	Nн	Nк	ПОТР	ПОТQ
1	1	2	232,05	155,84
2	2	3	7,50	6,61
3	4	5	151,2	113,4
4	3	101	7,50	6,61
5	2	4	224,55	149,22
6	4	6	73,35	35,82
7	5	104	151,20	113,40
8	6	8	46,57	19,23
9	6	7	26,77	16,59
10	7	102	26,77	16,59
11	8	9	21,38	7,03
12	8	10	25,20	12,20
13	11	103	25,20	12,20
14	10	11	25,2	12,20

15	9	105	21,38	7,03
----	---	-----	-------	------

5.6. Определение напряжений в узлах сети

Задача расчета напряжений в узлах сети заключается в определении напряжений U_j во всех узлах сети (см. рис. 1):

$$\begin{aligned}
 U_2 &= U_1 - \Delta U_{1-2} = U_{\text{ин}} - \Delta U_{1-2}; & U_8 &= U_6 - \Delta U_{6-8}; \\
 U_3 &= U_2 - \Delta U_{2-3} = U_{\text{ин}} - \Delta U_{1-2} - \Delta U_{2-3}; & U_{102} &= U_7 - \Delta U_{7-102}; \\
 U_4 &= U_2 - \Delta U_{2-4}; & U_9 &= U_8 - \Delta U_{8-9}; \\
 U_{101} &= U_3 - \Delta U_{3-101}; & U_{10} &= U_8 - \Delta U_{8-10}; \\
 U_5 &= U_4 - \Delta U_{4-5}; & U_{105} &= U_9 - \Delta U_{9-105}; \\
 U_6 &= U_4 - \Delta U_{4-6}; & U_{11} &= U_{10} - \Delta U_{10-11}; \\
 U_{104} &= U_5 - \Delta U_{5-104}; & U_{103} &= U_{11} - \Delta U_{11-103}. \\
 U_7 &= U_6 - \Delta U_{6-7};
 \end{aligned}$$

После расчета значения напряжений на низковольтной стороне трансформаторов (U_{101} , U_{102} , U_{103} , U_{104} , U_{105}) необходимо разделить на коэффициент трансформации, $K_T=10/0,4=25$. Методы определения U_j могут быть разными, например, с использованием тех же адресных отображений (см. блок-схему рис.2.).

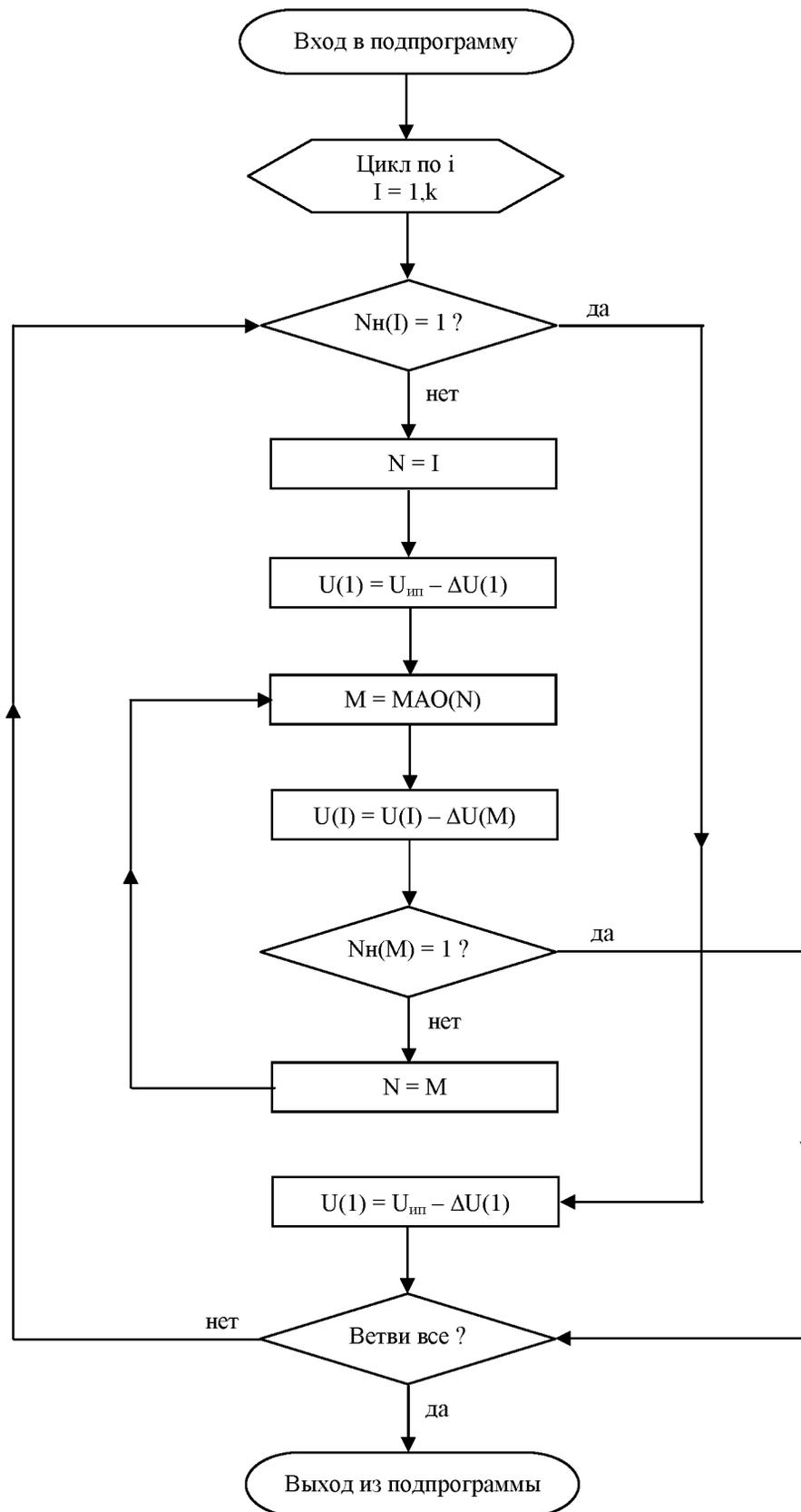
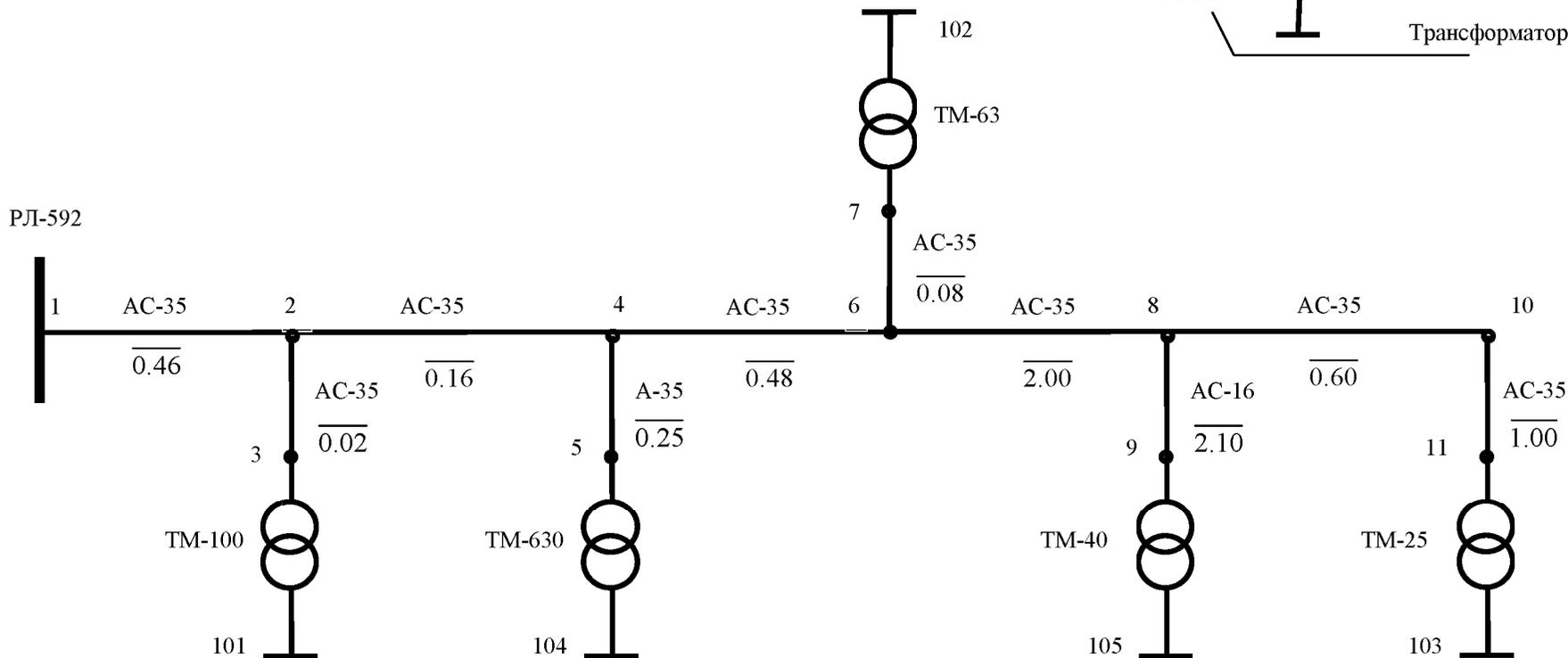
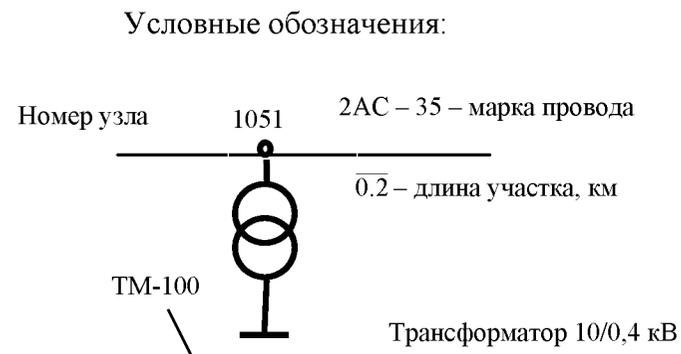


Рис. 2. Блок-схема расчета напряжений
 N и M — рабочие переменные (M — определяет индекс предыдущей ветви; MAO — массив адресных отображений)

5.7. Графическое представление результатов расчета

В последние годы наряду с традиционным табличным широко практикуется представление результатов расчета электрических сетей в графическом виде. Это в ряде случаев более наглядно и удобно. В виде масштабируемой машинной графики могут выдаваться различные фрагменты сети, например, схема сети с нанесенными на ней исходными данными или схема сети с расчетными параметрами схемы ($r_{л}, x_{л}, r_{т}, x_{т}$) или схема сети с нанесенными на нее результатами расчета режима ($W_p, W_q, P, Q, \Delta P, \Delta Q, \Delta U, U$ и т. д.) или потерь электрической энергии и многое другое. Пример графического представления схемы сети вместе с исходными данными показан на рис. 3. На рис. 4 приведен пример представления схемы сети вместе с ее расчетными параметрами ($r_{л}, x_{л}, r_{т}, x_{т}$), а схема сети с результатами расчета номинального режима — на рис. 5.

Энергосистема	РУП «Минскэнерго»
Предприятие эл. сетей	Минские ЭС
Подстанция	Зябровка 110/10
Номинальное напряжение, кВ	10.0
Диспетчерский номер линии	№ 592
Ток головного участка в макс. режиме, А	45
Тангенс φ в макс. режиме	0.8
Активная энергия головного участка, тыс.кВт ч	694.64
Напряжение на шинах в макс. режиме, кВ	10.5



Примечания.

Общее число трансформаторов – 5 шт.

Рис. 3. Пример графического представления схемы электрической сети с нанесенными на нее исходными данными.

Энергосистема	Минскэнерго
Предприятие эл. сетей	Минские ЭС
Подстанция	Зябровка 110/10
Номинальное напряжение, кВ	10.0
Диспетчерский номер линии	№ 592
Ток головного участка в макс. режиме, А	45
Тангенс φ в макс. режиме	0.8
Активная энергия головного участка, тыс.кВт ч	694.64
Напряжение на шинах в макс. режиме, кВ	10.5

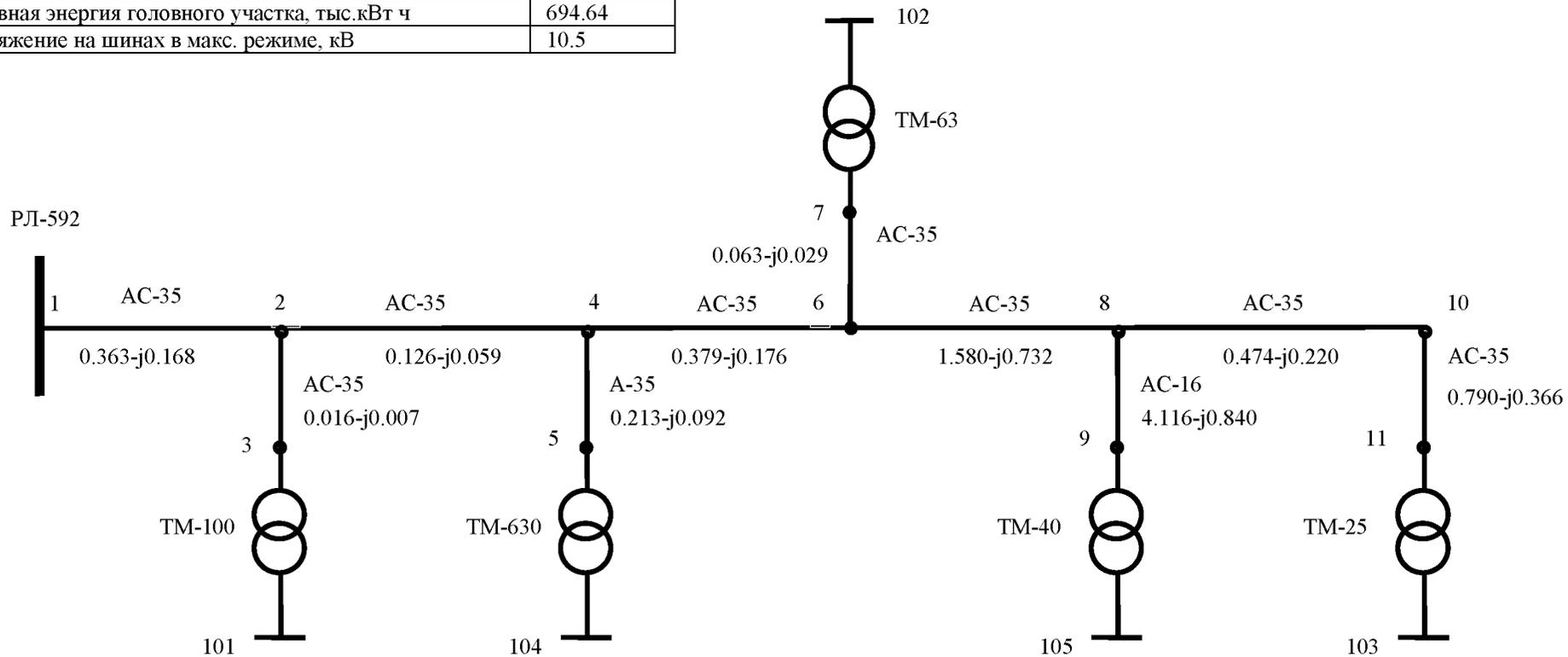


Рис. 4. Пример графического представления схемы электрической сети с нанесенными ее расчетными параметрами (r_L , x_L , r_T , x_T)

Энергосистема	Минскэнерго
Предприятие эл. сетей	Минские ЭС
Подстанция	Зябровка 110/10
Номинальное напряжение, кВ	10.0
Диспетчерский номер линии	№ 592
Ток головного участка в макс. режиме, А	45
Тангенс φ в макс. режиме	0.8
Активная энергия головного участка, тыс.кВт ч	694.64
Напряжение на шинах в макс. режиме, кВ	10.5

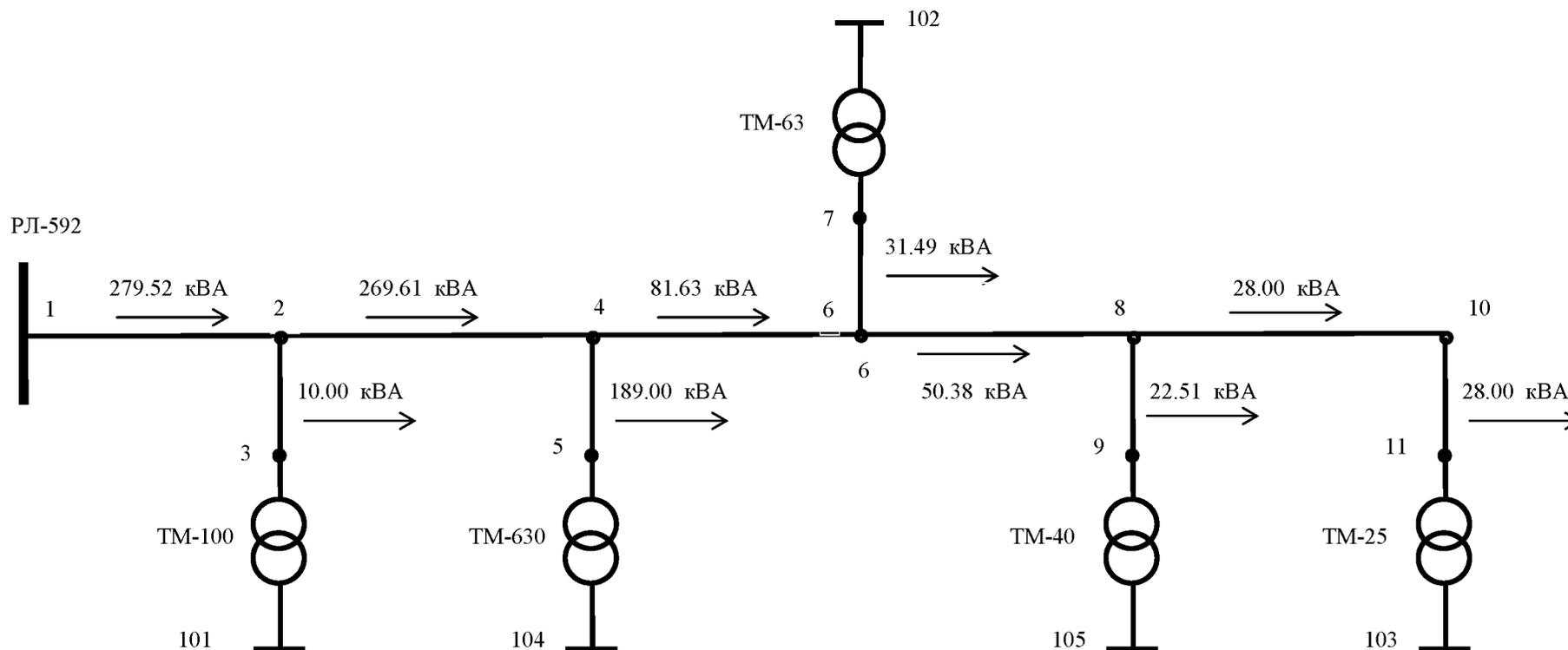


Рис. 5. Пример графического представления схемы электрической сети с нанесенными на нее результатами расчета номинального режима

6. ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Расчетно-пояснительная записка по курсовой работе выполняется на листах писчей бумаги формата А4. На каждом листе оставляются поля: сверху — 20 мм, снизу — 20, справа – 10, слева – 30. Страницы, таблицы, рисунки и формулы должны быть пронумерованы. Заголовки следует писать прописными буквами.

Записка должна содержать:

- титульный лист (выполняется на обложке записки, при нумерации страниц ему присваивается номер 1, однако сам номер на нем не ставится);
- бланк задания на курсовую работу (страница № 2, номер не ставится);
- аннотацию, отражающую основное назначение и характеристику работы (страница № 3, здесь и далее номера страниц помещаются в правом верхнем углу страницы, нумерация страниц сквозная);
- оглавление (страница № 4), в котором перечисляются все вопросы задания:
 - ✓ введение и постановка задачи;
 - ✓ основные аналитические соотношения;
 - ✓ блок-схема и алгоритм решения задачи;
 - ✓ проверка работоспособности алгоритма вручную;
 - ✓ таблица идентификации переменных;
 - ✓ формы входной и выходной печати;
 - ✓ текст отлаженной программы, включающей в себя блоки: ввода и печати исходной информации; диагностики и исправления ошибок; программной реализации основных аналитических положений алгоритма; вывода результатов расчета; графического представления результатов расчета;
 - ✓ результаты расчета и их анализ;
 - ✓ печать графического представления результатов расчета;
 - ✓ инструкция для работы с программой;
 - ✓ список использованных источников.
- параграфы в соответствии с оглавлением расчетно-пояснительной записки.

Образец титульного листа прилагается (см. приложение 1 с. 29).

7. ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Для защиты курсовой работы студент должен сделать доклад и изложить назначение, краткую характеристику и возможности программы, используемую исходную информацию, достоинства и недостатки программы, пути совершенствования алгоритма и программы. При этом студент должен быть готов ответить на дополнительные вопросы по курсу "Информатика".

Оценка по курсовой работе выставляется с учетом глубины и качества разработки, степени самостоятельности выполнения работы, качества оформления записки, доклада и ответов на вопросы.

Форма титульного листа

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Энергетический факультет

Кафедра: «Электрические
системы»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине "Информатика"

**ТЕМА: Разработка алгоритма, составление и отладка программы
для решения электротехнической задачи**

Выполнил :

студент гр. 106211,
Герасимович А. И.

Принял :

д. т. н., проф.,
Фурсанов М. И.

Минск – 2004

Форма задания на курсовую работу

Белорусский национальный технический университет

Факультет "Энергетический"

"УТВЕРЖДАЮ"

Заведующий кафедрой "Электрические системы"

_____ проф. Федин В.Т.

"____" сентября 20____ г.

З А Д А Н И Е

по курсовой работе

Студенту (ке) _____

1. Тема проекта: Разработка алгоритма, составление и отладка программы на ПЭВМ для решения электротехнической задачи

2. Срок сдачи студентом законченного проекта: 30.11.20____ г.

3. Исходные данные к проекту: 1. Схема электрической сети и ее топологические параметры. 2. Блок В.М. Электрические сети и системы: Учебн. пособие. – М.: Высшая школа, 1986. – 430 с.; ил. 3. Руководящие материалы "Энергосетьпроект". 4. Справочные материалы по электроснабжению сел. хоз. 5. Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах. / Под ред. А.В. Петрова, М.: Высшая школа 1984. – 320 с. 6. Офицеров Д.В., Долгий А.В., Старых В.А. Программирование на персональных ЭВМ. / Под. ред. Д.В. Офицера, М.: Высшая школа, 1993. – 248 с.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки: 1. Введение и постановка задачи. 2. Основные аналитические соотношения. 3. Разработка блок-схемы и алгоритма решения задачи. 4. Проверка работоспособности алгоритма вручную. 5. Идентификация переменных. 6. Разработка форм и структур представления исходных данных и результатов расчета. 7. Написание и отладка программы: 7.1. Ввод и печать исходной информации. 7.2. Диагностика и исправление ошибок. 7.3. Программная реализация основных аналитических положений алгоритма. 7.4. Вывод результатов расчета. 7.5. Графическое представление результатов расчета. 8. Выполнение расчетов на ЭВМ, анализ и обобщение полученных результатов. 9. Оформление расчетно-пояснительной записки.

5. Перечень графического материала: 1. Схема электрической сети. 2. Формы входной и выходной печати, графическое представление результатов расчета. 3. Блок-схема программы.

6. Консультанты по работе: д.т.н., проф. Фурсанов М.И.

7. Дата выдачи задания: _____

8. Календарный график работы:

п. 1, 2, 3, 4 _____ –

п. 5, 6, 7 _____ –

п. 8, 9 _____ –

Руководитель _____ /д. т. н., проф. Фурсанов М. И. /

Задание принял к исполнению _____

(дата и подпись студента)

Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 6 и 10 кВ

Тип трансформатора	Мощность, $S_{ном}$, кВА	Каталожные данные					
		$U_{ном}$, кВ, обмоток		$U_{кз}$, %	$\Delta P_{кз}$, кВт	$I_{хх}$, %	$\Delta P_{хх}$, кВт
		ВН	НН				
ТМ-10	10	6.30	0.40	5.50	0.335	10.00	0.105
ТМ-50	50	6.30	0.40	5.50	1.330	7.00	0.350
ТМ-75	75	6.30	0.40	5.50	1.400	7.50	0.290
ТМ-100	100	6.30	0.40	4.50	1.970	2.60	0.310
ТМ-180	180	6.30	0.40	5.50	4.000	6.00	1.000
ТМ-200	200	6.30	0.40	5.50	4.100	7.00	1.200
ТМ-315	315	6.30	0.40	5.50	6.200	7.00	1.600
ТМ-320	320	6.30	0.40	5.50	6.070	6.00	1.600
ТМ-400	400	6.30	0.40	4.50	5.900	2.10	1.080
ТМ-630	630	6.30	0.40	5.50	8.500	2.00	1.680
ТМ-1000	1000	6.30	0.40	5.50	15.000	5.00	4.900
ТМ-10	10	10.50	0.40	5.50	0.335	10.00	0.140
ТМ-20	20	10.50	0.40	5.50	0.600	10.00	0.220
ТМ-20	20	10.50	0.40	5.50	0.600	9.00	0.180
ТМ-25	25	10.50	0.40	4.70	0.690	3.20	0.125
ТМ-30	30	10.50	0.40	5.50	0.850	9.00	0.300
ТМ-40	40	10.50	0.40	4.70	1.000	3.00	0.180
ТМ-50	50	10.50	0.40	5.50	1.320	8.00	0.440
ТМ-50	50	10.50	0.40	5.50	1.325	8.00	0.440
ТМ-60	60	10.50	0.40	5.50	1.280	2.90	0.260
ТМ-63	63	10.50	0.40	4.50	1.280	2.80	0.220
ТМ-100	100	10.50	0.40	5.50	2.400	6.50	0.730
ТМ-160	160	10.50	0.40	4.70	3.100	2.40	0.540
ТМ-170	170	10.50	0.40	5.50	2.650	2.40	0.540
ТМ-180	180	10.50	0.40	5.50	4.100	7.00	1.200
ТМ-200	200	10.50	0.40	5.50	4.100	7.00	1.200
ТМ-250	250	10.50	0.40	4.50	3.700	2.30	1.050
ТМ-300	300	10.50	0.40	5.50	5.000	6.00	1.500
ТМ-320	320	10.50	0.40	5.50	6.200	7.00	1.900
ТМ-380	380	10.50	0.40	4.50	5.500	2.10	0.920
ТМ-400	400	10.50	0.40	4.50	5.500	5.50	1.100
ТМ-560	560	10.50	0.40	5.50	9.400	6.00	2.500
ТМ-800	800	10.50	0.40	5.50	12.000	6.00	4.100
ТМ-1385	1385	10.50	0.40	5.30	14.500	3.10	3.600
ТМ-1600	1600	10.50	0.40	5.50	18.000	1.30	3.300
ТМ-1800	1800	10.50	0.40	5.50	24.000	4.50	8.000
ТМ-2500	2500	10.50	0.40	5.50	25.000	3.50	6.200
ТМ-2500	2500	10.50	0.40	5.50	25.000	1.00	4.600
ТМ-4000	4000	10.50	0.40	6.50	33.500	0.90	6.400
ТМ-4000	4000	10.50	0.40	7.50	33.700	1.00	5.700
ТМ-5600	5600	10.50	0.40	6.50	38.000	1.10	6.100
ТМ-6300	6300	10.50	0.40	7.50	46.500	0.90	9.400
ТМ-2500	2500	35.00	10.50	5.50	25.000	1.10	5.100
ТМ-10000	10000	35.00	10.50	8.00	65.000	0.80	14.500
ТМ-15000	15000	35.00	10.50	8.00	90.000	0.80	21.000
ТМ-16000	16000	35.00	10.50	7.50	90.000	0.80	21.000
ТМ-16300	16300	35.00	10.50	10.00	5.000	0.80	21.000
ТМ-25000	25000	35.00	10.50	9.50	45.000	0.70	29.000
ТМ-40000	40000	35.00	10.50	8.50	80.000	0.60	39.000
ТМ-32000	32000	35.00	10.50	11.50	65.000	0.70	33.000

TMH-1000	1000	10.50	0.40	5.50	12.200	2.80	2.450
TMH-1600	1600	10.50	0.40	5.50	18.000	2.60	3.300
TMH-1800	1800	10.50	0.40	5.50	18.000	1.10	3.650
TMH-2500	2500	10.50	0.40	5.50	25.000	3.50	6.200
TMЗ-400	400	10.50	0.40	5.50	5.500	3.00	1.460
TMЗ-630	630	10.50	0.40	5.50	5.800	3.00	2.300
TMЗ-750	750	10.50	0.40	5.50	7.600	6.00	2.700
TMЗ-1000	1000	10.50	0.40	5.50	11.700	2.50	3.100
TMЗ-1385	1385	10.50	0.40	5.50	15.000	2.50	2.600
TCM-20	20	10.50	0.40	4.50	0.530	9.50	0.150
TCM-35	35	10.50	0.40	4.50	0.830	8.50	0.230
TCM-63	63	10.50	0.40	4.50	1.300	7.50	0.350
TCM-100	100	10.50	0.40	4.50	2.070	6.50	0.500
TCM-180	180	6.30	0.40	4.50	3.200	6.00	0.800
TCM-320	320	10.50	0.40	4.50	4.650	5.50	1.350
TCM-560	560	10.50	0.40	4.50	7.200	5.00	2.000
TCЗ-160	160	10.50	0.40	5.50	2.700	4.00	0.700
TCЗ-250	250	10.50	0.40	5.50	3.800	3.50	1.000
TCЗ-400	400	10.50	0.40	5.50	5.400	3.00	1.300
TCЗ-630	630	10.50	0.40	5.50	7.300	3.00	2.000
TCЗ-1000	1000	10.50	0.40	5.50	11.200	2.50	3.000
TCЗ-1600	1600	10.50	0.40	5.50	16.000	2.50	4.200
TC-250	250	10.50	0.40	5.50	3.800	3.50	1.000
TC-320	320	10.50	0.40	5.50	4.900	3.50	2.600
TC-400	400	10.50	0.40	5.50	5.400	3.00	1.300
TC-560	560	10.50	0.40	5.50	7.400	3.00	3.500
TC-750	750	10.50	0.40	5.50	8.800	2.50	4.000
TCMA-160	160	10.50	0.40	4.50	3.200	6.00	0.800
TCM-315	315	10.50	0.40	5.50	6.200	7.00	1.500
TCM-180	180	10.50	0.40	5.50	4.100	7.00	1.200
TCM-30	30	10.50	0.40	4.50	0.520	9.50	0.160
TCM-160	160	10.50	0.40	4.50	2.650	2.40	0.540
TCM-50	50	10.50	0.40	5.50	1.300	2.90	0.350
TCM-60	60	10.50	0.40	4.50	1.300	7.50	0.350
TCM-250	250	10.50	0.40	5.50	3.700	3.50	0.780
TCM-320	320	10.50	0.40	5.50	6.200	7.00	1.900
TCM-1000	1000	10.50	0.40	5.50	12.200	1.40	2.450
TCM-320	320	10.50	0.40	4.50	4.900	5.50	1.400
TCMA-250	250	10.50	0.40	5.50	3.700	3.50	0.700
TCM-200	200	10.50	0.40	5.50	4.100	7.00	1.200
TCM-750	750	10.50	0.40	5.50	12.000	6.00	4.100
TCMA-560	560	10.50	0.40	5.50	9.400	6.00	2.500
TCM-630	630	10.50	0.40	5.50	7.600	6.00	1.680
TCMA-200	200	10.50	0.40	5.50	4.100	7.00	1.200
TCMA-180	180	6.30	0.40	4.50	3.200	6.00	1.000
TCMA-630	630	10.50	0.40	5.50	7.600	2.00	1.700
TCMA-315	315	10.50	0.40	5.50	4.900	3.50	1.600
TCMA-100	100	10.50	0.40	5.50	2.000	7.50	0.400
TCMA-750	750	10.50	0.40	5.50	12.000	6.00	4.100
THЗ-25	25	10.50	0.40	4.50	0.490	3.00	0.120
THЗ-40	40	10.50	0.40	4.50	0.850	3.00	0.150
TC-180	180	10.50	0.40	5.50	3.000	4.00	1.600
TC-320	320	10.50	0.40	5.50	4.900	3.50	2.600
TC-560	560	10.50	0.40	5.50	7.400	3.00	3.500
TC-750	750	10.50	0.40	5.50	8.800	2.50	4.000
TCM-320	320	10.50	0.40	4.50	4.900	5.50	1.400
TCMA-30	30	10.50	0.40	5.50	1.000	9.00	0.400
TCMA-40	40	10.50	0.40	4.50	1.200	7.00	0.500
TCMA-50	50	10.50	0.40	5.50	1.200	8.00	0.500
TCMA-63	63	10.50	0.40	4.50	1.300	2.80	0.570
TCMA-20	20	10.50	0.40	5.50	0.700	8.00	0.300

Продолжение табл. 1

TTU-200	200	10.50	0.40	5.30	3.400	1.50	0.856
TTU-315	315	10.50	0.40	5.50	4.900	1.10	0.840
TTU-400	400	10.50	0.40	4.50	5.500	2.10	0.920
TTU-250	250	10.50	0.40	4.50	3.700	2.30	0.660
TTU-630	630	10.50	0.40	5.60	7.480	2.00	1.260
TP-160	160	10.50	0.40	4.50	2.966	2.40	0.490
TP-250	250	10.50	0.40	4.50	3.700	2.30	0.660
TP-315	315	10.50	0.40	5.80	5.450	5.60	1.150
TON-200	200	10.50	0.40	5.30	3.860	5.70	0.590
TON-160	160	10.50	0.40	4.90	2.540	2.60	0.389
TE-315	315	10.50	0.40	5.80	5.450	5.60	1.150
HT-200	200	10.50	0.40	5.30	3.400	5.70	0.856
TZ-200	200	10.50	0.40	5.20	3.865	5.80	0.688
UTI-200	200	10.50	0.40	5.00	3.800	5.80	0.870

Таблица 1. Продолжение.

Тип трансформатора	Расчетные данные		
	$R_{гр}$, Ом	$X_{гр}$, Ом	ΔQ_{xx} , кВАр
TM-10	132.96	173.13	1.000
TM-50	21.12	38.21	3.500
TM-75	9.88	27.38	5.625
TM-100	7.82	16.06	2.600
TM-180	4.90	11.09	10.800
TM-200	4.07	10.13	14.000
TM-315	2.48	6.47	22.050
TM-320	2.35	6.40	19.200
TM-400	1.46	4.22	8.400
TM-630	0.85	3.36	12.600
TM-1000	0.60	2.10	50.000
TM-10	369.34	480.92	1.000
TM-20	165.38	254.11	2.000
TM-20	165.38	254.11	1.800
TM-25	121.72	167.77	0.800
TM-30	104.13	173.24	2.700
TM-40	68.91	109.70	1.200
TM-50	58.21	106.39	4.000
TM-50	58.43	106.27	4.000
TM-60	39.20	93.15	1.740
TM-63	35.56	70.27	1.764
TM-100	26.46	54.56	6.500
TM-160	13.35	29.51	3.840
TM-170	10.11	34.21	4.080
TM-180	13.95	30.66	12.600
TM-200	11.30	28.13	14.000
TM-250	6.53	18.74	5.750
TM-300	6.13	19.26	18.000
TM-320	6.68	17.73	22.400
TM-380	4.20	12.36	7.980
TM-400	3.79	11.81	22.000
TM-560	3.30	10.31	33.600
TM-800	2.07	7.29	48.000
TM-1385	0.83	4.14	42.935
TM-1600	0.78	3.71	20.800
TM-1800	0.82	3.27	81.000
TM-2500	0.44	2.39	87.500
TM-2500	0.44	2.39	25.000
TM-4000	0.23	1.78	36.000

Продолжение табл. 1

TM-4000	0.23	2.05	40.000
TM-5600	0.13	1.27	61.600
TM-6300	0.13	1.31	56.700
TM-2500	4.90	26.50	27.500
TM-10000	0.80	9.77	80.000
TM-15000	0.49	6.51	120.000
TM-16000	0.43	5.73	128.000
TM-16300	0.02	7.52	130.400
TM-25000	0.09	4.65	175.000
TM-40000	0.06	2.60	240.000
TM-32000	0.08	4.40	224.000
TMH-1000	1.35	5.91	28.000
TMH-1600	0.78	3.71	41.600
TMH-1800	0.61	3.31	19.800
TMH-2500	0.44	2.39	87.500
TMЗ-400	3.79	14.68	12.000
TMЗ-630	1.61	9.49	18.900
TMЗ-750	1.49	7.95	45.000
TMЗ-1000	1.29	5.92	25.000
TMЗ-1385	0.86	4.29	34.625
TCM-20	146.08	200.49	1.900
TCM-35	74.70	120.47	2.975
TCM-63	36.11	69.98	4.725
TCM-100	22.82	44.05	6.500
TCM-180	3.92	9.12	10.800
TCM-320	5.01	14.67	17.600
TCM-560	2.53	8.49	28.000
TCЗ-160	11.63	36.07	6.400
TCЗ-250	6.70	23.31	8.750
TCЗ-400	3.72	14.70	12.000
TCЗ-630	2.03	9.41	18.900
TCЗ-1000	1.23	5.94	25.000
TCЗ-1600	0.69	3.73	40.000
TC-250	6.70	23.31	8.750
TC-320	5.28	18.20	11.200
TC-400	3.72	14.70	12.000
TC-560	2.60	10.51	16.800
TC-750	1.72	7.90	18.750
TCMA-160	13.78	27.78	9.600
TCM-315	6.89	17.98	22.050
TCM-180	13.95	30.66	12.600
TCM-30	63.70	152.61	2.850
TCM-160	11.41	28.83	3.840
TCM-50	57.33	106.87	1.450
TCM-60	39.81	72.47	4.500
TCM-250	6.53	23.36	8.750
TCM-320	6.68	17.73	22.400
TCM-1000	1.35	5.91	14.000
TCM-320	5.28	14.58	17.600
TCMA-250	6.53	23.36	8.750
TCM-200	11.30	28.13	14.000
TCM-750	2.35	7.74	45.000
TCMA-560	3.30	10.31	33.600
TCM-630	2.11	9.39	37.800
TCMA-200	11.30	28.13	14.000
TCMA-180	3.92	9.12	10.800
TCMA-630	2.11	9.39	12.600
TCMA-315	5.44	18.46	11.025
TCMA-100	22.05	56.49	7.500
TCMA-750	2.35	7.74	45.000
THЗ-25	86.44	178.64	0.750

Продолжение табл. 1

ТНЗ-40	58.57	109.33	1.200
ТС-180	10.21	32.10	7.200
ТС-320	5.28	18.20	11.200
ТС-560	2.60	10.51	16.800
ТС-750	1.72	7.90	18.750
ТСМ-320	5.28	14.58	17.600
ТСМА-30	122.50	160.77	2.700
ТСМА-40	82.69	92.45	2.800
ТСМА-50	52.92	109.12	4.000
ТСМА-63	36.11	69.98	1.764
ТСМА-20	192.94	233.88	1.600
ТТУ-200	9.37	27.67	3.000
ТТУ-315	5.44	18.46	3.465
ТТУ-400	3.79	11.81	8.400
ТТУ-250	6.53	18.74	5.750
ТТУ-630	2.08	9.58	12.600
ТР-160	12.77	28.25	3.840
ТР-250	6.53	18.74	5.750
ТР-315	6.06	19.38	17.640
ТОН-200	10.64	27.21	11.400
ТОН-160	10.94	31.94	4.160
ТЕ-315	6.06	19.38	17.640
НТ-200	9.37	27.67	11.400
ТЗ-200	10.65	26.61	11.600
УТИ-200	10.47	25.49	11.600

Таблица 2

Усредненные расчетные данные воздушных линий и кабелей

Марка про- вода (кабеля)	Номинальное напряжение $U_{\text{ном}}$, кВ	Удельное ак- тивное со- противление R_0 , Ом/км	Удельное ре- активное со- противление X_0 , Ом/км	Допустимый ток $I_{\text{доп}}$, А	Емкостный ток I_c , А
М-6	10.50	3.060	0.397	70	0.000
М-10	10.50	1.790	0.381	95	0.000
М-16	10.50	1.130	0.358	110	0.000
М-25	10.50	0.720	0.345	180	0.000
М-35	10.50	0.515	0.336	220	0.000
М-50	10.50	0.361	0.325	270	0.000
М-70	10.50	0.267	0.309	340	0.000
М-95	10.50	0.191	0.300	415	0.000
М-120	10.50	0.154	0.292	485	0.000
М-150	10.50	0.122	0.287	570	0.000
М-185	10.50	0.099	0.280	650	0.000
А-16	10.50	1.960	0.377	105	0.025
А-25	10.50	1.165	0.377	130	0.025
А-35	10.50	0.850	0.366	175	0.025
А-50	10.50	0.588	0.355	210	0.025
А-70	10.50	0.420	0.345	265	0.025
А-95	10.50	0.315	0.334	330	0.025
А-120	10.50	0.251	0.327	380	0.025
А-150	10.50	0.198	0.319	445	0.025
А-185	10.50	0.161	0.311	510	0.025
АС-16	10.50	1.960	0.400	105	0.025
АС-25	10.50	1.176	0.377	130	0.025
АС-35	10.50	0.790	0.366	175	0.025
АС-50	10.50	0.603	0.355	210	0.025

Продолжение табл. 2

АС-70	10.50	0.429	0.345	265	0.025
АС-95	10.50	0.306	0.334	330	0.025
АС-120	10.50	0.249	0.327	380	0.025
АС-150	10.50	0.199	0.319	445	0.025
АС-185	10.50	0.157	0.311	510	0.025
АС-240	10.50	0.124	0.369	610	0.025
АС-70	35.00	0.429	0.345	265	0.110
АС-95	35.00	0.306	0.334	330	0.110
АС-120	35.00	0.249	0.327	380	0.110
АС-150	35.00	0.199	0.319	445	0.110
АС-185	35.00	0.157	0.311	510	0.110
АС-240	35.00	0.124	0.369	610	0.110
АС-300	35.00	0.105	0.399	690	0.000
АС-400	110.00	0.078	0.391	835	0.000
АС-95	110.00	0.065	0.366	975	0.000
ПСО-4	10.50	17.30	13.66	15	0.025
ПСО-5	10.50	11.00	5.600	20	0.025
АН-16	10.50	1.950	0.391	105	0.025
АН-25	10.50	1.236	0.377	130	0.025
АН-35	10.50	0.902	0.366	175	0.025
АН-50	10.50	0.624	0.355	210	0.025
АН-70	10.50	0.434	0.345	270	0.025
АН-95	10.50	0.326	0.334	330	0.025
АН-120	10.50	0.266	0.327	380	0.025
АН-150	10.50	0.211	0.319	445	0.025
АН-185	10.50	0.171	0.311	510	0.000
АЖ-16	10.50	2.113	0.391	105	0.025
АЖ-25	10.50	1.340	0.377	130	0.025
АЖ-35	10.50	0.978	0.366	175	0.025
АЖ-50	10.50	0.676	0.355	210	0.025
АЖ-70	10.50	0.475	0.345	265	0.025
АЖ-95	10.50	0.353	0.334	330	0.025
АЖ-120	10.50	0.288	0.327	380	0.025
АЖ-150	10.50	0.229	0.319	445	0.025
АЖ-185	10.50	0.185	0.311	510	0.025
ПС-25	10.50	6.850	2.430	100	0.025
ПС-35	10.50	5.200	2.070	100	0.025
ПС-50	10.50	3.700	1.490	90	0.025
ПС-70	10.50	2.330	1.130	125	0.025
ПС-95	10.50	1.870	0.740	150	0.025
ИСТОЧНИК	0.00	0.000	0.000	0	0.000
ОСБ-70	35.00	0.265	0.137	180	3.700
ОСБ-95	35.00	0.189	0.083	230	4.100
ОСБ-120	35.00	0.149	0.081	260	4.400
ОСБ-150	35.00	0.142	0.079	510	4.800
ОСБ-185	35.00	0.097	0.077	600	5.200
ОСБ-240	35.00	0.077	0.075	650	6.300
АОСБ-70	35.00	0.447	0.137	140	3.700
АОСБ-95	35.00	0.329	0.126	175	4.100
АОСБ-120	35.00	0.261	0.120	200	4.400
АОСБ-150	35.00	0.208	0.116	220	4.800
ЦСП-150	35.00	0.206	0.079	355	1.430
ШИНЫ	0.00	0.000	0.000	0	0.000
СБ-16	10.50	1.150	0.113	75	0.520
СБ-25	10.50	0.740	0.099	90	0.620
СБ-35	10.50	0.520	0.095	115	0.690
СБ-50	10.50	0.370	0.090	140	0.770
СБ-70	10.50	0.260	0.086	165	0.900
СБ-95	10.50	0.194	0.083	205	1.000
СБ-120	10.50	0.153	0.081	240	1.100
СБ-150	10.50	0.122	0.079	275	1.300

Продолжение табл. 2

СВ-185	10.50	0.099	0.077	310	1.400
СВ-240	10.50	0.077	0.075	315	1.600
АСВ-16	10.50	1.940	0.133	95	0.520
АСВ-25	10.50	1.240	0.099	120	0.620
АСВ-35	10.50	0.890	0.095	150	0.690
АСВ-50	10.50	0.588	0.090	180	0.770
АСВ-70	10.50	0.420	0.086	215	0.900
АСВ-95	10.50	0.310	0.083	265	1.000
АСВ-120	10.50	0.245	0.081	310	1.100
АСВ-150	10.50	0.196	0.079	355	1.300
АСВ-185	10.50	0.159	0.077	400	1.400
АСВ-240	10.50	0.122	0.075	460	1.600
Ж-4	10.50	15.20	13.10	30	0.000
Ж-5	10.50	11.50	9.000	35	0.000
Ж-6	10.50	8.700	5.000	40	0.000
Ж-35	10.50	4.670	2.770	75	0.000
А-35	6.30	0.850	0.366	175	0.025
А-50	6.30	0.588	0.355	210	0.025
АС-50	6.30	0.603	0.355	210	0.025
ПС-25	6.30	6.850	2.430	100	0.025
ПС-35	6.30	5.200	2.070	100	0.025
ПС-50	6.30	3.700	1.490	90	0.025
АС-150	6.30	0.198	0.319	445	0.025
АС-120	6.30	0.249	0.327	380	0.025
ААШВ-25	10.50	1.240	0.099	90	0.000
ААШВ-35	10.50	0.890	0.095	110	0.000
ААШВ-50	10.50	0.620	0.090	140	0.000
ААШВ-70	10.50	0.443	0.086	165	0.000
ААШВ-95	10.50	0.326	0.083	205	0.000
ААШВ-120	10.50	0.258	0.081	240	0.000
ААШВ-150	10.50	0.206	0.079	275	0.000
ААШВ-185	10.50	0.187	0.077	310	0.000
АСВ-16	6.30	1.980	0.133	70	0.520
АСВ-25	6.30	1.280	0.099	95	0.620
АСВ-35	6.30	0.920	0.095	120	0.690
АСВ-50	6.30	0.640	0.090	140	0.770
АСВ-70	6.30	0.460	0.086	175	0.900
АСВ-95	6.30	0.340	0.083	210	1.000
АСВ-120	6.30	0.270	0.081	240	1.100
АСВ-150	6.30	0.210	0.079	275	1.300
ОСВ-16	6.30	1.200	0.113	90	0.520
ОСВ-25	6.30	0.740	0.099	125	0.620
ОСВ-35	6.30	0.540	0.095	155	0.690
ОСВ-50	6.30	0.390	0.090	185	0.770
ОСВ-70	6.30	0.280	0.086	225	0.900
ОСВ-95	6.30	0.200	0.083	270	1.000
ОСВ-120	6.30	0.158	0.081	310	1.100
ОСВ-150	6.30	0.123	0.079	355	1.300
АС-35	6.30	0.790	0.366	175	0.025
АС-50	35.00	0.603	0.355	210	0.025
АС-185	110.00	0.157	0.311	510	0.110
АЖ-150	35.00	0.229	0.319	445	0.025
АС-150	110.00	0.249	0.327	380	0.110
АС-120	110.00	0.249	0.327	380	0.025
АС-35	35.00	0.790	0.366	175	0.025
А-70	6.30	0.420	0.345	265	0.025
АС-70	110.00	0.245	0.327	450	0.025
М-50	35.00	0.390	0.444	270	0.000

Таблица 3

Коэффициенты мощности трансформаторных пунктов напряжением 10 / 0,4 кВ

Трансформаторные подстанции	Коэффициенты мощности, $\cos \varphi$ и $\operatorname{tg} \varphi$ в максимум нагрузки			
	Дневной		вечерний	
	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
Трансформаторные пункты напряжением 10/0,4 кВ с нагрузкой: производственной, коммунально-бытов., смешанной	0,7	1,02	0,75	0,88
	0,9	0,48	0,92	0,43
	0,8	0,75	0,83	0,67

Таблица 4

Зависимость годового числа часов использования максимума от расчетной нагрузки

Расчетная нагрузка, кВт	Число часов использования максимума T_m для нагрузки		
	коммунально-бытовой	производственной	смешанной
менее 10	900	1100	1300
10...20	1200	1500	1700
20...50	1600	2000	2200
50...100	2000	2500	2800
100...250	2350	2700	3200
более 250	2600	2800	3400

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фурсанов М. И.** Методология и практика расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем. — Мн.: Тэхналогія, 2000. — 247 с.
2. **Фурсанов М. И.** Алгоритмы и программы для оценки режимов, нормирования и снижения технологического расхода энергии в разомкнутых электрических сетях. Учебно-метод. пособие. Мн.: БГПА, 1995. — 178 с.
3. **Вычислительная техника** в инженерных и экономических расчетах. / Под ред. А. В. Петрова — М.: Высш. школа, 1984.
4. **Дембовский Л. М., Ковальков А. Т.** Основы диалоговых режимов работы на малых ЭВМ: Учеб. Пособие, Мн.: БПИ, 1988.
5. **Брич. З. С. и др.** Фортран 77 для ПЭВМ ЕС: Справ. изд. / З. С. Брич, Д. В. Капилевич, Н. А. Клецкова — М.: Финансы и статистика, 1991. — 288 с.: ил.
6. **Соловьев П. В.** Fortran для персонального компьютера. — М.: Арист, 1991 г. — 223 с.
7. **Вальвачев А. Н., Крисевич В. С.** Программирование на языке ПАСКАЛЬ для персональных ЭВМ ЕС; справочное пособие. — Мн.: Выш. шк., 1989.
8. **Офицеров Д. В., Старых В. А.** Программирование в интегрированной среде Турбо-Паскаль: Справ. пособие. — Мн.: Беларусь, 1992. — 240 с.
9. **Офицеров Д. В., Долгий А. В., Старых В. А.** Программирование на персональных ЭВМ. / Под. ред. Д. В. Офицера, М.: Высш. школа, 1993. — 248 с.
10. **Климов Ю. С., Касаткин А. И., Мороз С. М.** Программирование в среде Turbo Pascal 6.0: Справ. пособие. — Мн.: Выш. шк., 1992. — 158 с.
11. **Шилд Г.** Программирование на Borland C++ для профессионалов / Перев. с англ. А. И. Панасюка, А. Н. Филимонова; Худож. обл. М. В. Драко. — Мн.: ООО «Попурри», 1998. — 800 с.: ил.
12. **Страуструп Б.** Язык программирования C++, спец. изд. / Пер. с англ. — М.; СПб.: «Издательство БИНОМ» — «Невский Диалект», 2002 г. — 1099 с.: ил.
13. **Мейн М., Савитч У.** Структуры данных и другие объекты в C++, 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 832 с.: ил.
14. **Блок В. М.** Электрические системы и сети: Учеб. пособие для электроэнергет. спец. вузов. — М.: Высш. школа, 1986.
15. **Будзко И. А., Зуль Н. М.** Электроснабжение сельского хозяйства. — М.: Агропромиздат, 1990.
16. **Бронштейн И. Н., Семендяев К. А.** **Справочник** по математике для инженеров и учащихся втузов.— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. — 718 с., ил.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Постановка задачи.....	4
2. Основные теоретические сведения.....	4
3. Исходная информация.....	10
4. Рекомендации по выполнению работы.....	11
5. Основные этапы выполнения работы.....	11
6. Оформление расчетно-пояснительной записки.....	32
7. Защита курсовой работы.....	32
Приложение 1.....	33
Приложение 2.....	35
Литература.....	43

Учебное издание

ФУРСАНОВ Михаил Иванович

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА,
' СОСТАВЛЕНИЕ И ОТЛАДКА ПРОГРАММЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Учебно-методическое пособие
к курсовой работе по дисциплине «Информатика»
для студентов специальности 1-43 01 02
"Электроэнергетические системы и сети"

Редактор Е.И. Кортель

Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 30.09.2005.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Тайме.

Усл. печ. л. 3,3. Уч.-изд. л. 2,6. Тираж 150. Заказ 71.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0056957 от 01.04.2004.