

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

**С.М. Юдин, В.В. Шестакова  
С.Н. Пашковский, Е.А. Пономарев**

**ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СЕРИИ «РЕТОМ»  
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ  
ДЛЯ ПРОВЕРКИ УСТРОЙСТВ  
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ**

Учебное пособие

Издательство  
Томского политехнического университета  
2011

УДК 621.316.925.1(075.8)

ББК 32.812я73

Ю16

**Юдин С.М.**

Ю16 Испытательные системы серии «РЕТОМ» и их применение для проверки устройств релейной защиты и автоматики: учебное пособие / С.М. Юдин, В.В. Шестакова, С.Н. Пашковский, Е.А. Понамарев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с.

В пособии рассматриваются назначение и состав, структура и технические данные программно-технических измерительных комплексов «РЕТОМ-11», «РЕТОМ-41», «РЕТОМ-51», методика проверки электротехнического оборудования, а также изложены рекомендации по заданию режимов работы сети для моделирования действий релейной защиты и автоматики.

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» и магистрантов направления 140200 «Электроэнергетика».

**УДК 621.316.72(9)**

**ББК 32.812я73**

*Рецензенты*

Кандидат технических наук  
зам. директора по информационным технологиям  
филиала ОАО «СО ЕЭС» Томское РДУ

*С.Л. Березницкий*

Кандидат технических наук  
диспетчер центра управления сетями филиала  
ОАО «ФСК ЕЭС» Томское предприятие МЭС Сибири

*А.В. Панкратов*

© ГОУ ВПО НИ ТПУ, 2011

© Юдин С.М., Шестакова В.В.,

Пашковский С.Н., Понамарев Е.А., 2011

© Обложка. Издательство Томского

политехнического университета, 2011

## Оглавление

Введение .....	4
1. Общие сведения об испытательных системах реле-томограф.....	5
1.1. РЕТОМ-11М.....	5
1.2. РЕТОМ-41М.....	14
1.3. РЕТОМ-51 .....	19
1.4. РЕТОМ-21 и РЕТОМ-61 .....	27
2. Управление источниками тока и напряжения .....	34
2.1. Программа для ручного управления источниками тока и напряжения (РЕТОМ-51) .....	34
2.2. Способы ручного управления источниками тока и напряжения (РЕТОМ-41М).....	46
3. Задание сигналов произвольной формы набором гармоник.....	53
4. Программа воспроизведения аварийного процесса, записанного в comtrade формате.....	62
5. Создание модели энергосистемы .....	75
6. Универсальный миллисекундомер-регистратор .....	84
7. Работа в режиме сохранения .....	92
8. Автоматическая проверка реле тока на РЕТОМ-51 .....	95
9. Автоматическая проверка реле напряжения на РЕТОМ-51 .....	99
10. Автоматическая проверка реле направления мощности .....	103
11. Проверка дифференциального реле серии РНТ-560 на РЕТОМ-41М.....	108
12. Проверка дифференциального реле серии ДЗТ-10 на РЕТОМ-41М.....	120
Приложение 1 .....	134
Приложение 2.....	138

## ВВЕДЕНИЕ

Надежность работы устройств релейной защиты и автоматики во многом определяется качеством проверки их характеристик в условиях эксплуатации. Такие проверки должны проводиться регулярно, однако, учитывая наличие большого числа релейных устройств и устройств автоматики в энергосистемах, это требуют значительных временных затрат и высокой квалификации персонала.

В настоящее время благодаря применению новых современных технологий и компьютерной техники фирмой «Динамика» (г. Чебоксары) были разработаны специальные испытательные системы «реле-томограф» для проверки устройств релейной защиты и автоматики. Некоторые из них представлены в лаборатории релейной защиты и автоматики кафедры электроэнергетических сетей и систем ЭНИН:

**РЕТОМ-11М** – испытательный прибор для проверки простых реле (тока, напряжения, времени, указательных, промежуточных) и другого оборудования в схемах электроснабжения. Не требует наличия ПК.

**РЕТОМ-41М** – компьютерный испытательный комплекс для проверки сложных устройств релейной защиты и автоматики. Использует операционную систему MS DOS.

**РЕТОМ-51** – компьютерный испытательный комплекс для проверки сложных устройств релейной защиты и автоматики. Использует операционную систему Windows.

Наиболее современными моделями реле-томографов, выпускаемыми НПП «Динамика», на сегодняшний день является РЕТОМ-21 и РЕТОМ-61. Краткий обзор данных устройств также приведен в пособии.

Авторы надеются, что предлагаемое учебное пособие поможет студентам получить определенные навыки работы с устройствами типа РЕТОМ и применить их в дальнейшем в своей научно-исследовательской и трудовой деятельности.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ РЕЛЕ-ТОМОГРАФ

## 1.1. РЕТОМ-11М

### **Область применения.**

Испытательная система РЕТОМ-11М не предусматривает использование компьютера и возможности автоматизации процесса проверки.

РЕТОМ-11М предназначен для следующих операций:

- проверка тока срабатывания и возврата, времени срабатывания и возврата реле тока,
- проверка напряжения срабатывания и возврата, времени срабатывания и возврата реле напряжения,
- определение времени срабатывания, возврата, разновременности срабатывания контактов, длительности замкнутого состояния контактов (на замыкающих и размыкающих контактах) для реле времени,
- проверка работоспособности и временных характеристик промежуточных и указательных реле,
- проверка тока срабатывания дифференциальных реле типа РНТ-565, РНТ-566, РНТ-567, ...,
- проверка основных характеристик блоков питания и т. д.

### **Описание функциональных элементов испытательного прибора РЕТОМ-11М**

Рабочее поле прибора (рис. 1.1) состоит из трех функциональных зон, выделенных цветом: зона сетевого питания – серая, силовая зона – оранжевая и информационная зона – голубая.

**Оранжевая (силовая зона).** Оранжевым цветом выделены две области: *ЛАТР1* и *ЛАТР2*. Эти зоны независимы по управлению и имеют гальваническую развязку как между собой так и от сети. В каждом случае оранжевым цветом обведены все элементы, которые относятся к управлению соответствующей силовой части: регуляторы, коммутаторы и пусковые выключатели и т. д.

Принцип работы устройства базируется на двух основных операциях, выполняемых при проверке реле защиты:

- определение параметра (напряжение, ток, мощность) срабатывания/возврата реле,
- определение времени замыкания/размыкания контактов реле при воздействии известного параметра.

Для определения параметра срабатывания/возврата используется источник с возможностью плавного изменения измеряемого параметра – тока или напряжения. В устройстве – это *Источник 1*, который организован на *ЛАТР1* и *Источник 2* – на *ЛАТР2* (рисунки 1.2 и 1.3).

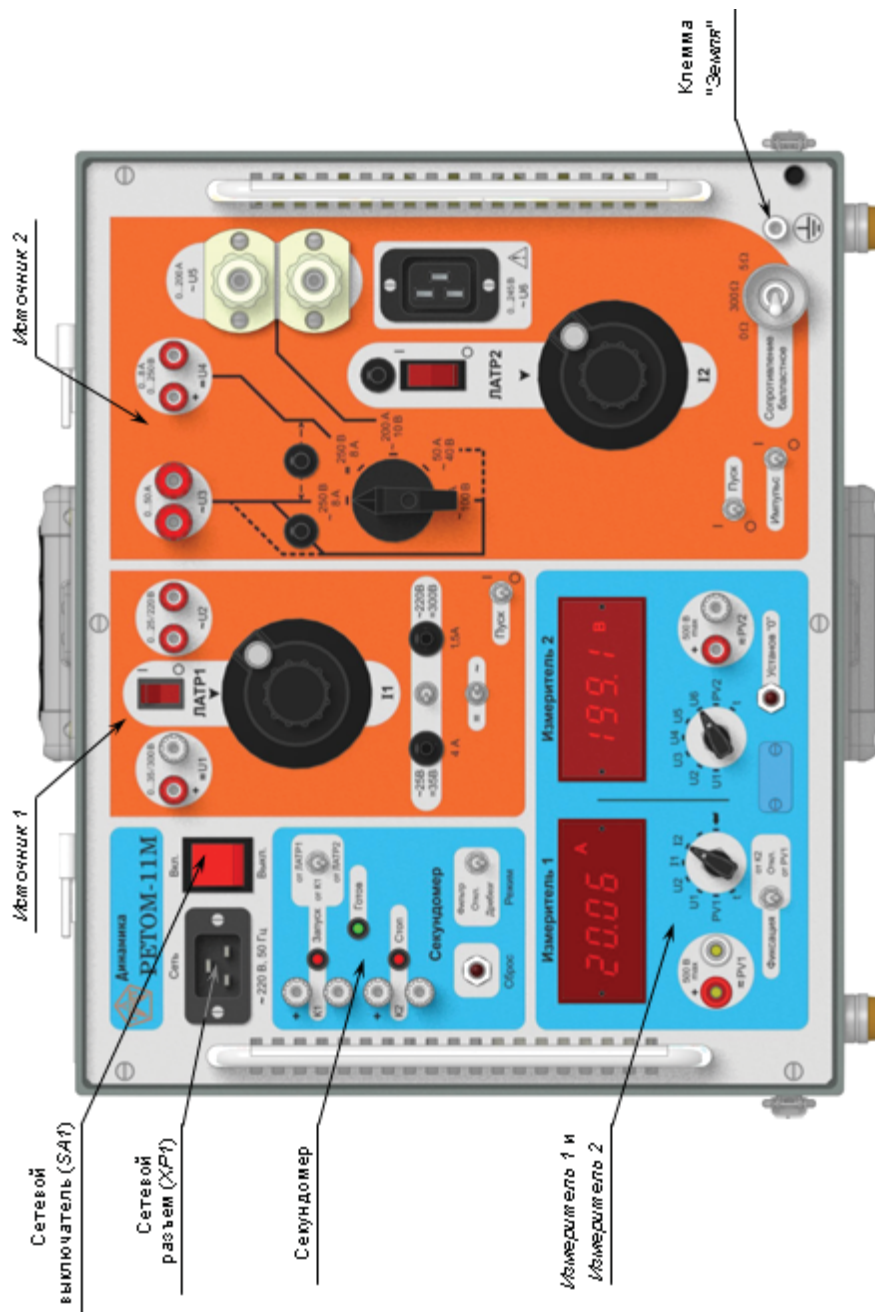


Рис. 1.1. Лицевая панель RETOM-11М с описанием функциональных элементов

**Источник 1** имеет два выхода  $=U1$  и  $\sim U2$ . Выход  $=U1$  предназначен для использования в качестве источника оперативного тока. Выход

$\sim U_2$  используется как вспомогательный источник переменного напряжения. Для обоих выходов имеются два диапазона работы:

$=U_1$ : 1) 0,2–35 В, выходной ток до 4 А;

2) 2,4–300 В, выходной ток до 1,5 А;

$\sim U_2$ : 1) 0,18–25 В, выходной ток до 4 А;

2) 1,6–220 В, выходной ток до 1,5 А.

На рис. 1.2 изображены функциональные элементы *Источника 1* с их кратким описанием.



Рис. 1.2. Источник 1 с описанием функциональных элементов

Для осуществления выдачи напряжения необходимо:

- выбрать род тока (постоянный или переменный) при помощи тумблера *СА5* ( $=/\sim$ );
- установить рабочий диапазон тумблером *СА4* ( $\sim 25\text{ В}$ ,  $=35\text{ В}$  /  $\sim 220\text{ В}$ ,  $=300\text{ В}$ ) и включить тумблер *Пуск* *ЛАТР1* (*СА10*).

Тумблер *Пуск* управляет реле, контакты которого коммутируют выходные цепи по обоим выходам и подают сигнал *Запуск* на секундомер. Величина выходного сигнала регулируется при помощи ручки *ЛАТР1* (*ТВ1*).

**Внимание!** Одновременное использование выходов  $=U_1$  и  $\sim U_2$  невозможно.

В диапазоне 2,4–300 В на холостом ходу при повышенном напряжении питания на выходе =U1 может появиться перенапряжение – **не допускается превышать 450 В.**

Не допускать превышения коммутационной способности контактов реле К1, управляющим выходом =U1. Если необходимо включать/выключать постоянный ток, превышающий его коммутационную способность, то операцию необходимо выполнить выключателем ЛАТР1 (SA3).

**Источник 2** имеет четыре выхода ~U3, =U4, ~U5 и ~U6. Они предназначены для выдачи испытательных токов и напряжений на проверяемые устройства. На них возможно получение нескольких комбинаций номинальных выходных токов и напряжений. К выходам ~U3, ~U5 подключаются разные обмотки встроенного нагрузочного трансформатора. Выход =U4 подключается к этому трансформатору через выпрямительный мост, без сглаживающего конденсатора. Выбор режима выходного сигнала производится с помощью коммутационного пакетного переключателя SA7.

На рис. 1.3 изображены функциональные элементы *Источника 2*.

Выход ~U3 является комбинированным выходом. Он служит для получения переменного тока в трех диапазонах:

0–8 А, 0–20 А и 0–50 А,

или напряжения:

0,5–40 В, 1,2–100 В и 3–250 В.

С выхода =U4 снимается регулируемое выпрямленное (несглаженное) напряжение для проверки реле постоянного тока: диапазон 3–250 В, выходной ток до 8 А.

С выхода ~U5 снимается регулируемый переменный ток 0–200 А, выходное напряжение до 10 В. Этот выход постоянно подключен к нагрузочному трансформатору и при использовании *Источника 2* на нем имеется напряжение.

Разъем (розетка) ~U6 (XS2) предназначен для увеличения выходной мощности прибора, так как он подключен непосредственно к выходу автотрансформатора ЛАТР2. Это приводит к появлению гальванической связи между сетью питания и выходом ~U6.

Напряжение на выходе ~U6 появляется при включении питания *Источника 2* и тумблера *Пуск ЛАТР2* и не зависит от положения коммутационного переключателя SA7. Балластные резисторы к этому выходу не подключаются, поэтому использование низкоомной нагрузки нежелательно. Измерение тока и напряжения на выходе ЛАТР2 осуществляется при положении переключателей *Измерителя 1* и *Измерителя 2* в



позициях  $I2$  и  $U6$  соответственно. Диапазон регулировки напряжения составляет 3–250 В, а выходной ток в длительном режиме не более 6 А.

Для расширения диапазона регулирования тока имеется возможность включения в цепь первичной обмотки нагрузочного трансформатора двух балластных сопротивлений, которые размещены внутри корпуса. Выбор номинала резистора (0, 300 Ом, 5 Ом) осуществляется тумблером *Сопротивление балластное* (SA8) (рис. 1.3).

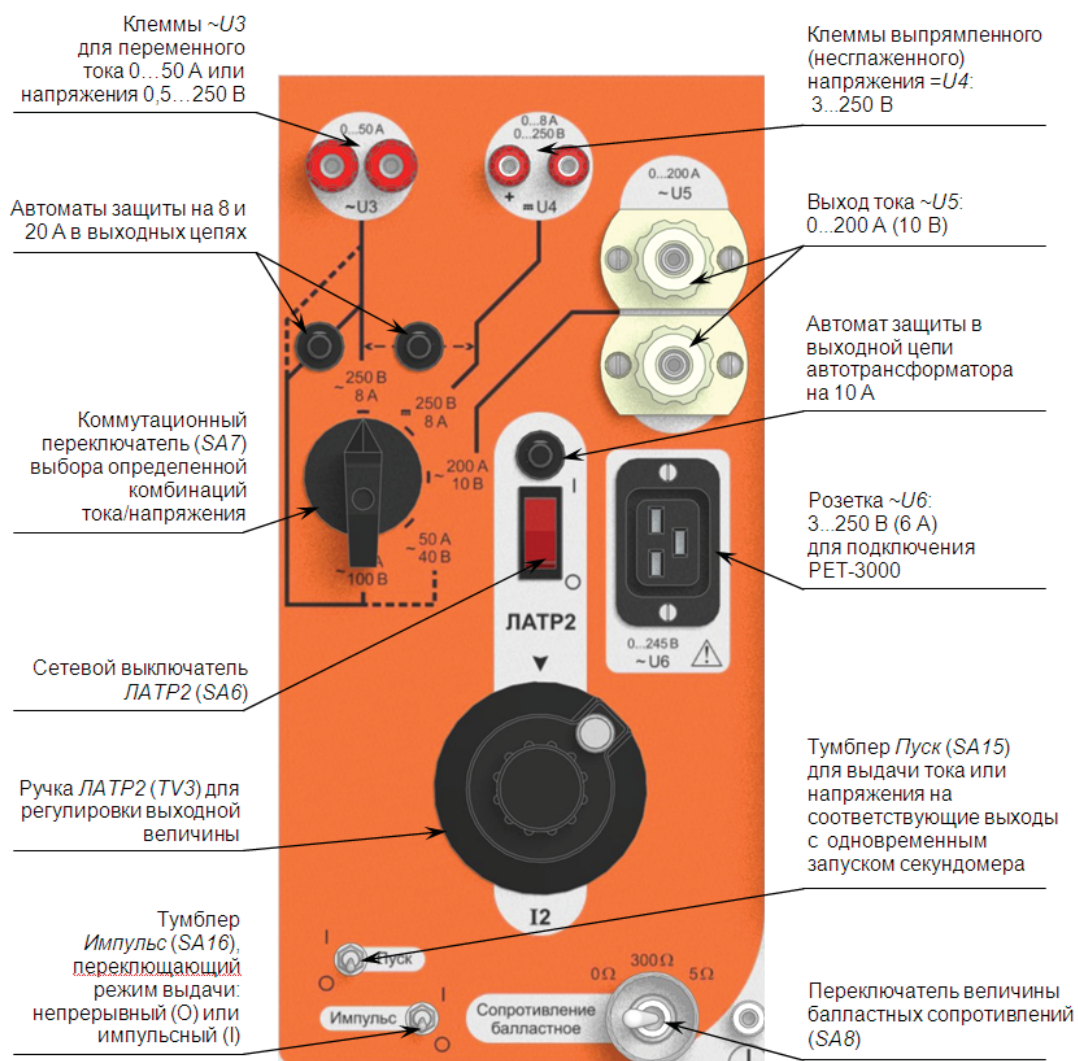


Рис. 1.3. Источник 2 с описанием функциональных элементов

Для *Источника 2* имеется возможность ограничения времени выдачи выходного тока или напряжения, которое включается тумблером *Импульс* (SA16).

Включение осуществляется сетевым выключателем ЛАТР2 (SA6), который подает напряжение 220 В на автотрансформатор. Для защиты его от перегрузки в этой цепи стоит автомат на 10 А.

Тумблер *Пуск* управляет симистором, который подает сетевое напряжение на вход автотрансформатора, а также сигнал *Запуск* на секундомер.

Для осуществления выдачи напряжения необходимо: выбрать рабочий канал (SA7) и номинал балластного сопротивления (SA8), установить тумблер *Импульс* (SA16) в положение «О» (длительный режим), включить ЛАТР2 (SA6) и тумблер *Пуск ЛАТР2* (SA15). Величина выходного сигнала регулируется при помощи ручки ЛАТР2 (TV3). Если необходимо зафиксировать установленную величину, то для этого предназначен фиксатор, расположенный на ручке привода автотрансформатора. Если тумблер *Импульс* (SA16) находится в положении «I», то источник включается только на заранее заданное время.

***Внимание!*** При включенных сетевом выключателе ЛАТР2 и тумблере *Пуск ЛАТР2*, на выходах  $\sim U5$  и  $\sim U6$  всегда присутствует напряжение. Выход  $\sim U6$  имеет гальваническую связь с сетью.

*Одновременное использование двух и более выходов недопустимо.*

*Выбор режима работы и выбор номинала балластного сопротивления можно осуществлять только при отсутствии выходного сигнала, т. е. сетевой выключатель ЛАТР2 или тумблер *Пуск ЛАТР2* должны находиться в положении «О», или ручка ЛАТР2 выведена в нулевое положение.*

**Совместное использование Источника 1 и Источника 2.** В общем случае каждый источник работает самостоятельно, но в зависимости от особенностей проверяемых реле возможно одновременное использование Источника 1 и Источника 2 при проведении проверочных работ. Поскольку оба канала гальванически развязаны между собой, то имеется возможность сложения напряжения двух источников  $\sim U2$  и  $\sim U3$ . Это позволит получить напряжение на выходе до 500 В, но измерение необходимо проводить через вход внешнего вольтметра PV1 или PV2. Максимальный ток в этом случае ограничивает выход  $\sim U2$  и составляет не более 1,5 А.

**Информационная зона (голубая).** Устройство имеет в своем составе контроллер, который управляет прибором и выполняет функции мультиметра и секундомера. Мультиметр позволяет измерять ток и напряжение по любым выходам, а также напряжение по двум дополни-

тельными входами. Секундомер предназначен для контроля всех временных параметров работы проверяемых реле. Секундомер начинает отсчет времени либо от момента изменения входного параметра (переключение тумблера *Пуск ЛАТР1* или *ЛАТР2*), либо от изменения состояния контакта *K1* (*Запуск*), а останавливается в момент изменения состояния контакта *K2* (*Стоп*). При измерении времени срабатывания или возврата проверяемого устройства воздействующий параметр на него подается или снимается скачком.

Результаты измерений отображаются на двух четырехразрядных цифровых индикаторах *Измеритель 1* и *Измеритель 2*.

На рис. 1.4 изображены функциональные элементы измерителей с их кратким описанием.



Рис. 1.4. Функциональные элементы *Измерителя 1* и *Измерителя 2*

Выбор отображаемой информации для каждого индикатора осуществляется своим переключателем. Так переключатель *Измерителя 1* (SA13) имеет следующие положения: *t*, *PV1*, *U1*, *U2*, *I1*, *I2*, ←, а переключатель *Измерителя 2* (SA12) – *U1*, *U2*, *U3*, *U4*, *U5*, *U6*, *PV2*, *t*, где:

*t* – включение режима измерения временных параметров (секундомер);

*PV1*, *PV2* – входы измерения внешнего напряжения, при этом *PV1* обычно используется для датчика тока «петля Роговского», входящего в комплект РЕТ-3000;

*U1* – *U6* – измерение напряжения на соответствующих выходах;

*I1* и *I2* измерение тока с любых выходов по каналам *ЛАТР1* и *ЛАТР2*;

← – переход в режим настройки внутренних параметров.

Мультиметр измеряет действующее (среднеквадратичное) значение. Он имеет автоматическое переключение пределов работы: по напряжению – 2,5; 25; 250; 500 В, по току – 0,25; 2,5; 10; 50; 300 А.

При превышении пределов измерения (305 А для *Источника 2*, 10,5 А для *Источника 1* по току и 505 В по напряжению) на индикаторе отображается переполнение (светится единица на крайнем левом индикаторе) и появляется звуковой сигнал (короткие гудки с коротким интервалом). При уменьшении величины измерительного сигнала переполнение индикатора и звуковой сигнал автоматически снимаются.

В связи с возможным уходом нуля измерителей тока и напряжения, необходимо периодически устанавливать измерители в начало шкалы. Для этого используется кнопка *Установ «0»*. Коррекция датчиков тока происходит при разомкнутых выходных клеммах (на холостом ходу) и включенном тумблере *Пуск* соответствующего источника. Датчики напряжения обнуляются при замкнутых входах (на КЗ) *PV1*, *PV2*, при этом необходимо установить переключатель *Измеритель 1* в положение *PV1*, а переключатель *Измеритель 2* в положение *PV2*. Коррекция проводится независимо для каждого входа.

Установку нуля рекомендуется проводить при измерении малых величин: тока на пределе 250 мА, 2,5 А, напряжения на пределе 2,5 В. При измерении больших величин тока и напряжения уход нуля на показания мультиметра не сказывается.

Измеритель временных параметров (секундомер) является логическим продолжением регулируемых источников при измерении временных характеристик проверяемых устройств. Он функционально связан с ними логикой работы и может ими управлять. Он предназначен для измерения времени замыкания/размыкания контактов проверяемых реле и коммутационных аппаратов. Секундомер реагирует на изменение состояния испытуемых контактов и поэтому не требует предварительной установки типа контакта – *НЗ* или *НО*.

Пределы измерения: 999,9 мс; 99,99; 999,9; 9999 с.

На рис. 1.5 изображены функциональные элементы секундомера с их кратким описанием.

**Внимание!** *Запуск счета секундомера от внешнего контакта, подключенного к клеммам К1, осуществляется только при включении переключателя Запуск в положение от К1!*



Рис. 1.5. Функциональные элементы секундомера

Секундомер имеет три режима работы. Выбор осуществляет тумблером *Режим*:

- *стандартный* (тумблер *Режим* в положении *Откл.*) – измерение основных временных характеристик: время срабатывания, возврата и разновременность;
- *фильтр длительности* (тумблер *Режим* в положении *Фильтр*) – измерения длительности замкнутого или разомкнутого состояния;
- *дребезг* (тумблер *Режим* в положении *Дребезг*) – измерение времени вибрации (дребезга) контактов.

В режиме *стандартный* измерение времени начинается или от момента изменения входного параметра (переключение тумблер *Пуск ЛАТР1* или *ЛАТР2*), или от изменения состояния контакта на входе *K1* (*Запуск*), а останавливается в момент изменения состояния контакта на входе *K2* (*Стоп*) и сопровождается звуковым сигналом.

В режиме *фильтр длительности* измерение времени начинается от первого момента изменения состояния контакта на входе *K1*, а останавливается в момент второго его изменения и сопровождается звуковым сигналом.

В режиме *дребезг* измерение времени начинается от первого момента изменения состояния контакта на входе *K1*, а останавливается в момент начала устойчивого его срабатывания и сопровождается звуковым сигналом.

Состояние контактов *K1* и *K2* индицируется светодиодами *Запуск* и *Стоп* соответственно.

Подготовка секундомера к работе производится кнопкой *Сброс*. Готовность секундомера индицируется светодиодом *Готов*.

Результаты измерений отражаются на индикаторах *Измеритель 1* или *Измеритель 2* при положении соответствующего переключателя в положении  $t$ , причем запуск и останов счета происходит вне зависимости от положения переключателей.

## 1.2. РЕТОМ-41М

### **Область применения.**

Стандартное программное обеспечение, которое входит в комплект поставки испытательной системы РЕТОМ-41М обеспечивает новые возможности, значительно превосходящие возможности испытательного прибора РЕТОМ-11М. Испытательная система РЕТОМ-41М позволяет осуществлять следующие операции:

- проверка реле тока, напряжения, времени, реле направления мощности, реле тока обратной последовательности и т. д. в ручном или автоматическом режиме,
- проверка дифференциальных реле типа РНТ-560, ДЗТ-10 и т. д.,
- проверка дистанционной защиты в ручном, полуавтоматическом или автоматическом режиме,
- проверка характеристик реле при несинусоидальных сигналах,
- проверка РЗ при режимах близких к реальным режимам повреждений в энергосистемах (физическое воспроизведение результатов математических расчетов),
- воспроизведение аварийных процессов, записанных цифровыми осциллографами,
- проверка устройств АЧР,
- проверка счетчиков электроэнергии,
- проверка устройства блокировки при качаниях КРБ-125, КРБ-126, а также некоторые другие операции.

### **Структура испытательной системы и схема подключения**

Испытательная система включает в себя блок РЕТОМ-41М и компьютер. Связь между ними осуществляется по параллельному порту. На рис. 1.6 приведена структура испытательной системы.

Пользователь задает на персональном компьютере необходимые ему режимы работы. Компьютер моделирует заданные режимы и вырабатывает цифровые выборки токов и напряжений. Эти выборки передаются в РЕТОМ-41М.

Силовые цифро-аналоговые преобразователи масштабируют поступающие выборки и формируют аналоговые сигналы токов всех трех фаз и нулевого провода и напряжений трех фаз.

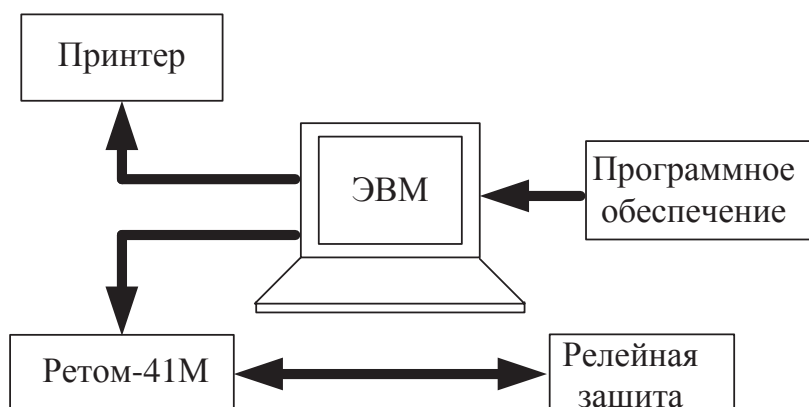


Рис. 1.6. Структура испытательной системы

Указанные силовые сигналы подаются на вход проверяемой РЗ. Реакция защиты в виде контактов реле через РЕТОМ-41М подается в компьютер, который обрабатывает эту информацию, синхронизирует ее с реальным временем и выдает в виде протокола испытания на экран дисплея и/или принтер.

### Описание испытательного прибора РЕТОМ-41М

На рис. 1.7 представлен внешний вид прибора РЕТОМ-41М.

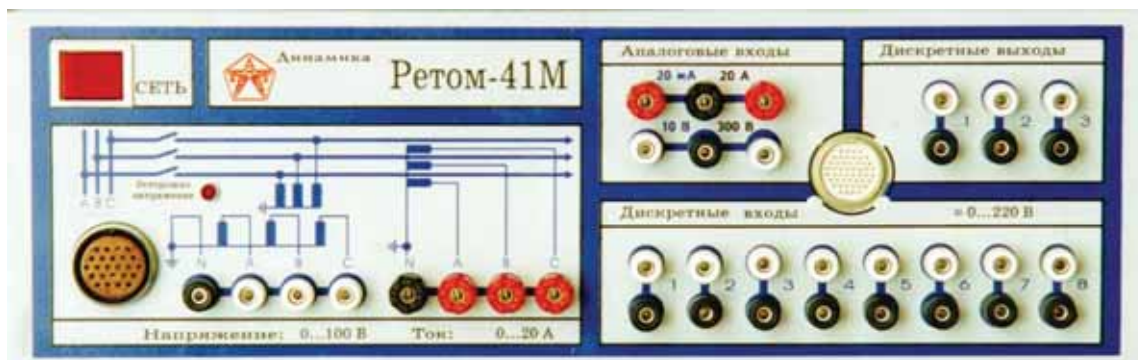


Рис. 1.7. Передняя панель РЕТОМ-41М

Для подачи на испытуемые устройства токов и напряжений блок РЕТОМ – 41М имеет в своем составе три источника тока и три источника напряжения расположенные в ряд в левой нижней части передней панели (рис. 1.7). Управление этими источниками осуществляется от компьютера с помощью специальной программы.

Для приема дискретного сигнала от испытуемого устройства на блоке имеется восемь дискретных входов, к которым подключаются

контакты испытуемых реле. Замыкание или размыкание контактов фиксируется на экране компьютера в специальном окне.

Для замера аналоговых сигналов, снимаемых с испытуемых устройств, имеются аналоговые входы по току и напряжению.

### **Технические характеристики блока РЕТОМ – 41М**

**Источники тока.** Три источника тока могут использоваться как в трехфазном режиме, так и в однофазном. В трехфазном режиме ток изменяется от 0 до 20А, в однофазном от 0 до 60А. В режиме постоянного тока – от 0 до 20А.

**Источники напряжения.** В трехфазном режиме напряжение изменяется от 0 до 120 В, в однофазном режиме – от 0 до 240 В. В режиме источника постоянного напряжения – от 0 до 320 В.

### **Правила эксплуатации**

Прибор РЕТОМ является сложным электронным устройством, требующим при эксплуатации повышенной внимательности и осторожности, в связи с этим необходимо соблюдать следующие правила:

- на выходных клеммах прибора присутствует опасное для жизни напряжение, о чем сигнализирует свечение соответствующего светодиода, расположенного на передней панели РЕТОМа;
- закорачивание цепей тока и напряжения между собой может вывести прибор из строя;
- при работе с токовыми каналами неиспользуемые выходы лучше подключить к клемме N, это исключит случайное срабатывание защиты от холостого хода (э/м наводки, переходные процессы при включении токовых каналов);
- повторное включение прибора производить через 2 и более минуты;
- время переключения токовых каналов с диапазона 20 А на 2 А или обратно составляет около 15 секунд. В это время нежелательно производить какие-либо операции с программой;
- при выводе сообщения о перегреве прибора его можно не отключать от сети, а подождать несколько минут, не выдавая сигналы, работающий вентилятор быстро остудит прибор;
- в случае подключения защиты (реле) к токовым каналам без использования клеммы N (например, нагрузка, соединенная в «треугольник»), необходимо задавать векторную диаграмму токов таким образом, чтобы исключить возникновение тока нулевой последовательности. То есть каждый канал тока должен быть отрегулирован по амплитуде и фа-



зе, чтобы при подаче векторной диаграммы токов, исключающей нулевую последовательность, они в сумме не давали тока более 20 мА, иначе сработает защита от холостого хода;

- подключение LPT-кабеля производить только при выключенном РЕТОМе и компьютере;

**Начало работы.** Запустить программу RETOM41R.BAT в папке RETOM41R. На экране появится главное меню системы (рис. 1.8).

## РЕЛЕ-ТОМОГРАФ 41М



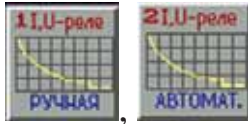
Рис. 1.8. Главное меню системы

Ниже представлены краткие характеристики некоторых программ, входящих в стандартное программное обеспечение.



### **Ручное управление источниками тока и напряжения.**

Программа предназначена для независимого управления 3-мя источниками тока и 3-мя источниками напряжения в ручном режиме. Программа позволяет проводить проверку не только уставок по токам (напряжениям), но и обеспечивает измерение времен срабатывания и возврата путем скачкообразного изменения любого из выбранных входных параметров, в том числе и частоты всей системы.



**Ручная и автоматическая проверка реле тока и напряжения.** Программы предназначены для проверки реле тока и напряжения соответственно в ручном и автоматическом режимах, позволяют независимо управлять токами и напряжениями, создавать при проверке любую векторную диаграмму, осуществлять проверки в режимах однофазных, двухфазных и трехфазных КЗ.



**Проверка характеристик при несинусоидальных входных сигналах.** Программа предназначена для проверки характеристик различных защит при подаче на вход токов и напряжений произвольной формы. Несинусоидальность задается пользователем по его усмотрению путем введения во входные сигналы до десяти высших гармонических и аперiodических составляющих.



**Графическое задание сигналов и токов любой формы.** Данную программу можно назвать «Рисование сигналов U и I». Этот продукт дает возможность рисовать необходимый сигнал любой формы, моделируя некоторый предшествующий режим, записанный осциллографом. Данная программа, например, позволяет воспроизвести все циклы аварии и подать через РЕТОМ воспроизведенные токи и напряжения на защиту.



**Модель энергосистемы.** Программа предназначена для проверки релейной защиты при режимах, близких к реальным режимам повреждений в энергосистемах. Программа позволяет задавать параметры энергосистемы, токи и напряжения нагрузочного режима, место установки релейной защиты, вид и место повреждения.



**Многофункциональный секундомер.** Программа предназначена для проверки времен функционирования реле. Имеется возможность задать число повторов измерения.

### 1.3. РЕТОМ-51

#### Область применения

Автоматизированная проверка и наладка устройств релейной защиты и автоматики всех поколений:

- современные микропроцессорные реле и сложные системы защиты отечественных и зарубежных фирм,
- полупроводниковые отечественные устройства РЗ и А, например, серий ШДЭ, ПДЭ, ШП и др.,
- вся номенклатура электромеханических панелей и комплектов защиты и автоматики производства ОАО «ЧЭАЗ»,
- отечественные и зарубежные приборы определения места повреждения,
- панели противоаварийной автоматики и цепи телеизмерения,
- устройства синхронизации,
- счетчики электроэнергии,
- железнодорожные защиты.

Возможность работы в среде Windows дополнительно позволяет:

- создавать протоколы в свободной форме, например в редакторе Microsoft Word,
- проводить углубленный анализ результатов проверки, например в Microsoft Excel;
- прогнозировать возможные неисправности с использованием экспертных систем;
- вести диалог проверочной системы с проверяемым объектом (только для микропроцессорных систем) без участия человека, как до проведения проверки, так и во время неё.

#### Структура РЕТОМ-51

На рис. 1.9 приведена структура измерительного программно-технического комплекса РЕТОМ-51.

Пользователь с помощью персонального компьютера (ПК) задает необходимые режимы работы, ПК рассчитывает эти режимы и передает всю необходимую информацию на внутренний контроллер (ВК) устройства РЕТОМ-51. По полученной информации ВК рассчитывает цифровые выборки токов и напряжений и передает их в интерфейсный модуль (ИМ), затем на силовые цифро-аналоговые преобразователи (Силовые ЦАП), а сформированный ими сигнал – на соответствующие усилители. Силовые ЦАП масштабируют аналоговые сигналы токов  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  и напряжений  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  до заданных величин и обеспечивают необ-

ходимый уровень мощности. Указанные сигналы передаются на входы проверяемой защиты.

Выходы проверяемого устройства защиты (контактные или потенциальные) подключаются к дискретным входам устройства РЕТОМ-51 через ИМ. Полученные сигналы передаются в ВК, где проводится первичная обработка и синхронизация с реальным временем. Полученная информация передается в ПК для окончательного анализа и оформления протокола испытаний, который может быть выведен на дисплей или печатающее устройство.

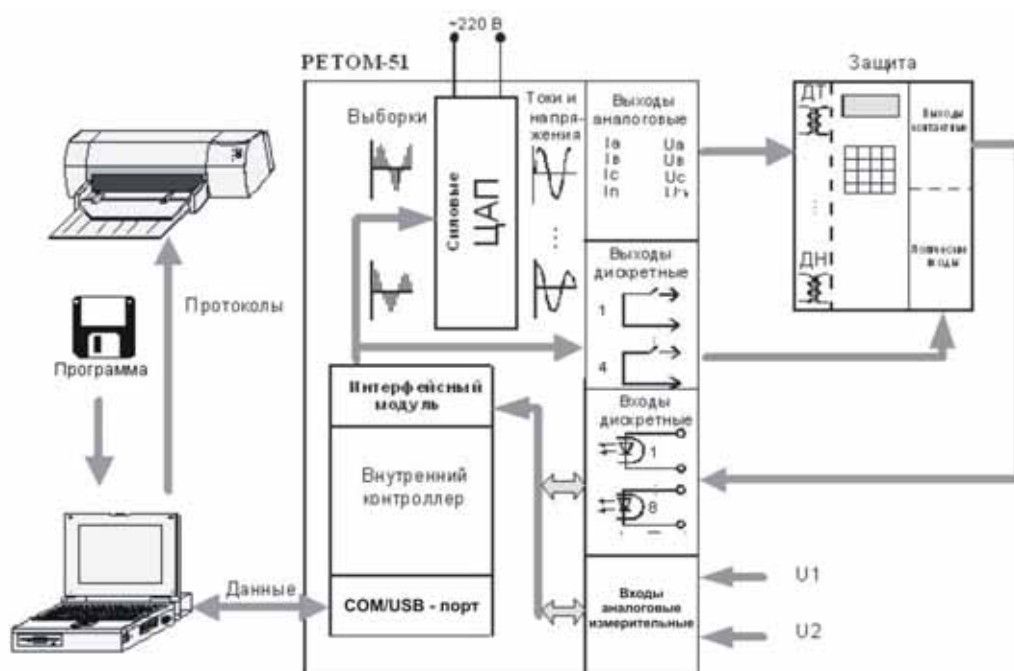


Рис. 1.9. Структура ИПТК РЕТОМ-51

ВК управляет также реле, которые установлены в приборе РЕТОМ-51 (Выходы контактные), и обрабатывает информацию, полученную от АЦП (Входы аналоговые).

### Технические характеристики устройства РЕТОМ-51

**Источники тока.** Три источника тока могут использоваться как в трехфазном режиме, так и в однофазном. В трехфазном режиме ток изменяется от 0 до 20А, в однофазном от 0 до 60А. В режиме постоянного тока – от 0 до 20 А.

**Источники напряжения.** В трехфазном режиме напряжение изменяется от 0 до 120 В, в однофазном режиме – от 0 до 240 В. В режиме источника постоянного напряжения – от 0 до 320 В.

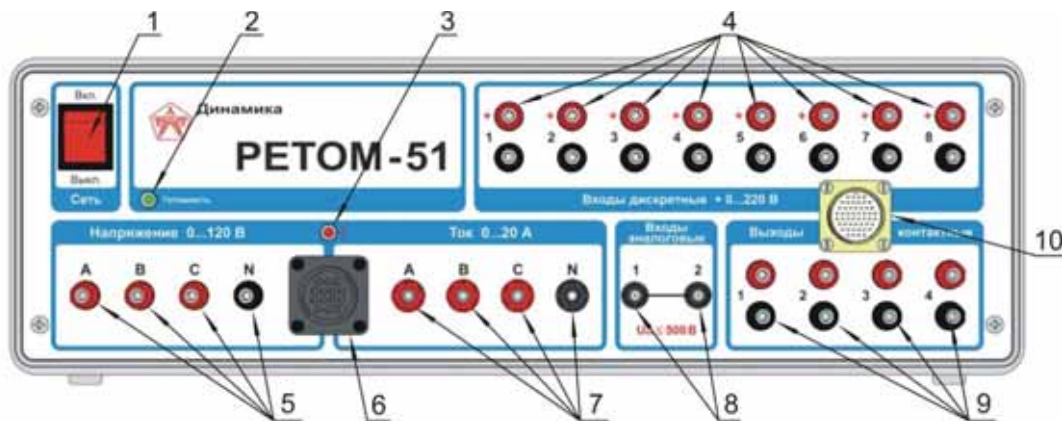


Рис. 1.10. Лицевая панель РЕТОМ-51

- 1 – выключатель *Сеть*;
- 2 – индикатор готовности;
- 3 – индикатор высокого напряжения;
- 4 – клеммы дискретных входов (8 входов);
- 5 – клеммы выходов источников напряжения ( $U_A, U_B, U_C, U_N$ )
- 6 – разъем для подключения внешнего силового кабеля КС-51.01, гальванически связан с выходами источников тока и напряжения (поз. 5 и 7);
- 7 – клеммы выходов источников тока ( $I_A, I_B, I_C, I_N$ );
- 8 – разъёмы аналоговых входов;
- 9 – клеммы контактных выходов;
- 10 – разъем для подключения внешнего информационного кабеля КИ-51.01 (гальванически связан с поз. 4, 9)

**Правила эксплуатации** аналогичны правилам для РЕТОМ-41М и дополнены следующими указаниями:

- подключение РЕТОМ-51 к компьютеру по СОМ-порту производить только при выключенном РЕТОМ-51 и компьютере, USB-порт позволяет «горячее» подключение;
- программное обеспечение для РЕТОМ-51 работает только под управлением операционной системы Windows (98, XP, 2000);
- для запуска программ РЕТОМ-51 необходимо дождаться загорания зеленого светодиода на передней панели прибора;
- выключать РЕТОМ-51 разрешается только после закрытия программы – «Реле-Томограф-51».

### **Начало работы с РЕТОМ-51**

Запустить программу Реле-Томограф-51 можно следующими способами:

- *запустить программу ARM32.exe, расположенную в папке C:\Program Files\Dynamics\RETOM51;*

- использовать меню «Пуск – Все программы – Dynamics – Retom51»;
- воспользоваться ярлыком, расположенным на рабочем столе.



На экране появится главное меню системы (рис. 1.11).

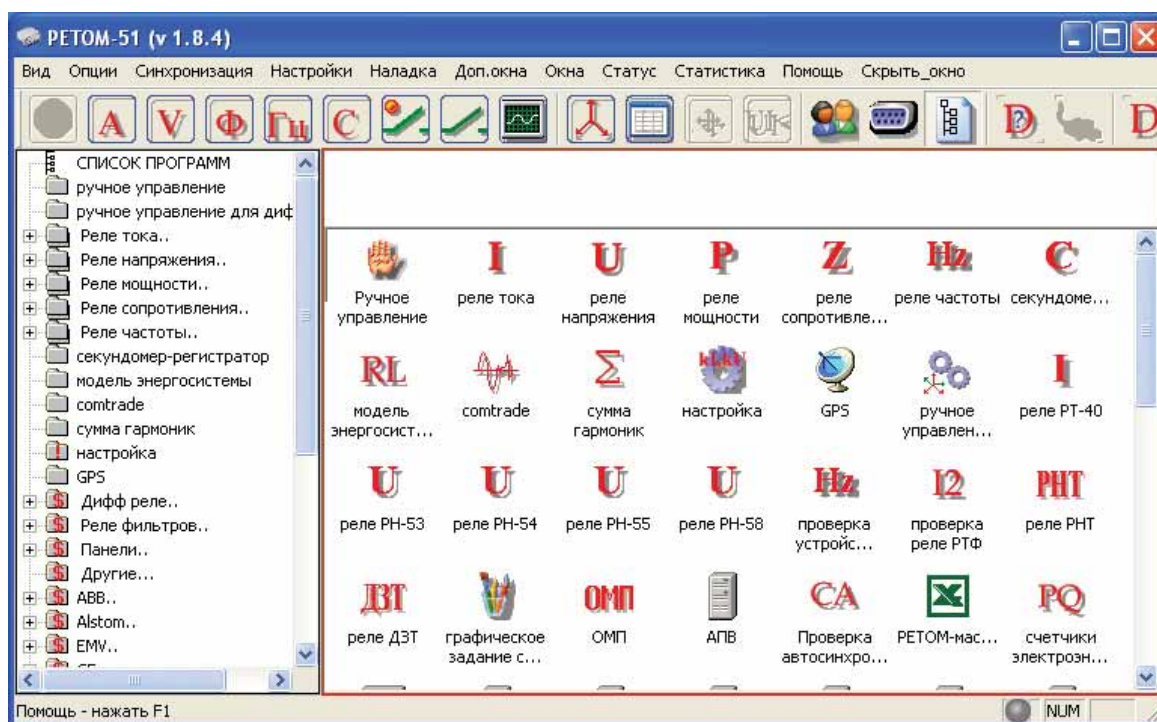


Рис. 1.11. Главное окно программы работы с Ретом-51

В верхней части окна находится строка меню, состоящая из следующих пунктов: *Вид*, *Опции*, *Настройки*, *Наладка*, *Доп.окна*, *Окна*, *Статус*, *Помощь* и др. Рассмотрим некоторые из них.

Пункты меню *Вид* и *Опции* имеют структуру, представленную на рис. 1.12 и рис. 1.13.

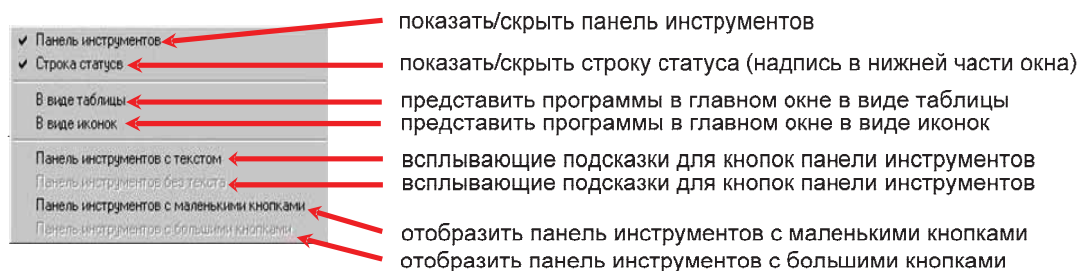


Рис. 1.12. Структура выпадающего меню Вид

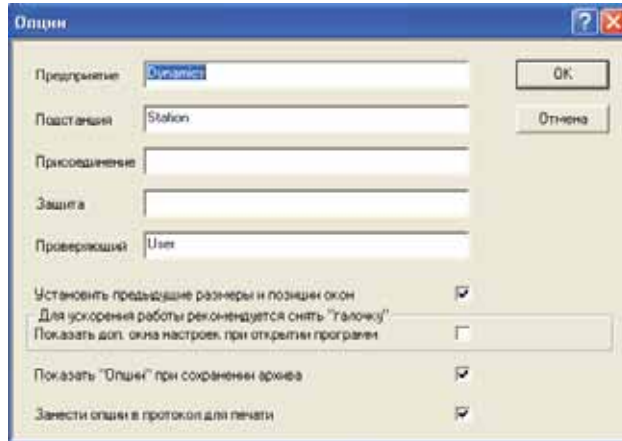


Рис. 1.13. Меню ввода опций протокола

Пункт меню *Настройки* необходим для установки коэффициентов РЕТОМа, настройки каналов связи и конфигурации РЕТОМа и связи. Структура пункта с пояснениями представлена на рис. 1.14.

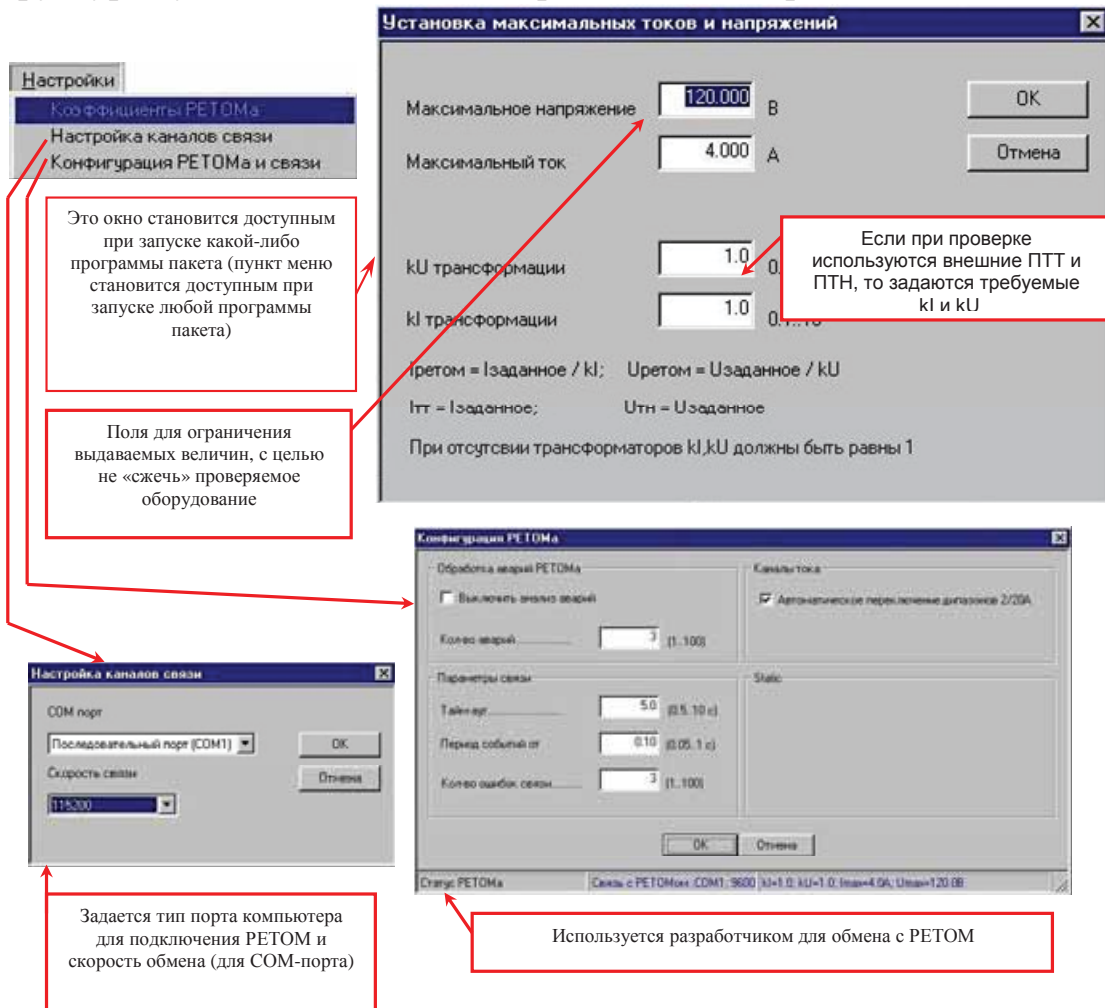


Рис. 1.14. Пункт меню *Настройки*

Пункт меню *Наладка* используется разработчиком РЕТОМ-51 и недоступен для пользователя.

Если помимо окна программы открыты какие-либо дополнительные окна, то их можно *Свернуть*, *Восстановить*, *Заккрыть* с помощью пункта меню *Доп.окна*.

Пункт меню *Окна* включает в себя две функции: *Восстановить исходные позиции при открытии* – восстанавливает размеры и положение окон на экране компьютера, по умолчанию принятое разработчиком; *Перерисовать окна* – обновляет окна.

Пункт меню *Статус* вызывает окно статуса, т. е. системную информацию, информацию о текущем состоянии РЕТОМ, информацию об опциях и т. д. (рис. 1.15).

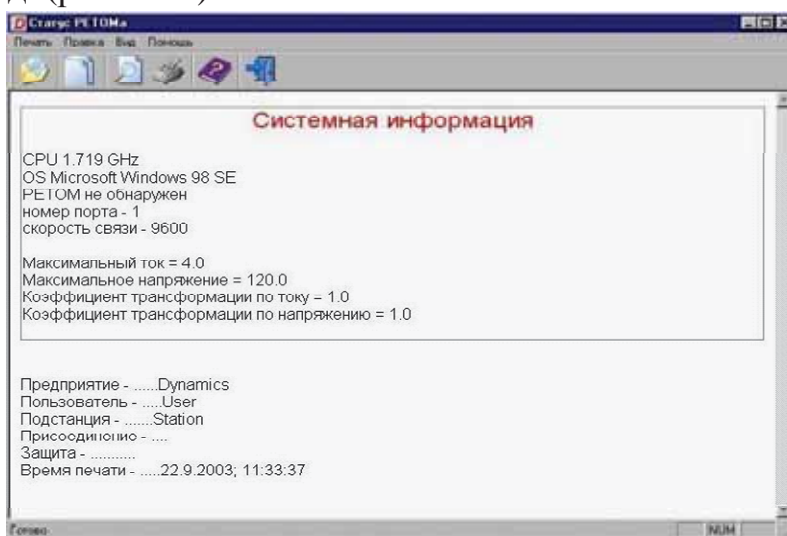


Рис. 1.15. Пункт меню *Статус*

Под строкой меню находятся кнопки панели инструментов. На рис. 1.16 – 1.20 показаны назначения кнопок панели инструментов.

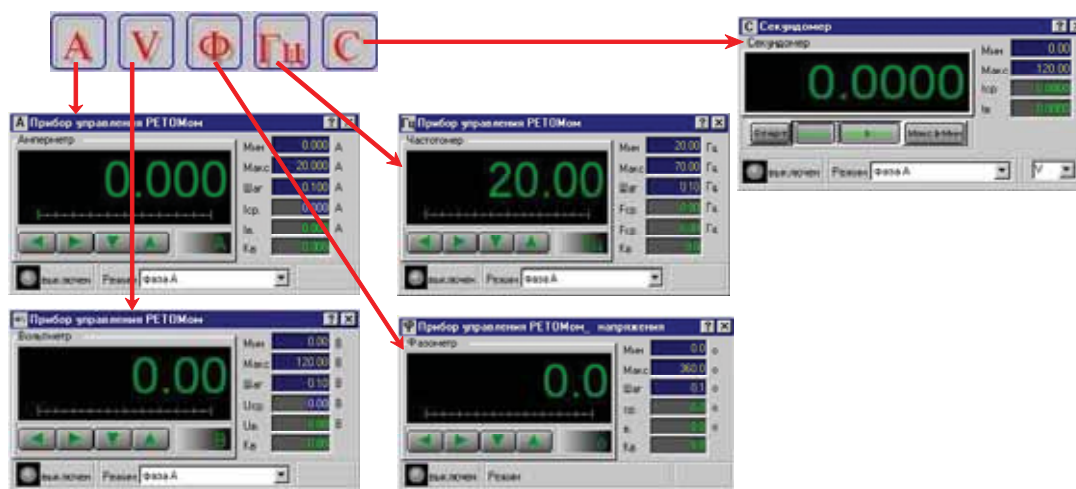


Рис. 1.16. Кнопки для вывода на экран приборов



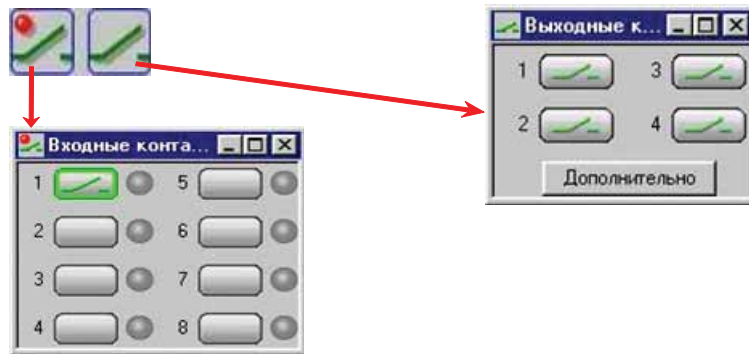


Рис. 1.17. Кнопки вывода на экран дополнительных окон дискретных входов и выходов РЕТОМ

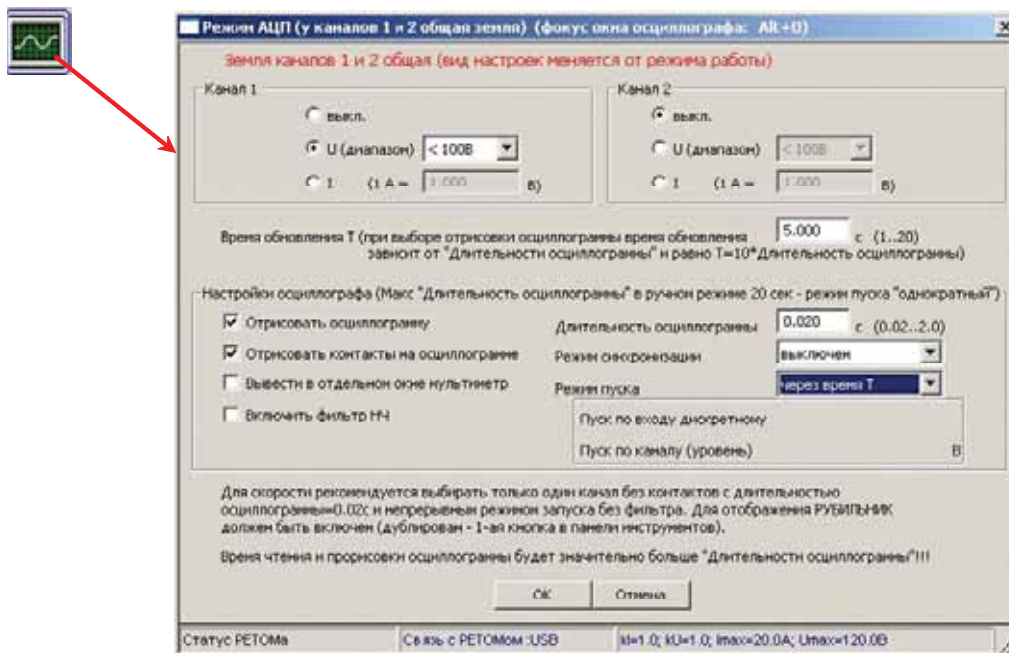


Рис. 1.18. Кнопка вывода на экран окна задания режима АЦП.

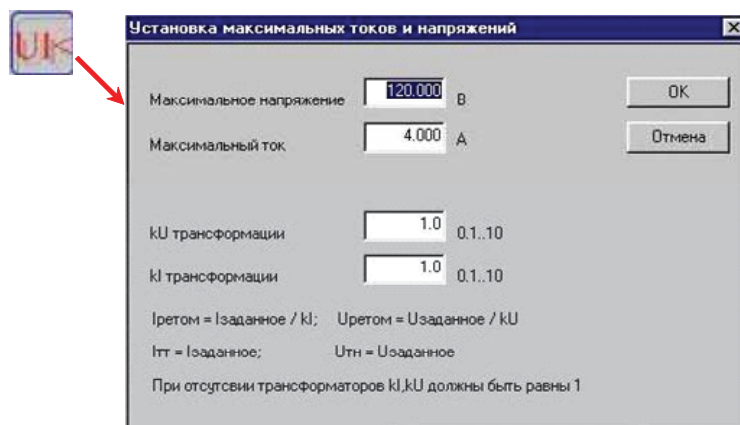


Рис. 1.19. Кнопка задания ограничения выдаваемых токов и напряжений и коэффициентов трансформации (если используются ПТТ и ПТН)

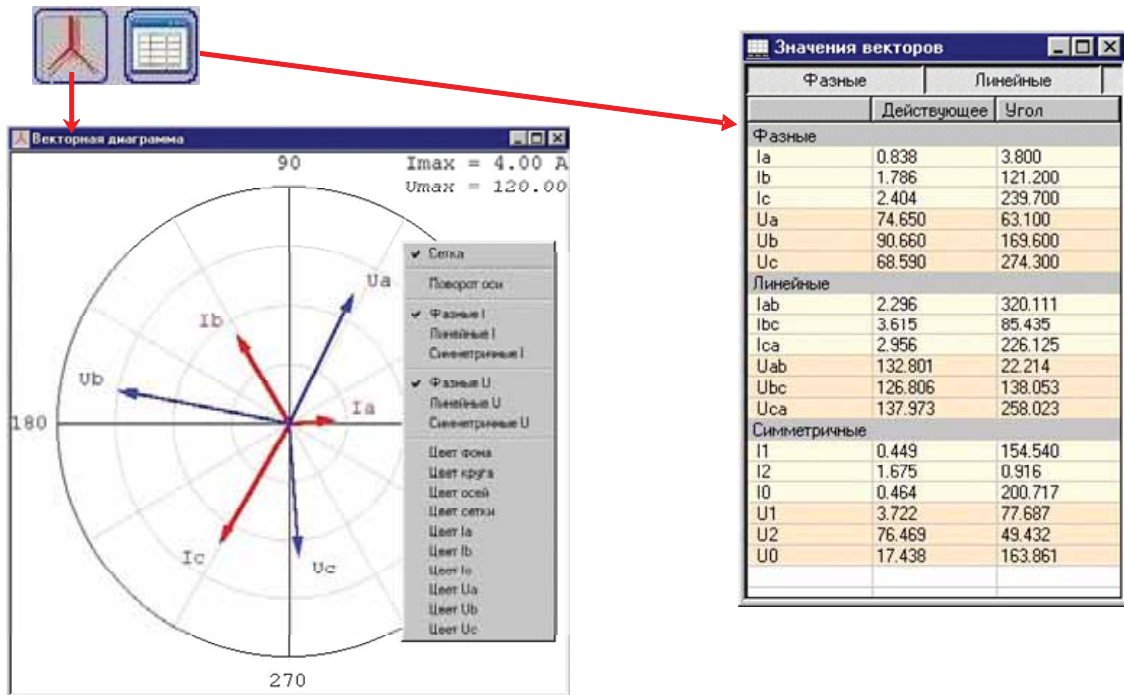


Рис. 1.20. Кнопки вывода на экран окна векторной диаграммы и окна выдаваемых действующих значений токов и напряжений



Кнопки *Опции* – задание необходимых параметров для протокола и *Настройка связи* дублируют ранее рассмотренные пункты меню (см. рис. 1.13 и рис. 1.14).



Кнопка скрывает/отображает дерево программ в левой части главного окна РЕТОМ.



Кнопка обновления программы внутреннего компьютера РЕТОМ. После нажатия этой кнопки появляется окно ввода пароля, после чего программа обновляется.

Назначение последней группы кнопок представлено на рис. 1.21.

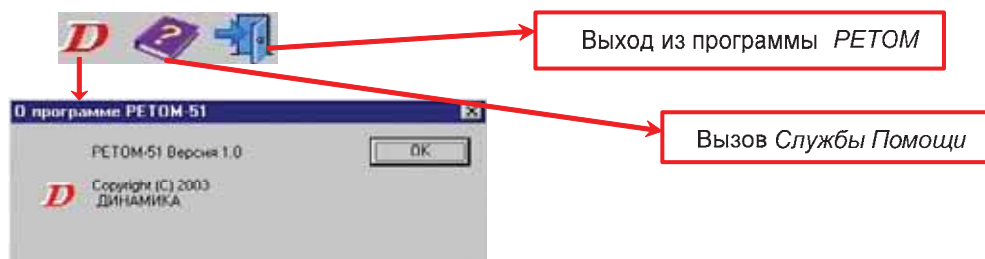













Рис. 1.21. Кнопки вызова сведений о программе, вызова службы помощи и выхода из программы

Стандартный пакет для РЕТОМ-51 включает в себя следующие программы:

-  • ручное управление независимыми источниками тока и напряжения;
-  • проверка реле тока;
-  • проверка реле напряжения;
-  • проверка реле направления мощности;
-  • проверка реле сопротивления;
-  • проверка реле частоты;
-  • универсальный секундомер-регистратор;
-  • RL – модель энергосистемы;
-  • воспроизведение аварийных процессов, записанных цифровыми осциллографами;
-  • программа, позволяющая получить токи и напряжения любой формы в виде суммы сигналов заданных частот;
-  • программа настройки, юстировки и коррекции РЕТОМ-51.

#### 1.4. РЕТОМ-21 и РЕТОМ-61

Данные модели устройств пришли на замену выпускаемым ранее РЕТОМ-11М и РЕТОМ-51 соответственно.

Испытательный прибор **РЕТОМ-21** предназначен для проверки первичного и вторичного электрооборудования. По сравнению со своим предшественником РЕТОМ-11М он обладает целым рядом существенных преимуществ:

- увеличен максимальный выдаваемый ток до 800 А;
- увеличено максимально выдаваемое напряжение до 500 В;
- увеличены длительная и максимальная выдаваемая мощность до 2200 и 4200 ВА соответственно;
- появилась возможность регулировки тока, частот, фазы (угла);
- мультиметр позволяет измерять ток, частоту, фазу;

- появился источник оперативного питания;
- появилась возможность полноценной проверки трансформаторов тока и т. д.

Внешний вид прибора представлен на рис. 1.22.

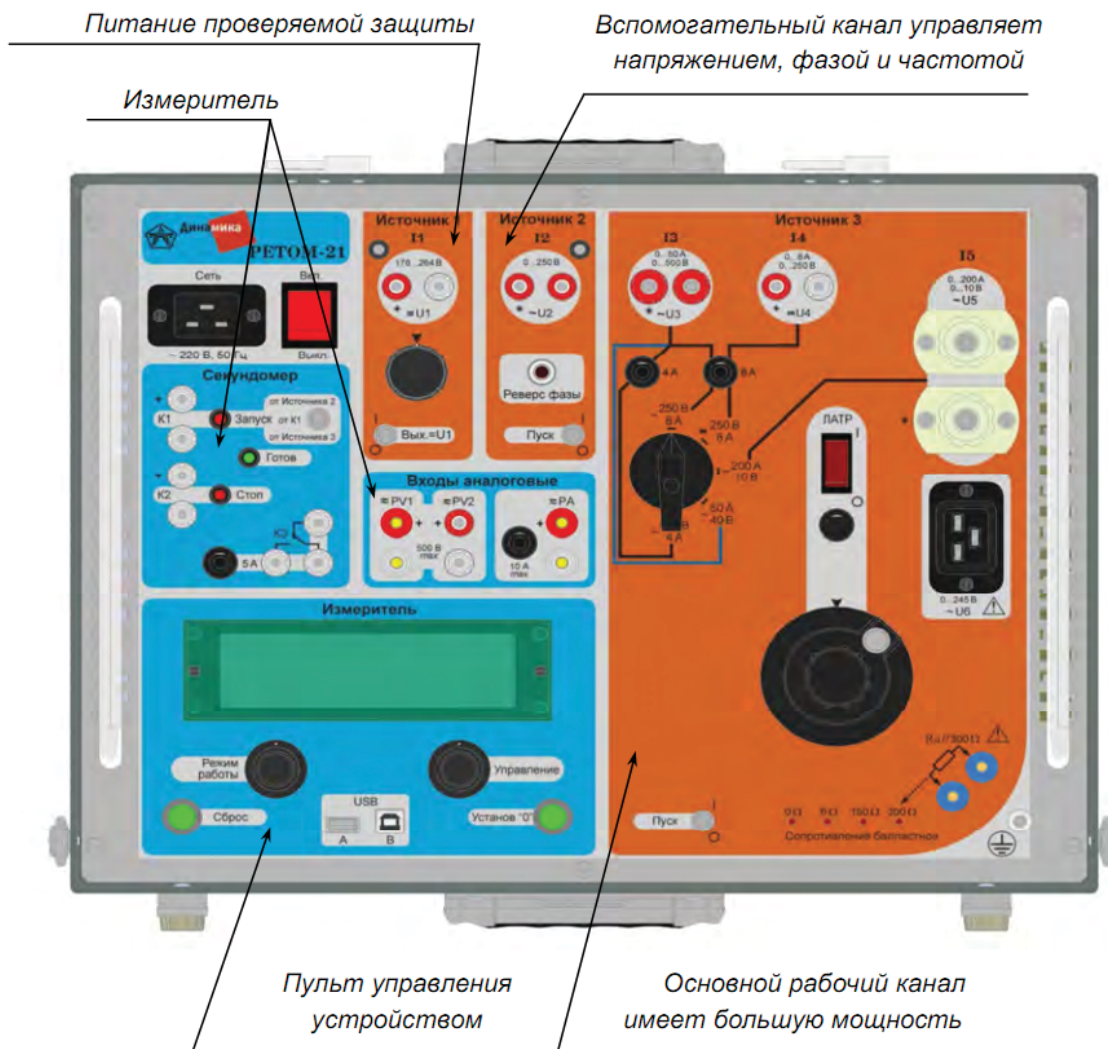


Рис. 1.22. Внешний вид прибора РЕТОМ-21

РЕТОМ-21 имеет в своем составе высокопроизводительную микропроцессорную систему, которая включает в себя несколько микроконтроллеров. Эта система управляет почти всеми функциями устройства. Она задает синусоидальную форму и величины (напряжение, ток, фазовый угол и частоту) выходного сигнала *Источника 2*. Работает как многофункциональный измерительный комплекс – мультиметр (амперметр, вольтметр, частотомер, фазометр) и секундомер. В его составе имеется многоканальный таймер, который обеспечивает определенную логику взаимодействия различных элементов схемы и правильное измерение основных параметров проверяемого объекта.

Управление устройством осуществляется при помощи переключателей. Возможно управление программной установкой различных параметров и режимов работы устройства. Данные операции производятся в МЕНЮ, при помощи пульта управления, совмещенного с индикатором мультиметра (см. рис. 1.23).

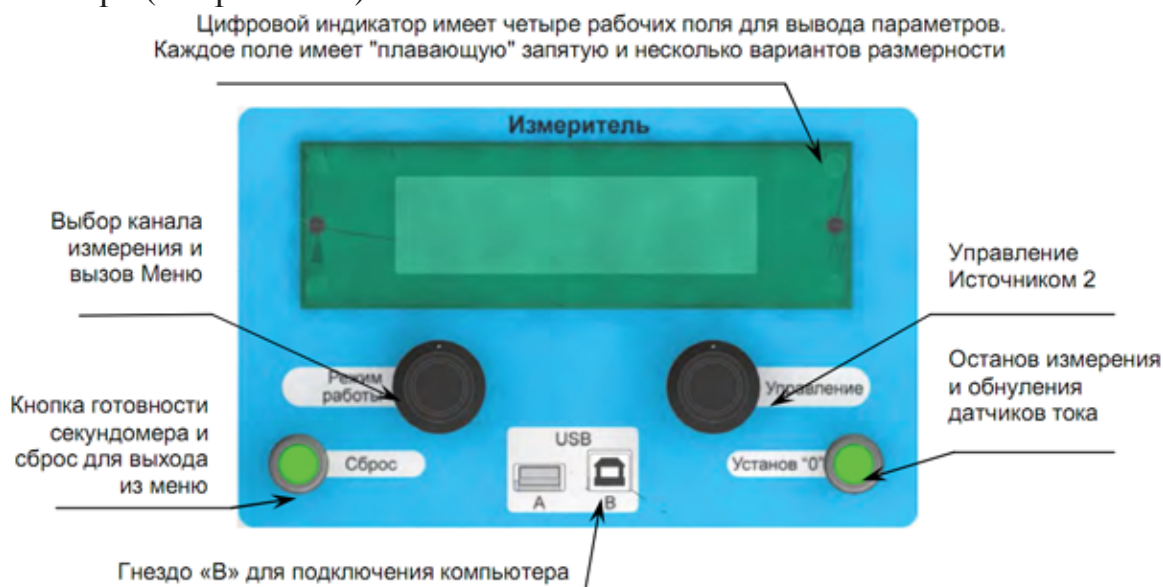


Рис. 1.23. Функциональные элементы пульта управления

В верхней центральной части расположен двухстрочный 20-символьный индикатор. Он в режиме работы «мультиметр» одновременно отображает 4 параметра, а в режиме «меню» – две строки информации. Под индикатором расположены две специальные ручки управления, которые могут бесконечно вращаться в любую сторону, передавая сигналы своего положения в контроллер, и выполнять функцию кнопки.

Слева в нижней части измерителя расположена кнопка *Сброс*, которая служит для обнуления секундомера и выхода из пунктов меню, а справа – кнопка «*Установ 0*». При длительном нажатии кнопки «*Установ 0*» выполняется установка нуля измерителей тока.

В нижней части расположены два гнезда USB: один предназначен для подключения компьютера, а второй – для дальнейшего расширения системы. Компьютер пока используется только для обновления внутренней программы и при настройке устройства.

Все основное управление параметрами устройства выполняется через меню, которое делится на две части: главное – *Меню работы устройства* и вспомогательное – *Меню управления Источником 2*.

Навигация в главном меню осуществляется кодером *Режим работы*. С его помощью задаются все параметры работы устройства, кроме управления *Источником 2*. Навигация во вспомогательном меню осу-

ществляется кодером *Управление*. Для входа в Меню работы необходимо выполнить длительное нажатие (время более 2 с) на кнопку кодера *Режим работы*.

Постоянная работа по разработке и изготовлению современных компьютерных тестовых систем, производимых на предприятии, позволило создать устройство **РЕТОМ-61** – дальнейшее развитие прибора РЕТОМ-51.

РЕТОМ-61 – это прибор нового поколения, при проектировании которого были учтены рекомендации и пожелания потребителей. Основные технические отличия разработанного прибора в элементной базе от РЕТОМ-51 заключаются:

- в формировании и независимом регулировании двух трехфазных токов (имеется 6 независимых источников тока) и увеличении единичной мощности каждого источника тока в отдельности до 30 А в режиме одного трехфазного источника (источники соединены параллельно) с диапазоном воспроизводимых частот от 0 до 800 Гц;
- однофазного гальванически изолированного напряжения переменного тока (имеется 4 независимых, включая один с изолированной нейтралью) с диапазоном воспроизводимых частот от 0 до 1000 Гц;
- гальванически изолированного источника оперативного питания постоянного тока с максимальной выходной мощностью 100 Вт и диапазоном выходного тока 0 до 0,7 А, и напряжением от 176 до 264 В;
- количество аналоговых входов 2;
- количество дискретных входов и выходов увеличено, соответственно с 8 и 4 (РЕТОМ-51) до 32 и 24 (РЕТОМ-61) с одновременным увеличением их производительности, что позволяет более полно использовать имеющиеся возможности прибора для проверки характеристик и параметров настройки электромеханических, полупроводниковых, микропроцессорных реле и панелей/шкафов релейной защиты в режимах реальных повреждений;
- возможность работы прибора по протоколу IEC-61850 совместно с блоком коммутации РЕТ-61850;
- усовершенствовано и дополнено стандартное программное обеспечение, добавлены специализированные программы, предназначенные для проверки конкретных устройств РЗА;
- использован внутренний контроллер для управления устройством через интерфейсный модуль со связью с ПК через USB-, COM-, ETHERNET-порт;

- добавлен интерфейсный модуль, осуществляющий обмен данными между внутренним контроллером и основными блоками по системной шине;
- использованы импульсные источники питания.

Общая структура аппаратной части РЕТОМ-61 приведена на рис. 1.24.

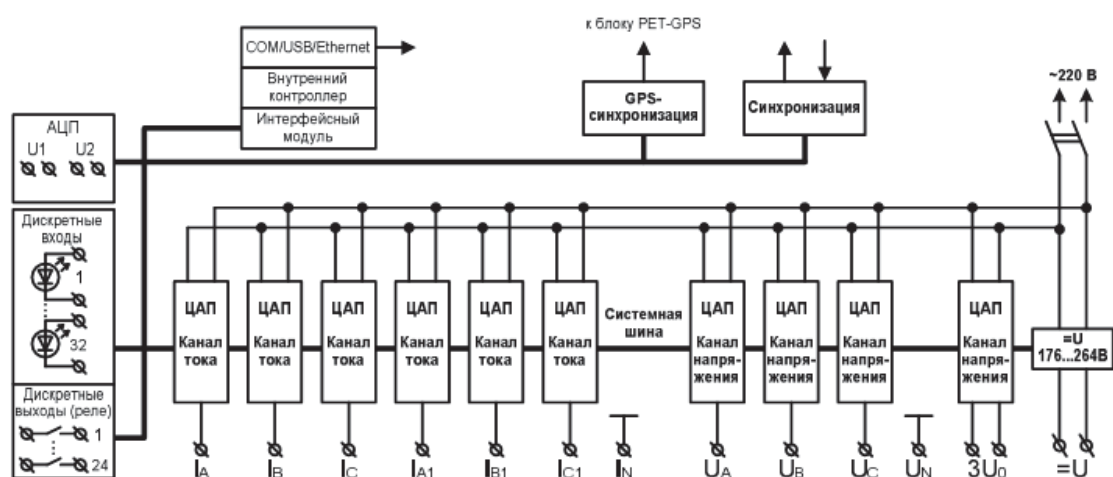


Рис. 1.24. Блок схема аппаратной части

Все операции по подключению проверяемого устройства РЗиА к устройству РЕТОМ-61 осуществляются на его лицевой панели (рис. 1.25). На панели цветовыми фрагментами выделены функционально объединенные элементы.

При необходимости выполнения некоторых сложных видов испытаний устройств РЗиА возможно одновременное использование до 9 приборов РЕТОМ-61. На лицевой панели приборов имеются разъемы вход и выход синхронизации (позиция 20, рис. 1.25). Это позволяет синхронизировать частоту и фазу воспроизводимых сигналов при совместной работе нескольких устройств РЕТОМ-61, а также совместить временные метки регистрируемых параметров. Для соединения приборов используется кабель синхронизации или блок временной GPS-синхронизации РЕТ-GPS при удаленных проверках.

Кроме того, в прибор встроена схема синхронизации РЕТОМ-61 с питающей сетью, что позволяет устройству генерировать сигналы токов и напряжений с частотой сети и даёт возможность проводить проверки устройств РЗиА, требующих синхронных с сетью сигналов, либо проверку несколькими устройствами РЕТОМ-61.

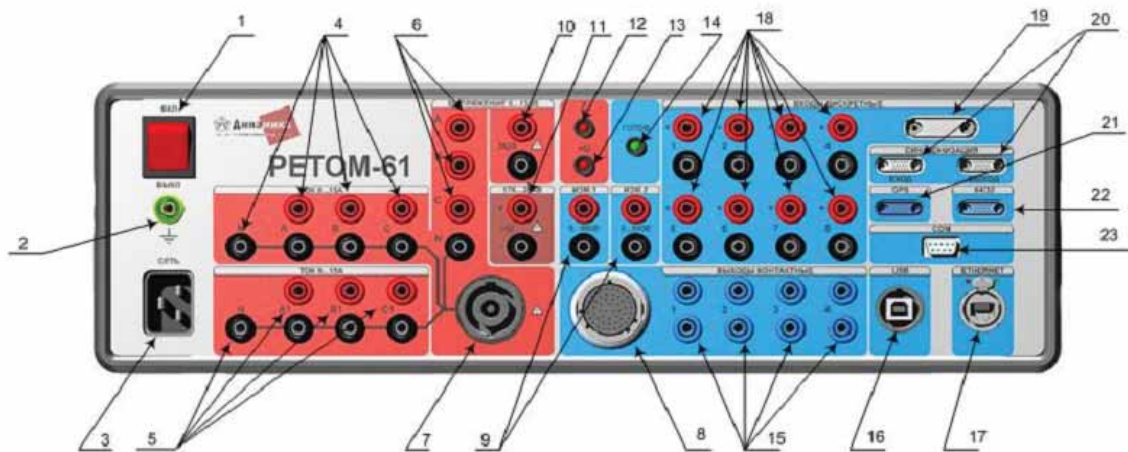


Рис. 1.25 Лицевая панель Ретом-61

- 1 – выключатель «Сеть»;
- 2 – клемма заземления;
- 3 – разъём для подключения прибора к сети 220 В;
- 4 – клеммы выходов источников тока ( $I_A, I_B, I_C, I_N$ );
- 5 – клеммы выходов источников тока ( $I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}, I_N$ );
- 6 – клеммы выходов источников напряжения ( $U_A, U_B, U_C, U_N$ );
- 7 – разъём для подключения внешнего силового кабеля, гальванически связан с выходами источников тока и напряжения (поз. 4,5,6);
- 8 – разъём дискретных выходов 1 – 24;
- 9 – клеммы аналоговых входов;
- 10 – клеммы выхода источника напряжения  $3U_0$ ;
- 11 – клеммы выхода источника напряжения оперативного питания  $=U$ ;
- 12 – индикатор «⚡» наличия на выходах опасных напряжений и токов;
- 13 – индикатор « $=U$ » наличия на выходе напряжения оперативного питания;
- 14 – индикатор «Готов» готовности к запуску программ работы с РЕТОМ-61;
- 15 – клеммы дискретных выходов 1 – 4;
- 16 – разъём USB-порта подключения к ПК;
- 17 – разъём для подключения к сети ETHERNET;
- 18 – клеммы дискретных входов 1 – 8;
- 19 – разъём дискретных входов 1 – 32;
- 20 – разъёмы синхронизации;
- 21 – разъём для подключения блока РЕТ-GPS;
- 22 – разъём для подключения блока РЕТ-64/32;
- 23 – разъём COM -порта подключения к ПК.



При совместной работе устройства РЕТОМ-61 могут управляться от индивидуальных компьютеров или от одного компьютера с необходимым количеством портов USB и достаточной производительностью.

### **Подключение РЕТОМ-61 к ПК**

Подключение РЕТОМ-61 к компьютеру осуществляется при помощи USB-/COM-/Ethernet-порта.

Программное обеспечение (ПО) поддерживает все каналы. Выбор канала осуществляется через меню настроек. При выборе порта необходимо учитывать особенности проверяемого оборудования (наличие тех или иных портов обмена информацией), условия проведения испытаний (необходимость «горячего» подключения, наличие свободных портов ПК), электромагнитную обстановку.

COM-порт был широко распространен на компьютерах «настольного» (стационарного) исполнения. Системный блок этих компьютеров в стандартном варианте оснащался одним портом COM-9 и одним портом COM-25. В настоящее время является устаревшим и не поддерживается в ноутбуках. Он характеризуется низкой скоростью обмена информацией. Это может приводить к заметным задержкам при работе. В настоящее время, COM-порт рекомендуется использовать в условиях повышенной электромагнитной зашумленности, когда работа USB-порта становится неустойчивой.

USB-порт имеет широкое применение в современных устройствах. Поддерживает очень высокие скорости передачи информации. Большая часть современных ноутбуков оснащена 3-4 и более портами. Это несомненное достоинство, особенно, при использовании комплекса РЕТОМ-61 – РЕТ-64/32 – РЕТ-GPS или при подключении к одному ПК нескольких устройств РЕТОМ-61, каждое из которых требует подключения к отдельному порту. USB-порт является основным для управления РЕТОМ-61.

Ethernet-порт обеспечивает наиболее высокие скорости обмена. Но для подключения к ПК нескольких Ethernet-устройств (или для работы в сети) необходимо располагать дополнительным коммутатором/концентратором (HUB-устройством).

Более подробную информацию о рассмотренных устройствах можно получить на сайте производителя <http://www.dynamics.com.ru>.

## 2. УПРАВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКАМИ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

### 2.1. Программа для ручного управления источниками тока и напряжения (РЕТОМ-51)

Программа позволяет в ручном и автоматическом режиме в широких пределах независимо управлять тремя источниками тока и напряжения, автоматически фиксировать срабатывание и возврат тестируемой защиты по различным признакам, воздействовать на логику защиты с помощью дискретных выходов, измерять и осциллографировать напряжения, подводимые к аналоговым входам (АЦП).

Программа построена таким образом, что в отдельно взятый момент времени можно управлять только одной величиной, которая может быть фазной, линейной, симметричной составляющей, углом сдвига фаз или частотой. Окно программы представляет собой стандартное WINDOWS-окно (рис. 2.1).

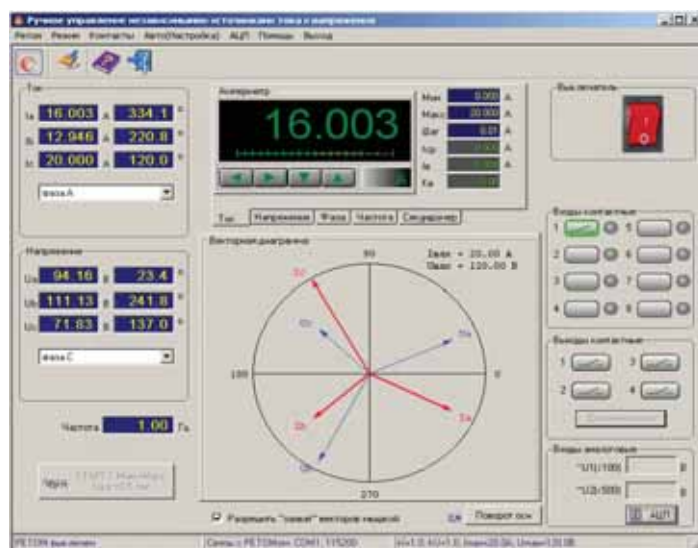


Рис. 2.1. Главное окно программы *Ручное управление источниками I и U*

В верхней части программы, ниже строки заголовка, расположено меню, состоящее из следующих пунктов:

- *РЕТОМ* – предназначен для программного включения и выключения РЕТОМ-51 (подпункты *Вкл* и *Выкл*);
- *Режим* – подпункты: *Фазные составляющие I*, *Симметричные составляющие I*, *Фазные составляющие U*, *Симметричные составляющие U*. Режимы фазных составляющих для токов и напряжений позволяют задавать соответствующие фазные величины, а режимы симметрич-

ных составляющих позволяют задавать составляющие прямой, обратной и нулевой последовательности токов и напряжений с последующим программным пересчетом в фазные значения для выдачи РЕТОМ-51. Подпункты *Амперметр*, *Вольтметр*, *Фазометр* и *Секундомер* частично дублируют переключения, осуществляемые закладками виртуального прибора, расположенного в верхней центральной части главного окна программы. Подпунктом *Синхронизация с сетью* можно включить (*Вкл*) или выключить (*Выкл*) синхронную с частотой питающей сети выдачу токов и напряжений, которая может потребоваться для синхронизации токов и напряжений выдаваемых двумя и более РЕТОМ-51, в том числе и удаленных друг от друга (находящихся на подстанциях по разным концам линии, например, при снятии фазной характеристики защиты ДФЗ-201);





- *Контакты* – дублирует управление четырьмя контактными выходами (подпункт *Выходы контактные*), доступными в группе *Контакты выходные* главного окна программы, и восемью дискретными входами (подпункт *Входы дискретные*), доступными в группе *Контакты входные* главного окна программы. Каждый из выходных контактов можно разомкнуть или замкнуть, а у дискретных входов установить их нормальное состояние – открытый или закрытый;


- *Авто (Настройка)* – предназначен для вызова окна диалога *Время шага* при автоматической проверке, у которого в редактируемом поле задается время удержания на каждом шаге при автоматическом поиске срабатывания или возврата, а также определяется направление поиска от минимальной величины к максимальной Мин→Макс и наоборот, от максимальной к минимальной Макс→Мин. Значения максимальной и минимальной величины, а также шаг приращения берутся из соответствующих полей виртуального прибора, расположенного в центральной верхней части главного окна программы. Изменению подлежит та величина (ток, напряжение, фазовый угол или частота), которая активна в текущий момент времени. Запуск проверки производится нажатием кнопки *Старт*, расположенной в левом нижнем углу главного окна программы при включённом программном рубильнике. Режим автоматического изменения тока, напряжения, фазы или частоты введен для ускорения поиска параметра срабатывания/возврата реле;

- *АЦП* – служит для включения или отключения 1-го или 2-го канала АЦП, выбора их рабочего диапазона – 500, 100, 50 и 5 В. Подпункт *Осциллограф* предназначен для вывода на экран одноименного прибора – графического представления измеряемых значений;

- *Помощь* – вызов *Службы Помощи*;

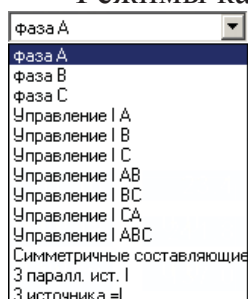
- *Выход* – служит для выхода из программы.

- Ниже строки меню расположены кнопки *Панели инструментов*:
-  • вызов секундомера;
  -  • обнуление всех величин (токи, напряжения, углы);
  -  • вызов *Службы Помощи*;
  -  • выход из программы.

Включение и выключение РЕТОМ-51 осуществляется программным рубильником  расположенным в правой верхней части главного окна программы в группе *Выключатель*.

Задание выдаваемых величин производится в левой части главного окна программы. Редактируемые поля этих величин объединены в две группы *Ток* и *Напряжение*, ниже которых расположено поле установки частоты. Для задания выдаваемой величины необходимо подвести курсор «мыши» к нужному полю и после нажатия левой кнопки «мыши» ввести требуемое число. В нижней части каждой из групп расположены выпадающие списки для определения режима выдачи.

#### Режимы каналов тока:



- *фаза А, фаза В, фаза С* – выдача токов по каналам *AN, BN* и *CN*. Переключение на эти режимы происходит автоматически при активации «мышкой» соответствующих полей тока или фазового угла. Таким образом, осуществляется независимое управление (независимые источники);
- *Управление IA, Управление IB, Управление IC* – выдача токов отдельно по каждому из каналов *AN, BN* или *CN* (имитация тока однофазного КЗ – АО, ВО, СО). При переключении на один из этих режимов происходит обнуление и блокировка выдачи токов у неактивных каналов, ниже появятся два новых редактируемых поля (однофазный ток и фазовый угол) для управления по выбранному каналу;
- *Управление IAB, Управление IBC, Управление ICA* – выдача токов по каналам *AB, BC* или *CA* (имитация токов двухфазного КЗ – АВ, ВС или СА). При переключении на один из этих режимов происходит обнуление и блокировка выдачи тока у неактивного канала, ниже появятся два новых редактируемых поля (двухфазный ток и фазовый угол) для управления по выбранным каналам;

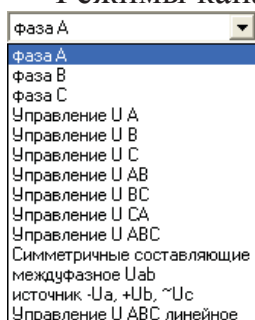
- *Управление I ABC* – выдача токов по каналам *AN*, *BN* и *CN* (имитация токов трехфазного КЗ – ABC). При переключении на этот режим происходит обнуление полей выдачи тока, а ниже появятся два новых редактируемых поля (трехфазный ток и фазовый угол) для соответствующего управления;

- *Симметричные составляющие* – выдача токов прямой, обратной и нулевой последовательности ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_0$ ) и их комбинаций;

- *3 паралл. ист. I* – режим выдачи токов по каналам *AN*, *BN* и *CN* для трехкратного увеличения выходного тока (до 60 А). Выходные клеммы источников тока *A*, *B*, *C* должны быть соединены параллельно. При переключении на этот режим ниже появятся два новых редактируемых поля (однофазный ток и фазный угол) для соответствующего управления;

- *3 источника =I* – режим выдачи однофазного постоянного тока по каналам *AN*, *BN* и *CN*. Выходные клеммы источников тока *A*, *B*, *C* должны быть соединены параллельно. Объединенным клеммам *A-B-C* соответствует положительный потенциал – «+», а клемме *N* отрицательный – «-».

Режимы каналов напряжения:



- *Фаза A, фаза B, фаза C* – выдача напряжений по каналам *AN*, *BN* и *CN*. Переключение на эти режимы происходит автоматически при активации «мышкой» соответствующих полей напряжения или фазного угла. Таким образом, осуществляется независимое управление (независимые источники);

- *Управление UA, Управление UB, Управление UC* – выдача напряжений отдельно по каждому из

каналов *AN*, *BN* или *CN* (имитация напряжения однофазного КЗ – АО, ВО или СО). При переключении на один из этих режимов происходит обнуление поля выдачи и блокировка изменения напряжений у неактивных каналов с установкой по ним напряжения холостого хода, ниже появятся два новых редактируемых поля (однофазное напряжение и фазовый угол) для управления по выбранному каналу. При превышении напряжения активного канала значения холостого хода, дальнейшее приращение будет осуществляться симметрично по всем трем каналам;

- *Управление UAB, Управление UBC, Управление UCA* – выдача напряжений по каналам *AB*, *BC* или *CA* (имитация напряжения двухфазного КЗ – *AB*, *BC* или *CA*). При переключении на один из этих режимов у неактивного канала устанавливается напряжение холостого хода, ни-

же появятся два новых редактируемых поля (двухфазное напряжение и фазовый угол) для управления по выбранным каналам;

- *Управление  $U_{ABC}$*  – выдача напряжений по каналам  $AN$ ,  $BN$  и  $CN$  (имитация напряжения трехфазного КЗ – ABC). При переключении на этот режим происходит обнуление полей выдачи напряжения, а ниже появятся два новых редактируемых поля (трехфазное напряжение и фазный угол) для соответствующего управления;

- *Симметричные составляющие* – выдача напряжений прямой, обратной и нулевой последовательности ( $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_0$ ) и их комбинаций;

- *Междуфазное  $U_{ab}$*  – однофазный режим выдачи в противофазе напряжений по каналам  $AN$  и  $BN$  для двукратного увеличения выходного напряжения (до 240 В). При переключении на этот режим ниже появятся два новых редактируемых поля (однофазное напряжение и фазный угол) для управления по каналам  $A-B$ . Редактируемые поля канала  $CN$  остаются доступными для модификации;

- *Источник  $-U_a$ ,  $+U_b$ ,  $\sim U_c$*  – режим выдачи постоянного напряжения по каналам  $AN$  и  $BN$  и переменного по каналу  $CN$ . Клемме А соответствует отрицательный потенциал – «-», а клемме В положительный – «+». Максимальное напряжение постоянного тока – до 339 В, а переменного по каналу  $CN$  – до 120 В. Режим предусмотрен для удобства работы с электронными реле, требующими подачи оперативного питания, а также для определения в режиме *Секундомер* времен возврата промежуточных реле постоянного тока. Для исключения шунтировки проверяемых реле внутренним сопротивлением канала напряжения при определении времени возврата со сбросом постоянного напряжения в ноль на выходе всех каналов напряжения РЕТОМ-51 установлены реле, осуществляющие «подрыв» обмотки проверяемого реле. При этом происходит размыкание контактов внутренних реле, установленных в каналах  $U_a$  и  $U_b$ . При установке в поле *Мин* виртуального прибора значения напряжения, отличного от нуля, управления внутренними реле каналов  $U_a$  и  $U_b$  не происходит и их контакты постоянно остаются в замкнутом состоянии;

- *Управление  $U_{ABC}$  линейное* – выдача напряжений по каналам  $AN$ ,  $BN$  и  $CN$  (имитация напряжения трехфазного КЗ – ABC) в  $\sqrt{3}$  раз меньше, чем заданное. При переключении на этот режим происходит обнуление полей выдачи напряжения, а ниже появляются два новых редактируемых поля *Трехфазное напряжение* и *Фазный угол* для соответствующего управления.

В центральной верхней части главного окна расположен основной управляющий орган – комбинированный виртуальный прибор, совме-

щающий функции секундомера, источника токов и напряжений, задатчика фазных углов и частоты (рис. 2.2).

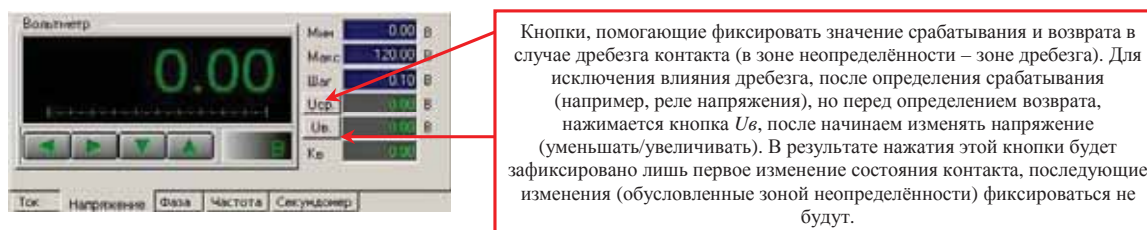


Рис. 2.2. Комбинированный виртуальный прибор

Переключение режимов устройства осуществляется при помощи закладок *Ток*, *Напряжение*, *Фаза*, *Частота* и *Секундомер*, расположенных в его нижней части, либо при активации, например «мышкой», полей токов, напряжений, фазных углов или частоты, расположенных в левой части окна программы. После переключения в режим секундомера процесс его запуска и останова будет определяться полем выдачи, активным в предыдущий момент времени (ток, напряжение, фазовый угол, частота), а также состоянием активного контакта.

В правой части виртуального прибора расположены поля, условно разделенные на две группы – задающую и индицирующую.

К задающей группе относятся:





- *Мин* – установка минимального значения выдаваемой величины;
- *Макс* – установка максимального значения выдаваемой величины;
- *Шаг* – приращение выдаваемой величины (поле отсутствует в режиме секундомера, так как при его запуске осуществляется скачок от минимального значения к максимальному или наоборот).

К индицирующей группе относятся:

- измеренная величина срабатывания ( $I_{cp}$ ,  $U_{cp}$ ,  $\varphi_{cp}$ ,  $F_{cp}$ ,  $t_{cp}$ );
- измеренная величина возврата ( $I_{в}$ ,  $U_{в}$ ,  $\varphi_{в}$ ,  $F_{в}$ ,  $t_{в}$ );
- $K_{в}$  – вычисленный коэффициент возврата (поле отсутствует в режиме секундомера).

Поля срабатывания, возврата и коэффициента возврата заполняются при изменении состояния выбранного (активного) дискретного входа, подключенного к выходным контактам защиты. В случае дребезга при определении срабатывания и возврата, необходимо воспользоваться фиксирующими кнопками на приборе (рис. 2.2 и комментарии к нему).

**Назначение полей *Мин* и *Макс*.** Для исключения возможности вывода из строя тестируемого оборудования эти параметры имеют два разных значения – одно, «глобальное», задается из панели инструментов, другое, локальное, задается в соответствующих полях (рис. 2.3).

Причем, значения локального минимума и максимума не могут превышать глобальные. Ниже окна для вывода текущей выдаваемой величины в виртуальном приборе расположены четыре кнопки со стрелками (отсутствуют в режиме секундомера). Нажатие или удержание кнопок   при помощи «мышки» приводит к уменьшению или увеличению шага, а кнопок   к уменьшению или увеличению выдаваемой величины.

Кнопки дублируются клавишами клавиатуры для управления курсором  $\downarrow/\uparrow$  и  $\leftarrow/\rightarrow$ .

### Работа с секундомером

Для работы в режиме секундомера необходимо активировать соответствующую закладку на виртуальном приборе (рис. 2.3).

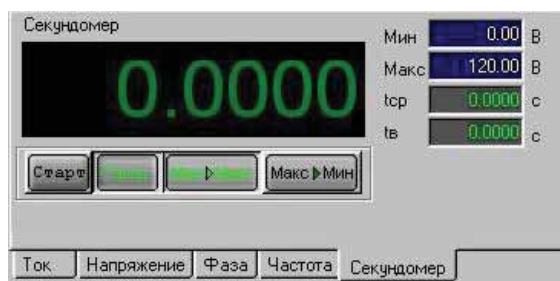






Рис. 2.3. Секундомер

После активизации секундомера кнопки     замещаются на *Старт*, *Стоп*, *Мин*→*Макс* и *Макс*→*Мин*, имеющие следующее функциональное назначение:

- *Старт* – запуск секундомера;
- *Стоп* – принудительный останов секундомера (если он не произошел от реакции на изменение состояния активного контакта);
- *Мин*→*Макс*– определяет переход после нажатия на кнопку *Старт* от минимальной величины, установленной в поле *Мин*, к максимальной, заданной в поле *Макс*;
- *Макс*→*Мин* – определяет переход в обратном направлении.

Значения времен срабатывания и возврата заносятся в поля  $t_{cp}$ ,  $t_b$ .

Ниже виртуального прибора расположено поле векторной диаграммы (рис. 2.4), предназначенное для индикации выдаваемых РЕТОМ-51 векторов тока и напряжения (в действующих значениях). За положительное направление отсчета угла принято направление против часовой стрелки. Диаметр окружности векторной диаграммы соответствует полю *Макс* виртуального прибора. После установки ключа *Разрешить* «захват» векторов мышкой в нижней части векторной диаграммы возможно задание и вращение векторов, если установить курсор



«мыши» на поле диаграммы и удерживать её левую кнопку в нажатом состоянии. Нажатие на расположенную рядом кнопку *Поворот оси* приведет к повороту осей векторной диаграммы на угол  $90^\circ$  против часовой стрелки. При этом нулевая ось примет вертикальное положение. Повторное нажатие на эту же кнопку возвратит нулевую ось в горизонтальное положение. По умолчанию ось действительных значений направлена вправо.

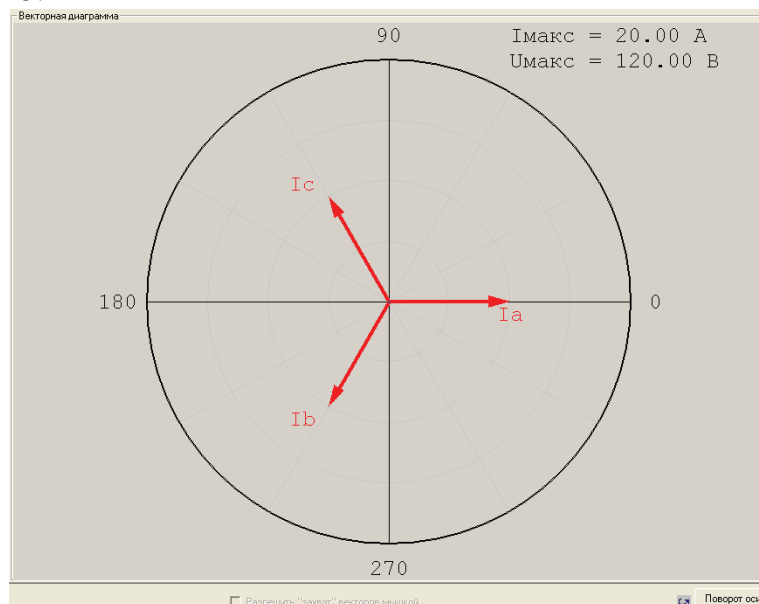



Рис. 2.4. Поле векторной диаграммы

Справа от векторной диаграммы в группе *Входы дискретные* расположены восемь полей дискретных входов. Каждое поле, соответствующее контакту, состоит из двух элементов – кнопки с изображением контакта и лампочки-индикатора (  ). Выбор активного контакта, по которому будет производиться фиксация срабатывания или возврата, осуществляется однократным щелчком «мышки» по кнопке с изображением контакта. При этом контур кнопки и контакт внутри нее окрасятся в зеленый цвет. Повторный щелчок (или последующие щелчки) по кнопке активного контакта приведет к инверсии нормального состояния контакта – нормально открытого (*НО*) на нормально закрытый (*НЗ*) или наоборот. После включения устройства программным рубильником лампочка-индикатор будет окрашена в зеленый цвет при разомкнутом состоянии подведенного к РЕТОМ-51 контакта тестируемой защиты или красный – при замкнутом.

Ниже полей дискретных входов, в группе *Контакты выходные*, расположены четыре кнопки контактных выходов, нажатие на которые приводит к включению или выключению выходных реле РЕТОМ-51.

Состояние этих реле отображается схематичным изображением контакта, расположенным внутри каждой кнопки (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Панель контактных выходов

Имеется возможность воздействовать на логику защиты, замыкая или размыкая выходные контакты РЕТОМ-51. Настройка выходных контактов становится доступной только в режиме секундомера после нажатия на кнопку *Дополнительно*, расположенную ниже кнопок с изображениями контактов. В результате появляется окно диалога *Настройка выходных контактов* (рис. 2.6), позволяющее устанавливать для каждого из четырех выходов тип нормального состояния контакта, время включения и выключения, а также один из режимов работы.



Рис. 2.6. Окно настройки выходных контактов

- *Выключен* – логика работы не определена и состояние контакта выходного реле соответствует его положению в группе *Контакты выходные*. Поля  $T_{вкл}$  и  $T_{выкл}$  недоступны для редактирования;

- *От начала цикла* – контакт выходного реле сменит свое состояние на противоположное через время  $T_{вкл}$  и вернется в исходное через время  $T_{выкл}$  относительно нажатия кнопки *Старт* секундомера;
- *От актив. вх. конт.* – контакт реле дискретного выхода сменит свое состояние на противоположное через время  $T_{вкл}$  и вернется в исходное через время  $T_{выкл}$  относительно момента переключения активного входного контакта;
- *РПО от актив. вх. конт (НО)* – контакт выходного реле замкнется при срабатывании активного входного контакта (дискретного входа), имитируется логика РПО (НО);
- *РПВ от актив. вх. конт.(НЗ)* – контакт выходного реле будет замкнут пока не сработает активный входной контакт (дискретный вход), при срабатывании контакт разомкнется;
- *РПВ от контакта 2 (НО)* – если выбран тип НО, контакт выходного реле замкнется при замыкании дискретного входа №2; а если выбран тип НЗ, то при замыкании дискретного входа №2 контакты выходного реле разомкнутся.

В режиме секундомера логика функционирования выходных реле является приоритетной по отношению к установкам, определенным в группе *Контакты выходные* главного окна программы.

Ниже полей выходных контактов расположена группа *Входы аналоговые* с кнопкой *АЦП* и полями  $U1$  и  $U2$ , отображающими действующие значения напряжений, подведенных к аналоговым входам РЕТОМ-51. При выключенном АЦП поля  $U1$  и  $U2$  загашены (рис. 2.7).

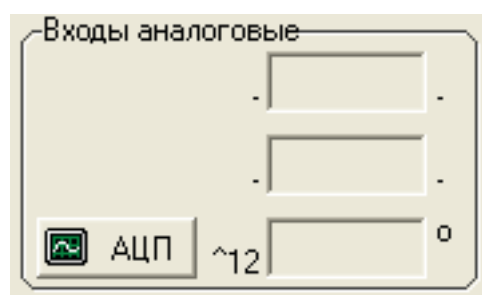


Рис. 2.7. Панель аналоговых входов

Включение измерительных входов становится возможным после нажатия на кнопку *АЦП* или выбора соответствующего пункта меню, в результате чего появится окно диалога *Режим АЦП* (рис. 2.8).

Далее можно включить или выключить каналы *АЦП*, выбрать необходимый диапазон подводимого напряжения, либо (при наличии токоизмерительных клещей) установить режим измерения тока с заданием в соответствующем редактируемом поле коэффициента пропорциональ-

ности ампер/вольт. Режим осциллографирования включается установкой флага в поле *Запустить осциллограф* или при выборе в меню *АЦП* подпункта *Осциллограф*. После этого рабочее окно осциллографа появится поверх главного окна программы.

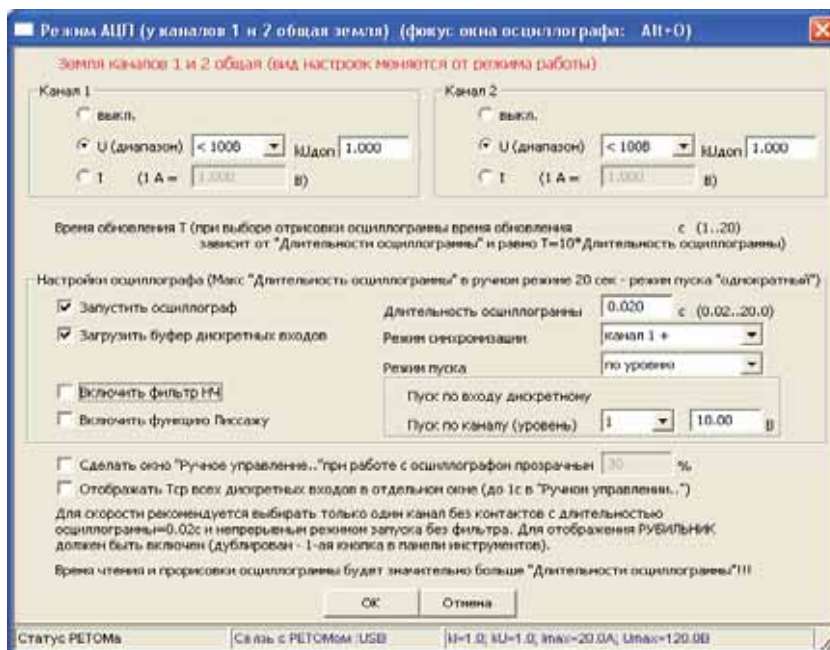


Рис. 2.8. Диалоговое окно *Режим АЦП*

Поле *Длительность осциллограммы* задаёт интервал времени осциллографирования, в течение которого будет проводиться измерение, а с помощью поля *Время обновления T* можно задать периодичность обновления сигналов (либо в осциллографе при его активности, либо в полях измеряемых действующих значений  $U1$  или  $U2$ ).

Кроме того, предусмотрен режим синхронизации для каждого канала по положительному, либо по отрицательному переходу через ноль (т. е. синусоида всегда начинается с нуля). Также предусмотрен различный *Режим пуска* осциллографа: *через время T* – осциллограмма обновляется через заданное *Время обновления T*; *непрерывный* – осциллограмма обновляется через максимально возможное время, обусловленное производительностью компьютера и скоростью порта обмена; *Однократный* – осциллограмма рисуется только один раз. При включении программного рубильника появляются ещё два дополнительных *Режима пуска*: *По дискретному входу* – пуск производится по изменению состояния выбранного дискретного входа; *По уровню* – пуск производится по превышению заданного уровня напряжения.

Для ускорения времени «отрисовки» осциллограммы желательно ввести минимальное время *Длительности осциллограммы* и не загружать буфер дискретных входов. Фильтр НЧ удаляет ВЧ составляющие помех. Для «отрисовки» фигуры Лиссажу необходимо выбрать оба канала АЦП, рядом с ними есть поля ввода  $kU_{дон}$  для изменения уровня сигнала. Доступные настройки АЦП изменяются в зависимости от текущего режима работы, так, например, при работе с секундомером режим АЦП автоматически устанавливается в «однократный пуск», синхронизированный со стартом секундомера.

Для проверки в полуавтоматическом режиме при включенном программном рубильнике появляются 2 кнопки *Авто (Условия)* и *Авто СТАРТ*. Надпись на кнопке *Авто СТАРТ* изменяется в зависимости от активного поля тока или напряжения, а также от условий, задаваемых в окне *Авто (Условия)*.

В *Условиях автоматической проверки* задается направления поиска, минимум, шаг, максимум величины активного поля (подсвечено красным цветом в окне «Ручное управление...») (рис. 2.9). Это может быть ток, напряжение, угол или частота. Параметры в этом диалоговом окне зависят от активного поля в окне «Ручное управление...». Здесь же задается время шага. Если введено время паузы, то подача воздействия будет производиться не плавно, а скачкообразно. При подаче воздействия изменяется только величина активного поля тока, напряжения или угла, остальные параметры не изменяются. Но в режиме *Вектор1->Вектор2* можно задать любые токи и напряжения; в этом режиме *Минимум*, *Шаг* и *Максимум* не доступны, но активируется *Кол-во шагов*. Для каждой величины получается свой шаг равный выражению:  $(\text{Вектор2}-\text{Вектор1})/\text{Кол-во шагов}$ .

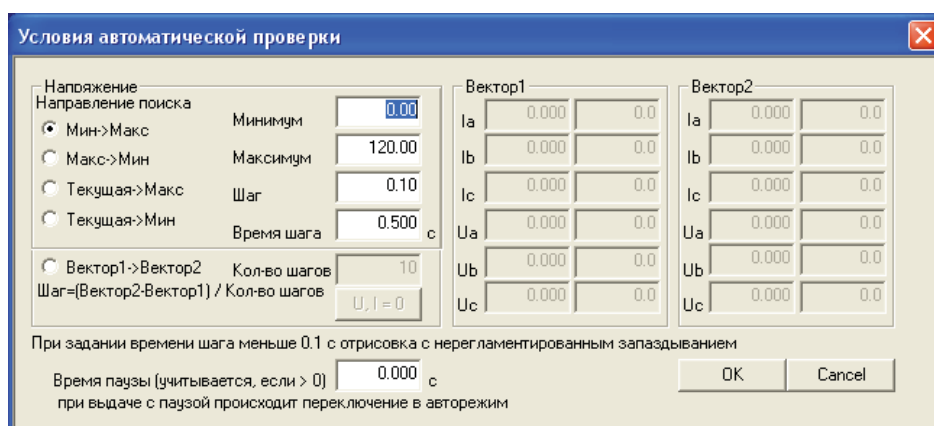


Рис. 2.9. Диалоговое окно Условия автоматической проверки

## 2.2. Способы ручного управления источниками тока и напряжения (РЕТОМ-41М)

Щелчком левой кнопки мыши по пиктограмме запустить программу «Ручное управление источниками тока и напряжения». На экране откроется панель управления (рис. 2.10). В правой верхней части экрана расположены кнопки подключения устройства РЕТОМ-41М к программе. При нажатии кнопки **Вкл** на экране появятся текущие значения всех заданных параметров, а цветные поля контактов отобразят состояния подсоединенных контактов. При нажатии кнопки **Выкл**, связь между программой и устройством будет разорвана, и на выходах РЕТОМ-41М будут нулевые значения.

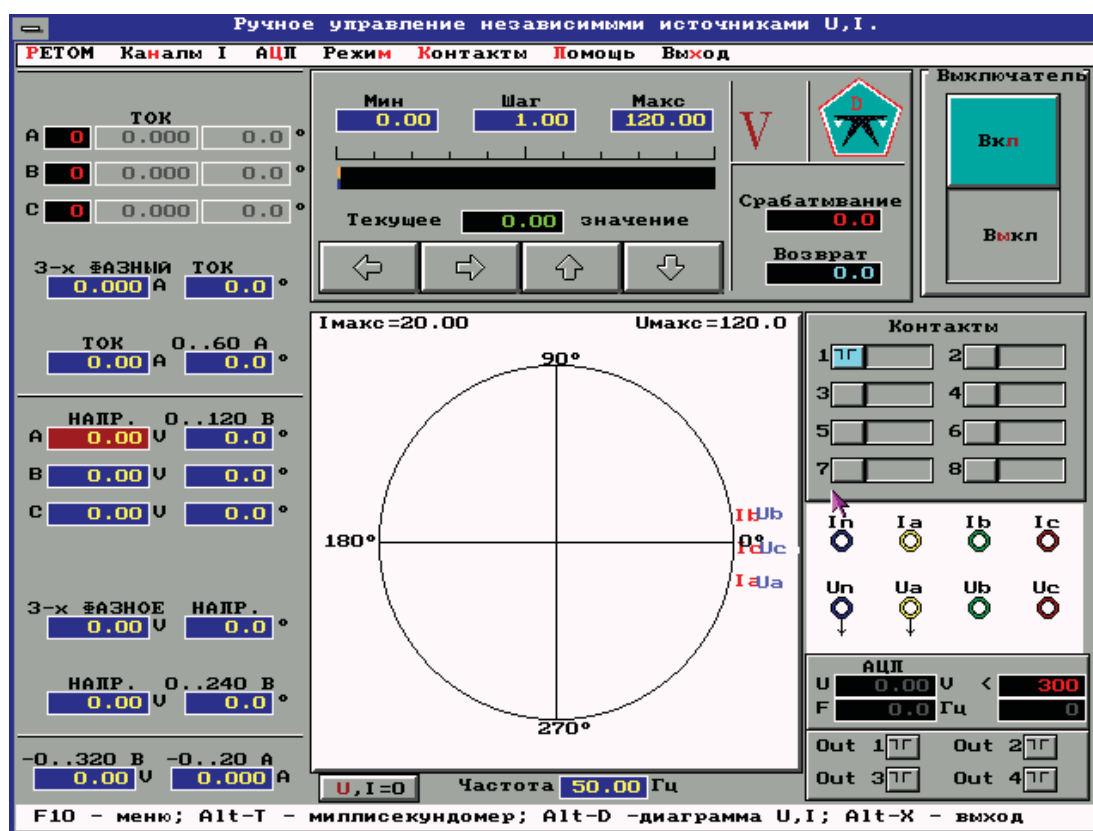


Рис. 2.10. Окно программы «Ручное управление источниками тока и напряжения»

Управление источниками можно осуществлять разными способами.

### Способ 1. С помощью поля задания данных.

Поле задания данных расположено в левой части панели. Оно состоит из редактируемых полей, размещенных в два ряда, – действующее значение и фазовый угол. Каждая величина переменного тока или напряжения (вектор синусоидальной величины) задается двумя значения-

ми – модулем и аргументом. Модуль соответствует действующему значению величины, аргумент – фазе величины в системе координат, изображенной на диаграмме. Везде используется внутренняя система координат, не синхронизированная с сетью.

Верхняя часть поля предназначена для задания режима работы источников тока – трехфазный или однофазный и задания значений тока. Для задания требуемого значения курсором мыши выбирается редактируемое поле. При этом цвет поля меняется с синего на красный. Далее с помощью клавиатуры вводится новое значение и нажимается Enter.

Средняя часть поля предназначена для управления источниками напряжения.

В нижней части поля задается режим постоянного тока и напряжения и их значения.

Этот способ удобен, когда требуется выставить конкретное значение тока или напряжения. На рис. 2.11 и рис. 2.12 представлены варианты заполнения полей задания данных.

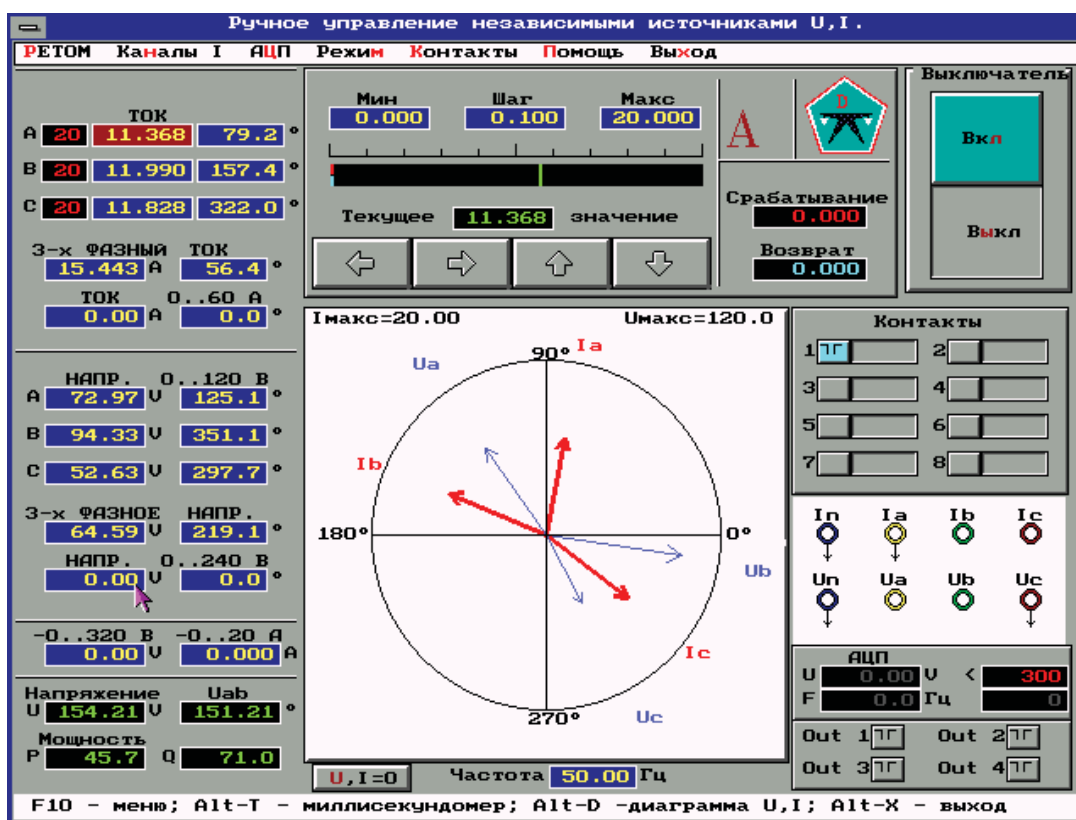


Рис. 2.11. Пример заполнения панели управления.  
Заданы фазные величины

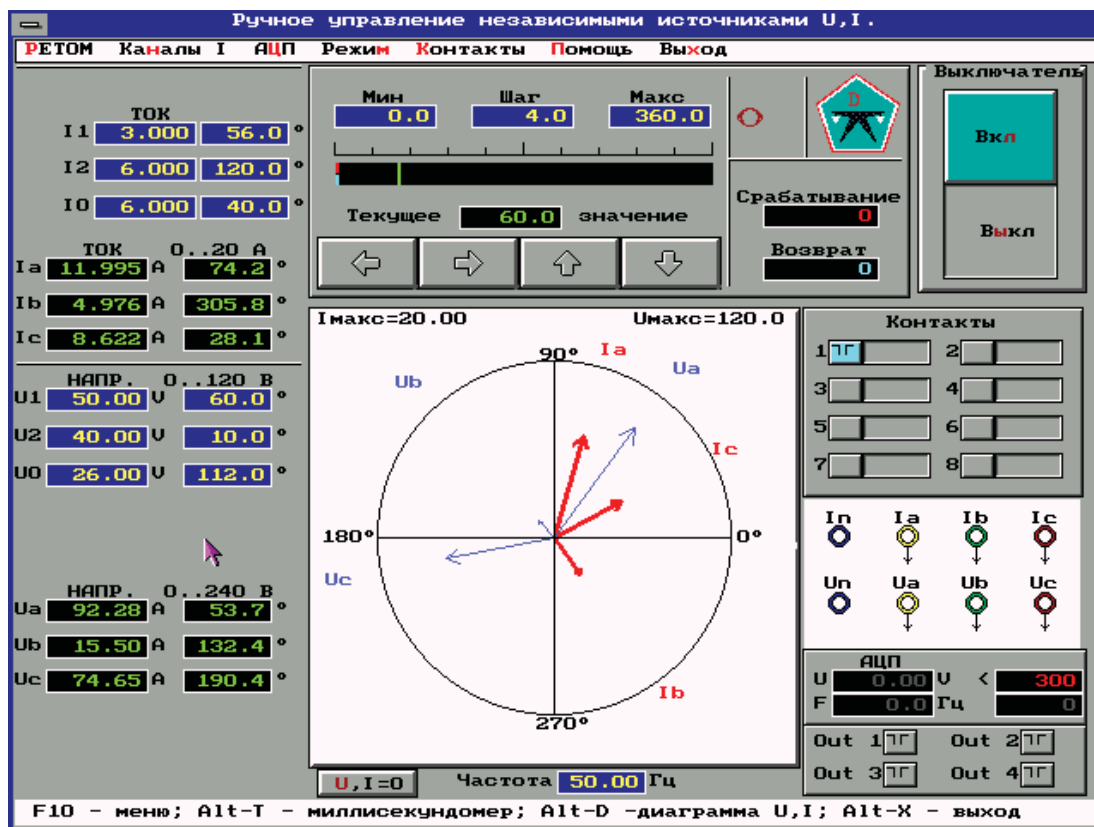


Рис. 2.12. Пример заполнения панели управления.  
Заданы симметричные составляющие

**Способ 2.** Управление с помощью **прибора**, который расположен в верхней части экрана.

Если выбирается ток, то *Прибор* становится амперметром, если напряжение – вольтметром. Если выбирается аргумент (тока или напряжения) или частота системы, то *Прибор* становится измерителем угла или частотомером. Все указанные переназначения *Прибора* отражаются на нем в виде символов красного цвета **A, V, °, Hz**.

Прибор имеет свои поля задания данных. Это три редактируемых поля в верхней части *Прибора*:

- Мин** – нижнее значение диапазона изменения выбранной величины;
- Шаг** – шаг изменения выбранной величины;
- Макс** – верхнее значение диапазона изменения выбранной величины.

Начальная настройка *Прибора* осуществляется таким же образом, как и работа с левым полем задания данных. То есть выбирается одно из трех полей. При этом выбранное «активное» поле изменяет свой фон с синего на красный.



Регулировка выбранной величины тока или напряжения в диапазоне от минимума до максимума с шагом осуществляется при помощи клавиш, которые находятся в нижней части *Прибора*:

← – уменьшение выбранной величины на шаг;

⇒ – увеличение выбранной величины на шаг;

↑↑ – увеличение шага;

↓↓ – уменьшение шага.

Все эти клавиши выполнены с режимом автоповтора, что существенно упрощает процесс регулировки. Регулируемые величины отображаются на диаграмме, их численные значения – в левом поле задания данных. Под шкалой *Прибора* расположено не редактируемое поле, в котором цифры зеленого цвета на черном фоне отображают текущее значения регулируемой величины.

Этот способ удобен для плавного изменения величины, когда требуется определять, например, ток или напряжение срабатывания реле.

Для быстрой и приблизительной установки параметров можно воспользоваться движением указателя с помощью мыши (указатель расположен на панели **прибора** в виде зеленой риски на черной полосе).

При определении параметров срабатывания реле удобно использовать для регулировки тока или напряжения **прибор**, сочетая указатель и кнопки ← и ⇒. Например, ожидается ток срабатывания 5 А. Вначале указателем можно выставить примерно  $3 \div 4$  А, а затем плавно меняя ток добиться срабатывания реле.

Значение параметра при срабатывании будет фиксироваться в поле «Срабатывание», при возврате в поле «Возврат».

**Способ 3. Управление с помощью диаграммы.** Регулировка всех величин может осуществляться непосредственно на диаграмме, расположенной в центральной части экрана. Для этого достаточно выбрать параметр и подвести курсор манипулятора «мышь» к вектору этого параметра, нажать левую кнопку манипулятора и, удерживая ее в нажатом состоянии, переместить в любую точку диаграммы. Фиксирование нового значения вектора происходит после отпускания левой кнопки «мыши». Таким способом можно последовательно задать все 3 вектора тока и 3 вектора напряжения независимо.

Если перед началом регулирования какие-либо из векторов не отображаются на диаграмме, значит, они имеют нулевые значения. Текущее значение регулируемой таким способом величины отображается в поле задания данных, а его текущее значение дополнительно отображается на **Приборе**.

**Управление с помощью клавиатуры.** При отсутствии манипулятора «мышь» изменения параметров осуществляется при помощи клавиш ←, →, ↑, ↓ и **Shift**, а переключение между панелями – клавишей **Tab**.


### **Обнуление источников тока и напряжения**

В нижней части окна, под векторной диаграммой, расположена клавиша **U, I =0**, при нажатии которой можно быстро установить нулевое значение всех токов и напряжений. Эта клавиша работает при всех способах управления токами и напряжениями.

Рассмотренные способы управления *Прибором*, как видим, дополняют друг друга и позволяют удобно, просто и наглядно регулировать токи и напряжения при проверке различных устройств релейной защиты.

В средней части экрана отображается либо **векторная диаграмма**, либо **секундомер**. Переключение их производится с помощью **Alt – T** (включить секундомер) и **Alt – D** (включить диаграмму). Это указывается в строке-подсказке внизу экрана.

В правой части экрана расположено **поле приема сигналов** от проверяемой аппаратуры. При изменении токов и напряжений можно наблюдать реакцию защиты по состоянию восьми контактов. Под каждый контакт выделено по одной кнопке и одному полю:

 – эта кнопка служит для выбора одного из восьми контактов, реакцию которого необходимо анализировать. Кнопка выбранного контакта изменяет при этом свой фон с серого на голубой. Одновременно с выбором, рисунок на кнопке служит и для обозначения типа проверяемого контакта (нормально открытый  $\overline{\text{∧}}$  и нормально закрытый  $\overline{\text{∩}}$ ).

Выбор типа контакта осуществляется повторным нажатием на выбранный контакт. Выбор номера и типа контакта можно осуществить также через меню.

**Пример** выбора нормально открытого 3-его контакта:

F10, контакты, номер, 3 *Enter*, F10, контакты, тип, открытый *Enter* или

*Alt\_K, Alt\_H, Alt\_3, Alt\_K, Alt\_T, Alt\_O.*

*красное/зеленое* – поле контакта отражает текущее состояние контактов. Независимо от того, какой из восьми контактов выбран, для всех контактов зеленый фон поля соответствует незамкнутому состоянию контакта, красный – его замкнутому состоянию.

Ниже поля контактов расположена **схема-подсказка**.

При выборе требуемого режима того или иного источника: трехфазный, однофазный режим или постоянный ток или напряжение, на этом поле будет появляться схема, подсказывающая как необходимо со-

единить силовые клеммы и к каким клеммам подключать испытуемое устройство (указывается стрелками).

Ниже располагается **Цифровой мультиметр**.

Режим измерения имеет 4 диапазона

- измерение напряжения до 300 В;
- измерение напряжения до 10 В;
- измерение тока до 20 А (кратковременно и только для переменного тока, для постоянного максимальный ток до 10 А);
- измерение тока до 20 мА.

Не допускается одновременное подключение сразу к двум измерительным клеммам напряжения или тока.

Выбор измеряемой величины и её диапазона производится с помощью верхнего меню АЦП.

### Проверка времен срабатывания и возврата

Вход в режим проверки времени реакции защиты осуществляется путем выбора режима *Тест t* из меню или при одновременном нажатии комбинации клавиш *Alt\_T* на клавиатуре компьютера.

Теперь на экране находятся два прибора – амперметр (вольтметр, фазометр, частотомер) и миллисекундомер (рис. 2.13).

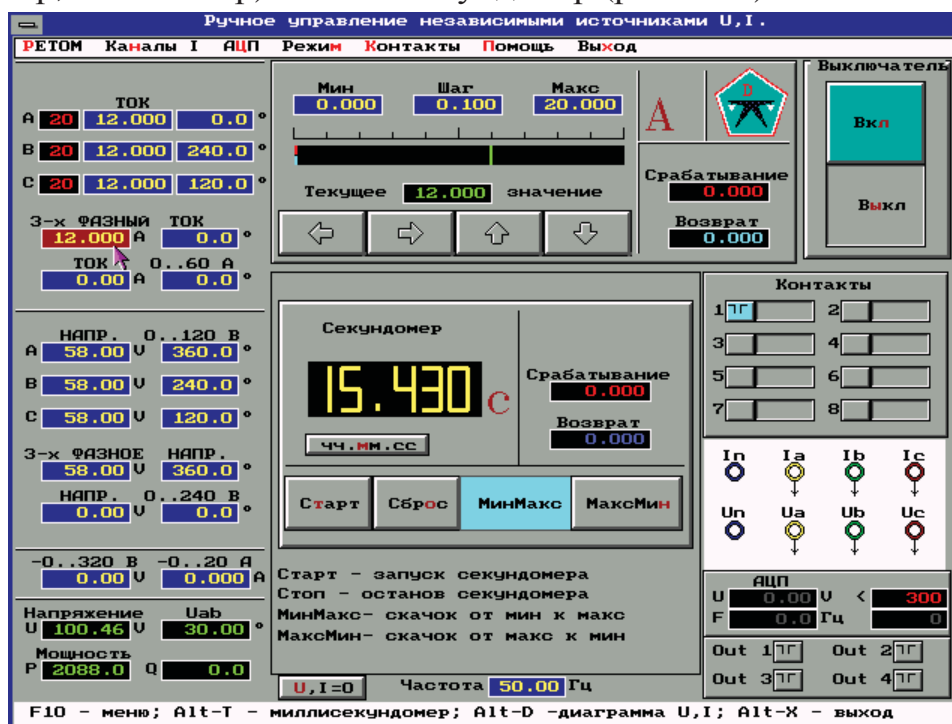


Рис. 2.13. Проверка времен срабатывания и возврата

В режимах проверки времени существует возможность скачкообразного изменения любой из величин тока и напряжения. Выбор комму-

тируемых величин осуществляется в левом поле задания уставок. Начальное и конечное значения при скачкообразном изменении выбранной величины, задаются в верхнем поле настройки прибора (амперметра, вольтметра, фазометра, частотомера), при помощи редактируемых полей *Мин* и *Макс*.

### **Работа с миллисекундомером**

В нижней части миллисекундомера расположены четыре клавиши. Их назначение состоит в следующем:

**Старт** – клавиша, при нажатии которой происходит скачок выбранного параметра и запускается миллисекундомер. Останов миллисекундомера производится выбранными контактами проверяемого реле. Время срабатывания (возврата) фиксируются на шкале миллисекундомера;

**Сброс** – клавиша, предназначенная для сброса показаний миллисекундомера и восстановления предшествующего старту режима;

**МинМакс** – клавиша, которая определяет характер скачкообразного изменения. Если требуется увеличить параметр с какого-то значения *Мин* до какого-то значения *Макс*, необходимо нажать на эту клавишу. Выбор этого режима контролируется по изменению фона поля с серого на голубой;

**МаксМин** – клавиша, которая задает режим скачкообразного уменьшения параметра со значения *Макс* до значения *Мин*. Задание этого режима происходит также с помощью манипулятора «мышь».

**Проверка времен срабатывания (возврата)** производится следующим образом:

1) в левом поле задания уставок выбирается параметр, который необходимо скачком подвести к проверяемому реле;

2) в полях *Мин* и *Макс Прибора* задаются начальное и конечное значение изменения параметра;

3) задается один из режимов проверки времен: *МинМакс* или *МаксМин* на миллисекундомере;

4) нажимается кнопка *Старт* и фиксируется время срабатывания (возврата) по шкале миллисекундомера.

Опыты можно многократно повторять. При этом в не редактируемых окнах *Срабатывание* и *Возврат* фиксируются последние значения времен срабатывания и возврата. Если в процессе измерения времени возникает необходимость просмотреть диаграммы токов и напряжений достаточно нажать клавиши *Alt\_D* на клавиатуре компьютера.

### 3. ЗАДАНИЕ СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ НАБОРОМ ГАРМОНИК

Методика работы с программой изложена на примере работы с ПТК РЕТОМ-41М. Работа с аналогичной программой при использовании РЕТОМ-51 ничем принципиальным не отличается.

Для начала необходимо запустить программу RETOM41R.BAT в папке RETOM41R. На экране появится главное меню системы. Щелчком левой кнопки мыши по пиктограмме **6 I,U** запустить программный модуль «*Задание сигналов произвольной формы набором гармоник*».

Обычно устройства РЗА проверяют стандартным синусоидальным сигналом, с помощью которого определяют уставки и времена срабатывания, однако, этого не всегда достаточно для полной и объективной проверки. Для полноценной проверки необходимо создать условия, близкие к реальным, в которых эксплуатируются эти устройства. В РЕЛЕ-ТОМОГРАФе для этого используются разные программы.

*Модель энергосистемы* позволяет имитировать короткое замыкание на линии, однако, эта программа воспроизводит только основную гармонику и одну постоянную. Если же необходимо задать нормированный сигнал, создать его очень сложно (приходится многократно подбирать начальные параметры). Программа *Воспроизведение COMTRADE-файла* хороша для подачи реального сигнала при КЗ, записанном цифровым регистратором, но при этом пользователь полностью теряет контроль над сигналом, т. к. изменить сигнал без соответствующей программы просто невозможно. Поэтому была создана программа, позволяющая оператору самому сформировать такой сигнал, который необходим в конкретном случае проверки конкретного устройства.

Программа *Задание сигналов произвольной формы набором гармоник* позволяет подавать на вход устройств РЗА сигнал, представленный 5-ю временными диапазонами. В первом диапазоне выходные сигналы представляют собой симметричную трехфазную систему токов и напряжений. В остальных 4-х диапазонах каждый сигнал тока и напряжения описывается суммой различных синусоидальных величин, каждая из которых представлена амплитудой, частотой, фазой, временем воздействия и постоянной времени затухания.

Практически в руках пользователя появляется аппарат, имеющий соответствующее количество токовых и напряженческих выходов, программируемых совершенно независимо. Например, если взять два выхода  $U_A$  и  $U_B$  и запрограммировать их – один на 50 Гц и 57,7 В, а другой – на 49,5 Гц и 57,7 В, – то мы получим сигналы, имитирующие, соответственно, сеть и генератор перед включением выключателя.

Очень просто проверяется реле РН-55 и другие устройства синхронизации. Для оценки блокировки при качаниях в дистанционной защите следует на каждый токовый канал подать сигнал, состоящий из двух синусоид одинаковой амплитуды, сдвинутых по фазе на  $180^\circ$  и разных по частоте (разница частоты дает частоту биения). Так как каждый сигнал может состоять из 5-ти временных диапазонов, можно имитировать переходящие виды КЗ или циклы для проверки автоматов повторного включения (АПВ).

Программа *Задание сигналов произвольной формы набором гармоник* – незаменимый инструмент проверки устройств релейной защиты и автоматики, как при изготовлении, так и в эксплуатации, т. к. она позволяет задавать сигналы с частотой от 0 до 500 Гц с точностью  $< 1\%$  и затуханием от  $-100$  до  $100$ .

Программа предназначена для создания сигналов сложной формы. Каждый выход устройства РЕТОМ-41М (также как и последующих моделей РЕТОМа) можно программировать независимо друг от друга по формуле

$$a = \sum_{i=1}^{10} \sqrt{2} A_i \sin(\omega_i t + \varphi_i) e^{T_i t},$$

где  $a$  – выходной сигнал на канале тока или напряжения;  $A_i$  – величина  $i$ -го выходного параметра (действующее значение, задается для удобства);  $\omega_i$  – циклическая частота  $i$ -го сигнала (задается для удобства в виде линейной частоты  $F$ );  $\varphi_i$  – начальный фазовый угол  $i$ -го сигнала (задается в градусах);  $T_i$  – величина, обратная постоянной времени;  $t$  – текущее значение времени.

На выход канала подается суммарный сигнал. Длительность сформированного таким образом сигнала определяется объемом оперативной памяти компьютера.

### **Основное меню программы**

После вызова программы на экране дисплея появляется основное окно (рис. 3.1). Рассмотрим подробнее некоторые возможности программы.

#### **Режим *Настройка гармоник***

Окно настройки гармоник появляется при нажатии на кнопку *Настройка*, расположенной в левом нижнем углу основного окна программы. Окно настройки состоит из нескольких закладок. При выборе закладки *Настройка* (рис. 3.2), появляется возможность задания параметров до аварийного режима, времен воздействия каждого сигнала и типа контактов. Здесь же можно поменять порядок вывода каждого сигнала.

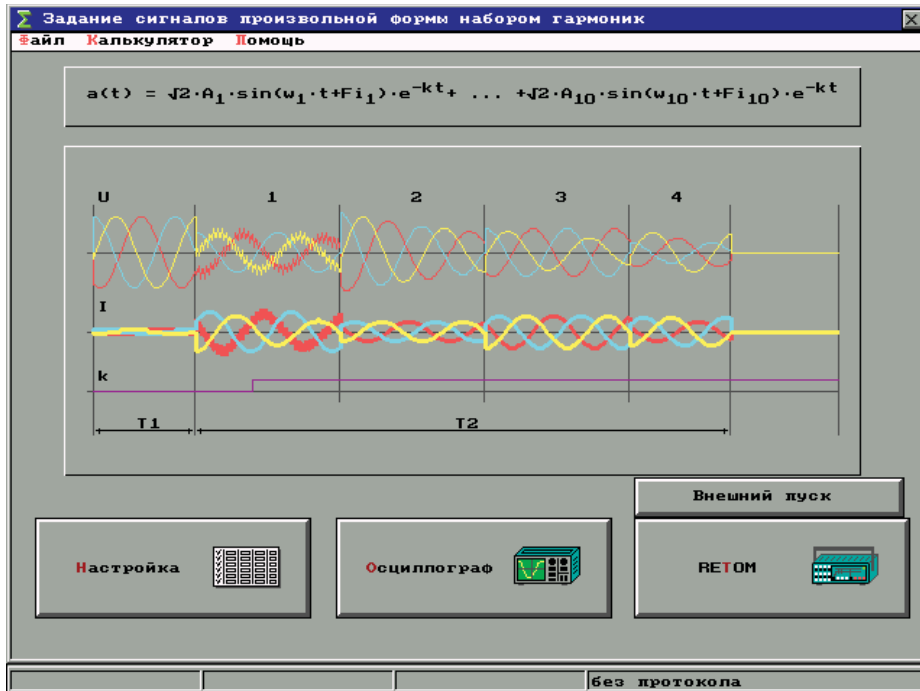


Рис. 3.1. Основное окно

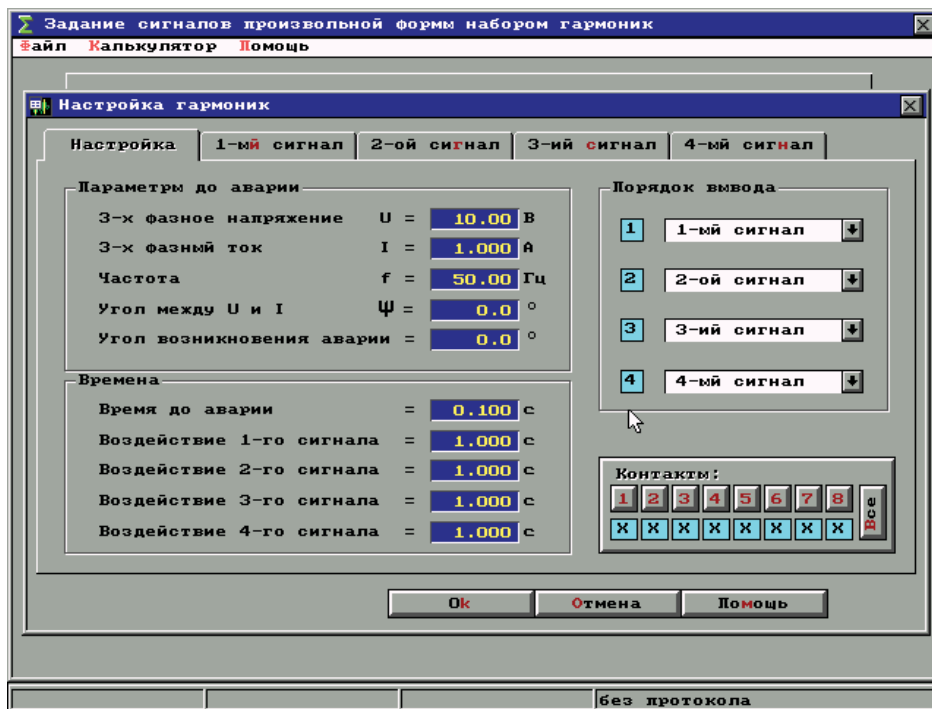


Рис. 3.2. Закладка *Настройка*

Следующие 4 закладки идентичны и представлены на рис. 3.3. Выходной сигнал выбирается нажатием соответствующей закладки ( $I_A, I_B, I_C, U_A, U_B, U_C$ ).

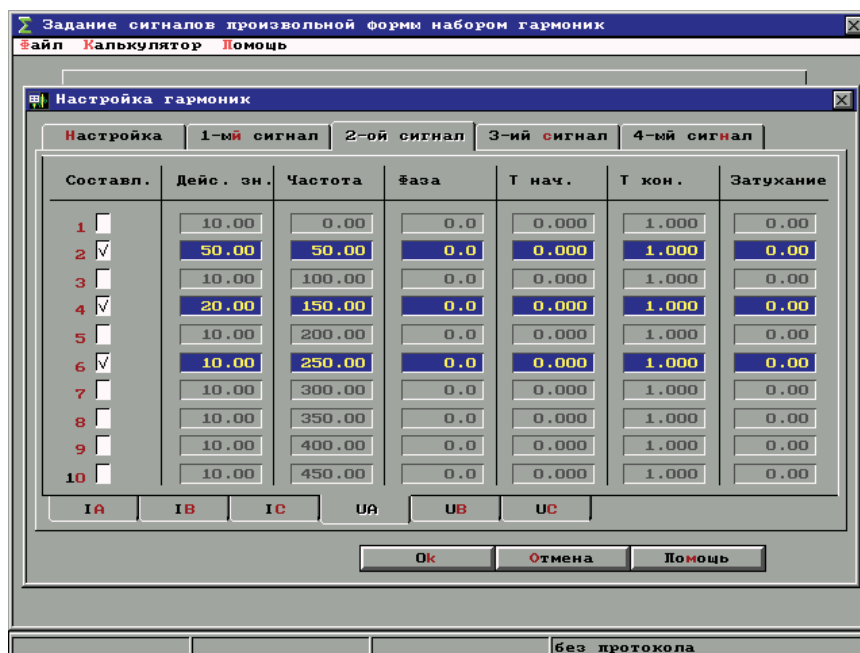


Рис. 3.3. Закладка настройки выходных сигналов

Выбранный выходной сигнал может быть сформирован суммой 10 гармоник. Чтобы активизировать какую-то гармонику, необходимо поставить «√» за номером соответствующей составляющей. При этом все поля для выбранной гармоники активизируются и становятся доступными для редактирования (становятся синего цвета). Каждая составляющая задается амплитудой, частотой, фазой, затуханием и временем воздействия ( $T_{\text{нач}}$  и  $T_{\text{кон}}$ , время начала и конца выдачи данной составляющей). В формировании суммирующего сигнала участвуют только выбранные гармоники.

Затухание в формуле задается как величина, обратная  $\tau$ ; т. е.  $T = -\frac{1}{\tau}$ . Поэтому, задавая положительное число, получаем затухание, а отрицательное дает увеличение амплитуды (очень быстро и  $\rightarrow \infty$ ). Т. к. РЕТОМ-41М выдает сигналы, ограниченные его возможностями (мгновенные значения: тока  $\pm 28$  А, напряжения  $\pm 160$  В), следует соблюдать осторожность, чтобы не испортить проверяемое оборудование.

Примечание. Если заданная частота равна 0, то уровень постоянного сигнала будет рассчитан по формуле:  $\sqrt{2} \cdot A_i \cdot \sin \varphi_i$ .

**OK** – кнопка выхода из режима настройки с запоминанием параметров;

**Отмена** – кнопка выхода из режима настройки без запоминания параметров;

**Помощь** – вызов Службы Помощи.



Подобным же образом можно сформировать до 4-х групп сигналов, имитируя сложные аварийные режимы.

### Режим *Осциллограф*

При нажатии кнопки *Осциллограф* выходим в режим отображения графиков мгновенных значений токов и напряжений (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Осциллограмма заданных сигналов

Данный режим позволяет также просматривать информацию о состоянии контактов и записанных в архив процессов. То есть, если ранее проводились испытания, результаты которых записаны в архив, то в любой момент их можно воспроизвести. При этом одновременно с графиками токов и напряжений будут отображаться графики состояния контактов во время испытаний. Именно этот режим позволяет не проводить повторных испытаний, работая только с архивными данными и, не подключая РЕТОМ-41М, проводить анализ поведения проверяемой защиты. Управление режимом *Осциллограф* осуществляется собственной панелью.

По горизонтальной оси откладывается время, в течение которого наблюдается процесс. Для удобства обработки информации принято, что момент времени начала аварийного режима равен 0. Главное меню окна *Осциллограф* содержит пункты: *Правка*, *Просмотр*, *Печать*, *Помощь*, *Выход*.

Пункт *Правка* содержит следующие опции:

- *Масштаб* – вызывает панель задания масштабов токов и напряжений;
- *Время* – вызывает панель задания начального и конечного значений времени осциллограммы;
- *Растянуть* – расширяет осциллограмму до маркеров, расположенных на оси времени в нижней части осциллографа;
- *Максимальные значения* – повторяет функцию кнопки *Максимальные значения* в опции *Масштаб* и в пиктографическом меню;
- *Векторная диаграмма* – вызывает на экран векторную диаграмму токов и напряжений в момент, соответствующий положению активной метки на оси времени;
- *Спектр* – вызывает диаграмму, показывающую спектральный состав сигнала в момент, соответствующий положению активной метки на оси времени, т. е. частоту и амплитуду составляющих токов и напряжений. Каждый спектр сигнала отображается на диаграмме тем же цветом и той же толщиной линии, что и сигнал на графике. Число 'N' на диаграмме – это число выборок за период при спектральном анализе, определяющее его точность. Щелчок правой кнопкой в области спектра выводит на экран меню, позволяющее добавлять в этот режим или исключать из него отдельные токи и напряжения;
- *Мгновенные значения* – привязывает к курсору строчку с текущими значениями тока, напряжения и времени в данной точке осциллограммы;

Пункт *Просмотр* содержит следующие опции:

- *Шкала* – устанавливает и снимает шкалу с оцифрованными делениями тока и напряжения;
- *Вывод  $U$ ,  $I$ ,  $t$*  – привязывает к курсору строчку с текущими значениями тока, напряжения и времени в данной точке осциллограммы;
- *Панорама* – выводит на экран вместо полосы скроллинга под осью времени условную, сжатую до ширины полосы скроллинга осциллограмму;
- *Цвет фона* – позволяет выбрать один из предложенных 16 вариантов цвета фона осциллограммы;
- *Выбор сигналов* – выводит на экран меню, позволяющее добавлять на экран в этом режиме или убирать с него отдельные токи и напряжения, а также до 16 шлейфов контактов;
- Выбрав опцию *Цвет* можно скорректировать цвета сигналов подобно цвету фона;
- *Добавить окно*, *Удалить окно* – добавляет и удаляет с экрана по одной полосе снизу, равномерно сжимая при добавлении остальные.

Пункт *Печать* – вывод осциллограммы на печать.

Пункты *Помощь* и *Выход* – стандартные пункты меню.

Само окно *Осциллограф* содержит одну или несколько полос (осциллограмм) с выбранными для показа токами и напряжениями. Токи показаны на осциллограмме толстыми, а напряжения – тонкими линиями. Цвет фаз по умолчанию:

А – желтая;

В – зеленая;

С – красная.

### Режим *РЕТОМ*

Нажатие кнопки *РЕТОМ* вызывает режим работы с проверочным устройством РЕТОМ-41М. При этом токи и напряжения на выходе проверочного прибора определяются исходными выражениями математических формул, заложенными в программе. После нажатия кнопки *РЕТОМ* начинается процесс расчета параметров для реального воспроизведения токов и напряжений. На экране в этот момент возникает сообщение – *Идет расчет*. Когда процесс расчета заканчивается, начинается процесс реального воспроизведения токов и напряжений на выходе проверочного прибора РЕТОМ-41М со считыванием состояния контактов.

Имеется возможность начала выдачи сигналов по замыканию или размыканию внешнего контакта. Для этого необходимо нажать на кнопку *Внешний пуск*. При этом появляется панель для выбора внешнего контакта и его типа. При нажатии кнопки **Пуск** после срабатывания выбранного контакта, начинается выдача токов и напряжений на РЕТОМ-41М.

### **Примеры использования программы «Задание сигналов произвольной формы набором гармоник»**

Используя программу в реальной работе можно проверять устройства релейной защиты по тем требованиям ИКР и ТО, реализовать которые обычными проверочными устройствами невозможно. Однако для пользования этой программой желательно иметь представления о спектральном составе гармонического сигнала и владеть математическим аппаратом на элементарном уровне. Так, например, в панели ШДЭ2801(02) проверка блокировки при качаниях (блок Б101) проверяется по факту срабатывания на наброс тока, но нигде не описана методика проверки ее по факту блокирования защиты при качаниях и асинхронном ходе.

В этой программе это делается просто и наглядно с установкой любой разницы в скоростях системы и генератора. На всех энергетических станциях имеются синхронизирующие колонки, которые проверяются

косвенными методами, их так же удобно проверять с помощью этой программы. На многих генераторах применяются устройства контроля изоляции, основанные на наложении 25 Гц на основную частоту. Чтобы проверить работу фильтров необходимо наложить определенную величину сигнала частотой 25 Гц на основной сигнал напряжения (57,8 В и 50 Гц). Изменяя частоту модуляции и ее уровень, можно снять переходную характеристику фильтра. Если проверяется время срабатывания или чувствительность такого устройства, то глубину модуляции можно менять.

Аналогичным образом проверяются токовые реле нулевой последовательности (фильтры на 150 Гц). Программой удобно пользоваться при проверке и настройке систем возбуждения генераторов. Она позволяет выдавать чистый апериодический сигнал, для чего устанавливается амплитуда (Внимание! Задается действующее значение, а амплитудное будет больше в  $\sqrt{2}$  раза), выставляется частота, равная 0, фазовый угол  $90^\circ$  и уровень затухания.

Всегда необходимо помнить что, задавая положительное значение затухания, тем самым уменьшаем уровень составляющего сигнала во времени, а если задать отрицательное значение, то составляющая будет увеличиваться, стремясь к бесконечности, но ограниченные возможности РЕТОМ-41М срежут сигнал на максимальном уровне.

*Асинхронный ход:*

*Устройства синхронизации.*

Проверка на одном канале напряжения:  $T_1 = 0$ ,  $T_2 = 10$  с,

$$U_1 = 57 \text{ В}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 0^\circ;$$

$$U_2 = 57 \text{ В}, F_2 = 49,9 \text{ Гц}, f_2 = 180^\circ;$$

Блокировка при качаниях, режим несрабатывания при полном провороте ротора:

$$I_{A1} = 2,0 \text{ А}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 0^\circ;$$

$$I_{A2} = 2,0 \text{ А}, F_2 = 49,9 \text{ Гц}, f_2 = 180^\circ;$$

$$I_{B1} = 2,0 \text{ А}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 240^\circ;$$

$$I_{B2} = 2,0 \text{ А}, F_2 = 49,9 \text{ Гц}, f_2 = 60^\circ;$$

$$I_{C1} = 2,0 \text{ А}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 120^\circ;$$

$$I_{C2} = 2,0 \text{ А}, F_2 = 49,9 \text{ Гц}, f_2 = 300^\circ;$$

*Блокировка при качаниях, режим несрабатывания при небольших отклонениях ротора с затуханием:*

$$I_A: \quad \begin{aligned} I_1 &= 2,0 \text{ А}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 0^\circ, T = 2; \\ I_2 &= 2,0 \text{ А}, F_2 = 49,9 \text{ Гц}, f_2 = 180^\circ, T = 2; \\ I_3 &= 2,0 \text{ А}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 0^\circ, T = 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_B: \quad & I_1 = 2,0 \text{ A}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 240^\circ, T = 2; \\ & I_2 = 2,0 \text{ A}, F_2 = 49,9 \text{ Гц}, f_2 = 60^\circ, T = 2; \\ & I_3 = 2,0 \text{ A}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 240^\circ, T = 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C: \quad & I_1 = 2,0 \text{ A}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 120^\circ, T = 2; \\ & I_2 = 2,0 \text{ A}, F_2 = 49,9 \text{ Гц}, f_2 = 300^\circ, T = 2; \\ & I_3 = 2,0 \text{ A}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 120^\circ, T = 0; \end{aligned}$$

*Контроль изоляции на 25 Гц:*

Пример проверки на одном канале напряжения:

$$T_1 = 0, T_2 = 10 \text{ с},$$

$$U_1 = 57 \text{ В}, F_1 = 50,0 \text{ Гц}, f_1 = 0^\circ;$$

$$U_2 = 5 \text{ В}, F_2 = 25 \text{ Гц}, f_2 = 0^\circ;$$

## **4. ПРОГРАММА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ АВАРИЙНОГО ПРОЦЕССА, ЗАПИСАННОГО В COMTRADE ФОРМАТЕ**

### **Назначение программы**

Во многих энергосистемах установлены цифровые регистраторы аварийных режимов различных типов («Бреслер 102, 103», BRI, «АУ-РА», ЦРАП, «Парма» и т. д.), которые записывают аналоговые и цифровые сигналы, подведенные к ним во время возникновения «ненормальных» режимов в энергосистеме. Цифровые системы регистрации встраивают в современные сложные комплектные устройства РЗ и А для фиксации поведения этих устройств во время КЗ. Все цифровые регистраторы записывают информацию в своих собственных форматах, которые зависят от конструкции, времени на повторную готовность, объема записываемой информации, носителя и т. д. Воспроизведение и анализ этой информации третьими фирмами из-за многообразия форматов очень неудобно. В связи с этим в мировой практике стандартом «де-факто» стал COMTRADE и в программное обеспечение к цифровым регистраторам фирмы-изготовители добавляют утилиты преобразования данных в этот формат.

Данная программа предназначена для:

- воспроизведения любого процесса записанного в COMTRADE-формате;
- масштабирования исходных данных и установки временных параметров при воспроизведении;
- фиксации реакции проверяемого устройства на приложенное воздействие;
- сравнения времен срабатывания контактов испытываемого устройства с записанными данными в COMTRADE-файле;
- записи результатов работы в архив и вывод на печать.

Ограничения:

- COMTRADE-файл в ASCII-формате;
- время воспроизведения не более 7 с;
- выходные параметры ограничены РЕТОМ-41М.

### **Организация данных в формате COMTRADE**

Каждый переходный процесс имеет три типа связанных с ним файлов. Каждый из трех файлов несет различный тип информации: заголовок, конфигурация и данные.

Имена файлов представляются в форме «xxxxx.yyy». «xxxxx» имени используется, чтобы идентифицировать файл, например FAULT или TEST. Часть «yyy» (расширение) имени файла используется, чтобы

идентифицировать тип файла, и определена как: «.HDR» для заголовка, «.CFG» для конфигурации, «.DAT» для данных.

**Файл заголовка (xxxxx.HDR).** Файл заголовка создается источником данных аварийного процесса с помощью программ текстовой обработки. Данные предназначены для распечатки и чтения пользователем. Создатель файла заголовка может включать в него любую информацию требуемом формате.

Большинство текстовых процессоров могут сохранять данные в одном из двух форматов. Один формат содержит специальные символы, специфические для используемого текстового процессора. Другой формат содержит только текстовые символы. Для обмена данными должен использоваться второй формат, тогда любая программа обработки текстов может использоваться для чтения и распечатки данных. Этот формат обычно называют «ASCII форматом».

**Файл конфигурации (xxxxx.CFG).** Файл конфигурации предназначен для чтения компьютерной программой и, следовательно, должен иметь информацию в определенном формате. Данные в файле конфигурации – это информация, необходимая компьютерной программе для правильной интерпретации данных переходного процесса. Эти данные включают такие элементы, как частота дискретизации, количество каналов, линейная частота, информация о канале и т. д.

Файл конфигурации может быть создан или с помощью программы обработки текстов, или при помощи компьютерной программы, которая создает файл конфигурации из информации, которая является записью переходного процесса. Конфигурационный файл должен содержать данные в ASCII формате.

**Файл данных (xxxxx.DAT).** Файл данных содержит значение каждой выборки каждого входного канала. Число, записанное как выборка обычно число, выданное устройством, которое производит выборки входного переменного сигнала.

Записанные данные могут быть без смещения или иметь смещение относительно нуля. Данные, не имеющие смещения, измеряются от отрицательного числа к положительному числу, например, от -2000 к +2000. Числа, смещенные относительно нуля все положительные, если представляющее нуль число положительное, например, от 0 до 4000, с 2000 соответствующим нулю. Коэффициенты преобразования, содержащиеся в файле конфигурации, определяют, как преобразовывать значения файла данных к физическим величинам.

Дополнительно к данным, представляющим аналоговые величины, часто записываются дискретные входы, соответствующие сигналам ти-

па «включить • отключить». Состояние входа представляется числами «1» или «0» в файле данных.

### **Организация данных переходного процесса.**

При обмене данными переходного процесса необходимо включать вместе с данными информацию, которая описывает обстоятельства, сопутствующие переходному процессу. Такая информация обычно форматируется и сохраняется иначе, чем фактические значения данных. Информация, представляемая в файлах переходного процесса, включает следующее:

- текстовое описание обстоятельств, сопутствующих переходному процессу;
- конфигурация регистратора переходного процесса во время записи;
- значения данных.

Описательную информацию наиболее легко ввести и интерпретировать в формате ASCII. Она содержится в относительно маленьких файлах и изменяется так широко, что трудно описывать формат, который будет включать каждое обстоятельство.

С другой стороны, хотя информация о конфигурации (номер, номер и тип каналов, описания каналов, масштабные коэффициенты) текстовая, она легко предсказуема и поэтому может быть введена в заранее заданном формате, который может читаться программой.

Значения данных даже более предсказуемы. Они обычно хранятся в двоичном формате, потому что при этом требуется меньший объем памяти, а количество значений, которые сохраняются, очень большое. Недостаток двоичных файлов в том, что они не так легко переносятся между различными программами обработки информации об электрических сигналах, как ASCII файлы.

Для отдельной записи переходного процесса должен иметься один файл заголовка и один файл конфигурации. Однако файл данных может быть составным, если данные не умещаются на 1 носитель информации.

Следующие разделы описывают содержание и формат каждого из этих типов файлов.

**1. Файлы заголовка.** Назначение заголовка состоит в том, чтобы обеспечивать дополнительную информацию в виде комментария для пользователя, для лучшего понимания условий записи переходного процесса. Файл заголовка не предназначен для управления программой.

**Содержимое.** Для применения по назначению следующие элементы должны быть включены в файл заголовка:

- описание энергетической системы до аварии;
- название станции;



- обозначение линии, трансформатора, реактора, конденсатора или выключателя, где был переходный процесс;
- длина поврежденной линии;
- активные и реактивные сопротивления прямой и нулевой последовательности;
- емкости;
- взаимная индукция между параллельными линиями;
- расположение и параметры шунтирующих реакторов и конденсаторных батарей;
- номинальные напряжения обмоток трансформаторов;
- параметры трансформатора и схема соединения обмоток;
- параметры прилегающей к месту аварии сети (например, эквивалентные полные сопротивления прямой и нулевой последовательности источников);
- описание того, как данные были получены: на распределительной подстанции или при моделировании условий системы программой;
- описание используемых антиналагающих фильтров;
- описание аналоговой схемы замещения;
- номера дисков, на которых записана информация о событии.

Файлы заголовка имеют расширение «.HDR», чтобы отличать их от файлов конфигурации и данных, и служит для облегчения запоминания и опознавания. Все файлы должны иметь одинаковое имя, отличаясь только расширениями для обозначения типа файла.

**Формат.** Файлы заголовка – это произвольные ASCII файлы любой длины. ASCII- файлы можно читать простыми редакторами и текстовыми процессорами.

**2. Файлы конфигурации.** Назначение файла конфигурации – обеспечивать информацию, необходимую для компьютерной программы, чтобы считывать и интерпретировать значения данных в прилагаемых файлах данных. Некоторая часть этой информации может быть дублирована в файле заголовка.

Файл конфигурации должен быть в заранее определенном, фиксированном формате, чтобы не разрабатывать компьютерную программу для каждого файла конфигурации. Это ASCII формат, и он может быть прочитан как человеком, так и компьютером.

**Содержимое.** Файлы конфигурации содержат следующую информацию:

- название и обозначение станции;
- количество и тип каналов;
- имена каналов, модулей и коэффициенты преобразования;

- частота сети;
- частота дискретизации и число выборок при этой частоте;
- дата и время первого значения данных;
- дата и время момента пуска;
- тип файла.

**Имена файлов.** Имена файлов конфигурации имеют расширение «.CFG», чтобы отличать их от файлов заголовка и файлов данных.

**Формат.** Файл конфигурации – стандартный файл ASCII формата. Он должен быть включен на каждый носитель с данными.

Файл разделен на строки. Каждая строка заканчивается символами возврата каретки и перевода строки: <CR,LF>. Запяты используются для разделения элементов в пределах строки. Для пропущенных данных разделительные запяты сохраняются без пробела между ними.

Информация в файл должна заноситься в точном порядке и в установленном формате. Отклонения от этого формата приведут к неправильному истолкованию компьютером.

**Название и идентификатор станции.** Файл конфигурации начинается с названия и идентификатора станции.

station\_name,id<CR,LF>

где station\_name – уникальное название регистратора; id= уникальный номер регистратора.

**Количество и тип каналов.** Эта строка содержит количество и тип каналов как они встречаются в записи данных:

TT,nnt,nnt<CR,LF>

где: TT – общее количество каналов; nn – номер канала; t – тип входа (А – аналоговый / В -дискретный).

**Информация о каналах.** Это группа строк, содержащих информацию о каналах. Каждому каналу соответствует строка вида:

nn,id,p,sssss,uu,a,b,skew,min,max< CR,LF>

nn, id,p,sssss,uu,a,b,skew,min,max< CR,LF>

nn,id,m< CR,LF>

nn,id,m< CR,LF>

где nn – номер канала; id – идентификатор канала; p – идентификатор фазы канала; ssssss – цепь / компонент, который контролируется; uu – единица измерения в канале (kV, kA, и т. д.); a – вещественное число (см. ниже); b – вещественное число. Коэффициент преобразования k [т. е., записанная величина x соответствует (ax+b) в единицах, указанных выше]; skew – вещественное число. Сдвиг времени (в мс) в канале с начала отсчета; min – целое, равное минимальной величине (нижняя граница диапазона) для выборок этого канала; max – целое, равное мак-

симальной величине (верхняя граница диапазона) для выборок этого канала;  $m$  – (0 или 1) нормальное состояние этого канала (относится только к дискретным каналам).

Последовательность « $nn$ ,  $id$ ,  $p$ ,  $ssssss$ ,  $uu$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $skew$ ,  $min$ ,  $max$ » повторяется столько раз, сколько это необходимо, чтобы предусмотреть названия каналов, фазы, единицы измерения и коэффициенты преобразования каналов в том порядке, в котором они появляются в данных. Фаза, компонент цепи и коэффициенты преобразования не нужны для дискретных каналов и поэтому опускаются.

**Частота сети.** Частота сети печатается в отдельной строке в файле:

$If<CR,LF>$

где  $If$  – частота сети в Гц (50 или 60).

**Информация о частоте дискретизации.** Эта часть содержит общее количество частот дискретизации с последующим списком, содержащим каждую частоту дискретизации и номер последней выборки для данной скорости.

$nrates<CR,LF>$

$sssss1,endsampl<CR,LF>$

$sssss2,endsamp2<CR,LF>$

...

$sssssn.endsampn<CR,LF>$

где  $nrates$  – количество различных скоростей дискретизации в файле данных;  $sssss1$  –  $sssssn$  – частота дискретизации в Гц;  $endsampl$  –  $endsampn$  – номер последней выборки для данной скорости.

**Отметки даты/времени.** Имеются две отметки дата / время: первая – для первого значения в файле данных и вторая – для момента пуска. Они имеют следующий формат:

$mm/dd/yy,hh:mm:ss.ssssss<CR,LF>$

$mm/dd/yy,hh:mm:ss.ssssss<CR,LF>$

где  $mm$  – месяц (01-12);  $dd$  – день месяца (01-31);  $yy$  – последние две цифры года;  $hh$  – часы (00-23);  $mm$  – минуты (00-59);  $ss.ssssss$  – секунды (от 0 с до 59.999999 с).

**Тип файла.** Тип файла идентифицируется как ASCII файл идентификатором  $ft$ :

$ft<CR,LF>$

где  $ft$  – ASCII.

### **Пример файла конфигурации**

```
Great Oaks Substation,25<CR,LF> 6,4A,2D<CR,LF>
1,Line 1 Phase A Voltage,A,,kV,200.,0..0.,0,4096<CR,LF>
2,Une 2 Phase B Voltage,B,,kV,200.,0.,0.,0,4096<CR,LF>
3,Bus Current,A,,kA,100.,0.,0.,0,4096<CR,LF>
4,Une 2 Phase A Voltage,A,,kV,200.,0.,0.,0,4096<CR,LP>
1,Breaker #XX Open,0<CR,LF>
2,Breacer #YY Closed,0<CR,LF>
60<CR,LF>
2<CR,LF>
5184,1298<CR,LF>
2592,1400<CR,LF>
06/25/88,23:12:14,089045<CR,LF>
06/25/88,23:12:19,000011<CR,LF>
ASCII<CR,LF>
```

**3. Файлы данных.** Назначение файлов данных – содержит фактические величины данных переходных процессов. Должны точно соответствовать формату, определенному в конфигурации, чтобы данные могли быть считаны компьютерной программой.

**Содержимое.** Файл данных должен содержать значения данных в строках и столбцах, где каждая строка состоит из множества значений данных, которому предшествует порядковый номер и время записи этих значений. Номер выборки, время ее считывания, и значения данных в ней, отделяются друг от друга запятыми. Никакая другая информация в данных не содержится.

**Имена файлов данных.** Имена файлов данных должны иметь расширение «.DAT», которое отличает их от файлов заголовка и конфигурации и служит условным обозначением, облегчающим запоминание и идентификацию. *Само имя файла должно быть одно и то же для файлов заголовка, конфигурации и данных*, чтобы связывать файлы заголовка и конфигурации с файлами данных.

В случае существования многочисленных файлов данных последние два символа расширения «.DAT» должны быть заменены (символы «AT» в расширении «.DAT» файла данных) на порядковый номер файла, позволяя иметь до 99 файлов.

**Формат файла данных.** Файлы данных должны быть разделены на строки. Каждая строка разделена на (n+2) колонок, где n – количество каналов в записи. Количество строк данных меняется в зависимости от длины записи и таким образом определяет размер файла. Количество колонок зависит от числа записанных каналов и также влияет на длину файла.

1-й столбец содержит номер выборки данных – целое число. Вторая колонка – время в *микросекундах*, также целое число. Третья и остальные колонки содержат величины, которые представляют напряжения и дискретные сигналы (их значения в момент выборки). Единицы в которых представлены значения аналоговых сигналов (токов и напряжений) записаны в файле конфигурации, в строке принадлежащей сигналу, номер которого в списке сигналов данного сеанса регистрации соответствует номеру его колонки в файле данных. Последующие выборки отделяются возвратом каретки и переводом строки.

**Формат значений данных.** Значения данных должны представляться в формате целого числа из шести цифр (I6), разделяемых запятыми. Отсутствующие значения представляются 999999. Дискретные сигналы (I1) представляются единицами и нолями.

**Метка конца файла.** Метка конца ASCII файла (EOF) («1A» HEX) помещается сразу после скрытого символа «возврат каретки/перевод строки» (<CR,LF>) в конце записи файла.

**Пример выборки данных.** Далее приведен пример выборки данных, специфицированный по этому стандарту. Он получен из примера файла конфигурации и имеет четыре аналоговых величины и два дискретных сигнала.

Если все значения данных не уместились на одной строке, они должны быть продолжены без перехода на другую строку через «возврат каретки / перевод строки». Последнее значение в выборке (т. е. в строке данных) должно заканчиваться скрытым символом «возврат каретки / перевод строки». Следующая строка начинается номером выборки и / или следующим набором данных.

0000000001 – номер выборки;

0000000000 – время в  $\mu$ s от начала записи;

002090,001827,002090,002044 – аналоговые величины для каналов 1-4;

0,0 – дискретные сигналы (каналы 5 и 6).

**Создание файла.** Файл-заголовок и файл конфигурации хранятся в формате ASCII. Файлы данных генерируются программой. Если данные не помещаются в одном файле (из-за ограниченной емкости носителя информации), должно быть создано множество файлов данных.

**Двоичные файлы данных.** Двоичные файлы данных желательны в некоторых прикладных программах и могут согласовываться с COMTRADE стандартом. Если используются двоичные файлы данных, то соответствующая программа преобразования двоичного файла к формату COMTRADE ASCII должна быть приложена к двоичному файлу данных.

Поле ft, описанное выше, может быть использовано для спецификации двоичных файлов данных. Для этого пишут в это поле не

«ASCII», а «BINARY». Двоичные файлы данных должны использовать ту же структуру, что была использована для ASCII файлов данных: каждая запись выборки данных должна состоять из 16-разрядных целых чисел, размещаемых следующим образом:

$$n \quad tt \quad A_1A_2\dots A_k D_1D_2\dots D_m$$

где  $n$  – номер выборки, в четырех байтах;  $tt$  – время выборки  $v$ , в четырех байтах;  $A_1\dots A_k$  – значения аналоговых сигналов в двух байтах для каждого канала;  $D_1D_2\dots D_m$  – значения 16 цифровых входов (дискретных сигналов) в каждом 16 битовом слове.

### Примечания:

1) Наименьший значащий бит в слове присваивается наименьшему номеру входного канала, принадлежащему этой группе из 16 каналов. Так, бит 0 в  $D_1$  – это статус цифрового входа номер 1, а бит 1 в  $D_2$  – статус цифрового входа номер 18.

2) При записи слова младший байт слова записывается первым, затем записывается старший байт.

3) Пропущенные данные в двоичном файле данных представлены как FFFF.

4) Пустые данные в двоичном файле представляются как FFFF.

### Работа с программой

После вызова программы на экране появляется основная панель рис. 4.1.



Рис. 4.1. Панель режимов

Если это первое вхождение в программу или для работы необходимо использовать новый COMTRADE-файл, следует выбрать пункт *Файл* в меню, при этом появится панель выбора файла (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Выбор Comtrade-файла

При помощи «мыши» выберите директорию и требуемый файл. Выбрав необходимый COMTRADE-файл, нажмите **Ок**. Для записи результатов испытаний необходимо открыть архивный файл. При создании архива необходимо:

а) создать директорию, в которой разместится архивный файл;

б) вызвать пункт *Опции* и заполнить его (рис. 4.3), используя *TAB* для переключения между полями или выбирая их при помощи «мыши», так как эти параметры сохраняются вместе с протоколом в архиве. По окончании нажмите *Enter* или **Ок** и программа предложит вам создать новый архивный файл;

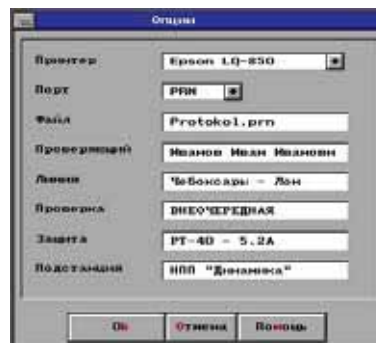


Рис. 4.3. Пункт меню *Опции*

в) в предложенном окне выберите ранее созданную директорию и введите имя файла архива (рис. 4.4), нажмите **Ок**.

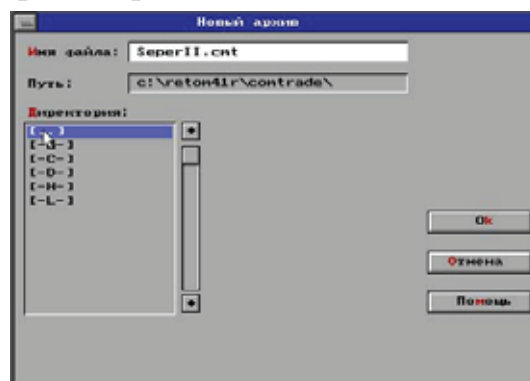


Рис. 4.4. Создание нового файла архива

Если вызвать программу после проведенной работы с сохранением протокола в архиве, то программа загрузится с последними сохраненными параметрами, что облегчает продолжение испытаний после перерыва.

Затем следует осуществить настройку программы. Для этого нажмите кнопку *Настройка* в левой нижней части экрана. При этом появится панель настройки (рис. 4.5).

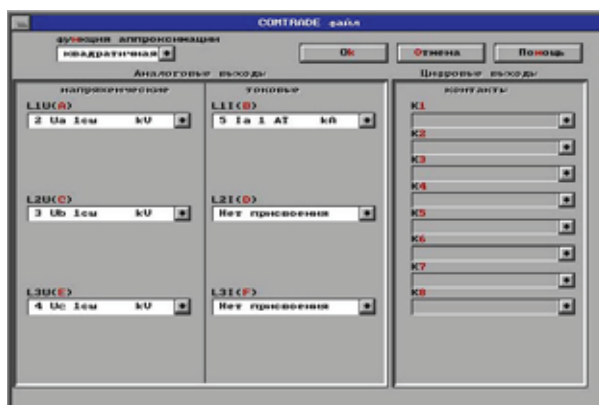


Рис. 4.5. Настройка выходов РЕТОМа в Comtrade-файле

Настройка заключается в «привязывании» каких-либо линий напряжений и тока, записанных в информационном файле, к конкретным линиям, имеющимся у РЕТОМ-41М, а также присвоении имеющимся приемным контактам соответствующих имен для сравнения с данными из COMTRADE-файла. Можно также выбрать способ аппроксимации. Так как время квантования в регистраторах в десять раз превышает время квантования в РЕТОМ-41М (100–200 мкс), необходимо выбрать функцию соединения двух выборок для более достоверного воспроизведения формы сигнала. Закончив настройку, нажмите кнопку **Ок** для фиксации этих данных или *Отмена*, если не хотите использовать эту настройку. Без настройки дальнейшая работа с программой становится невозможной. Не обязательно выполнять настройку для всех выходов РЕТОМ-41М: неиспользуемые выходы обозначаются *Нет присвоения*. Максимальные параметры аналоговых сигналов и временной диапазон отображаются в правой части экрана. Если эти параметры превышают возможности прибора, то на экран выдается соответствующее сообщение.

Существует возможность просмотра процесса в режиме *Осциллограмма* (рис. 4.6) или воспроизведения в режиме *РЕТОМ*.

Режим *Осциллограмма* предназначен для просмотра имеющегося процесса, архивной записи, вывода на печать интересующего участка осциллограммы в соответствующем масштабе.



Режим *PETOM* предназначен для просмотра имеющегося процесса, воспроизведения интересующей части процесса в установленном масштабе, сравнения полученных результатов реакции испытываемого устройства с имеющимися данными из COMTRADE-файле записи полученных результатов в архив, и (или) распечатки этих данных на принтере.

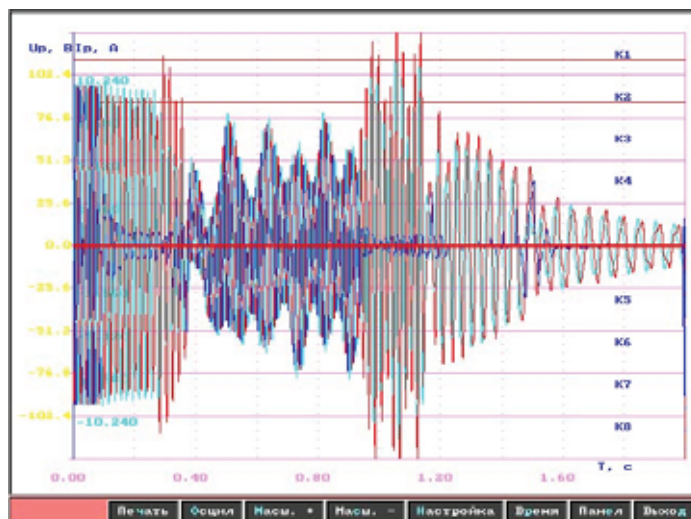


Рис. 4.6. Осциллографирование записи

Режимы *Осциллограмма* и *PETOM* аналогичны соответствующим режимам программы **Модель энергосистемы**. Отличием является функциональная кнопка *Настройка*. При нажатии на эту кнопку появляется панель *Настройка* (рис. 4.7), в котором задаются коэффициенты трансформации по току и напряжению, в случае записи данных в первичных величинах. При необходимости возможна имитация  $3U_0$  и  $3I_0$  на фазе С. Формирование сигналов при выборе пунктов  $3U_0$  и  $3I_0$ , производится путем математического суммирования сигналов, выбранных на рис. 4.5. Программа так же позволяет осуществить параллельную работу нескольких *PETOM*ов. При этом возможно синхронное воспроизведение нескольких процессов или воспроизведение более 3 токов и напряжений. Для этого следует нажать кнопку **Настр.параллель.раб.** При этом вызывается панель настройки параллельной работы (рис. 4.8).

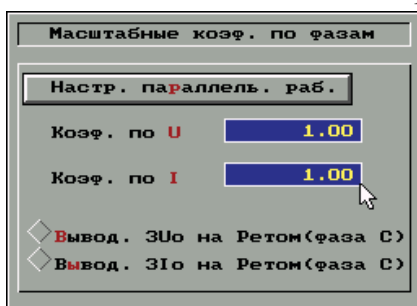


Рис. 4.7 Настройка

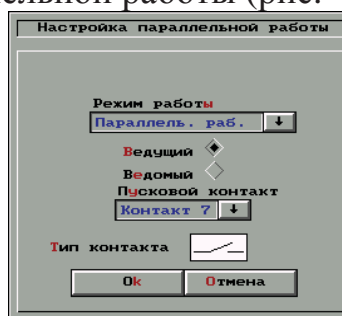


Рис. 4.8. Настройка параллельной работы

На этой панели выбирается режим работы: одиночный или параллельный. При выборе параллельной работы выбирается тип РЕТОМа: ведущий или ведомый. При нажатии на кнопку *Запуск*, в режиме параллельной работы у ведущего РЕТОМа замыкается 1-ый выходной контакт, который должен быть соединен с пусковыми контактами параллельно работающим РЕТОМам. Возможен одновременный запуск выдачи сигналов с разных РЕТОМов при помощи внешнего контакта (это может быть простой тумблер). Для этой цели все РЕТОМы, которые должны работать синхронно, выбираются как ведомые, а к пусковым контактам подводятся контакты запускающего устройства.

## 5. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Запустить программу RETOM41R.BAT в папке RETOM41R. На экране появится главное меню системы. Щелчком левой кнопки мыши по пиктограмме **8 RL-МОДЕЛЬ** запустить программный модуль «**Модель энергосистемы**».

### **Назначение программного модуля «Модель энергосистемы»**

Математическая RL-модель энергосистемы, реализованная на персональном компьютере, в сочетании с испытательным устройством РЕТОМ, обеспечивающим физическое воспроизведение результатов математических расчетов, дает пользователю возможность проверки релейной защиты, установленной на 4-х различных видах линии.

Диалоговый интерфейс позволяет задавать параметры энергосистемы, токи и напряжения нагрузочного режима, вид и место повреждения. Результаты испытаний обрабатываются и отображаются на экране дисплея. При этом на вход проверяемой релейной защиты подводятся токи и напряжения с учетом переходных процессов в энергосистеме пользователя. На основе этих испытаний пользователь принимает решение о параметрах характеристик и уставок релейной защиты, соответствующих его условиям.

Программа предназначена для проверки правильности функционирования устройств релейной защиты применительно к приведенной энергосистеме пользователя. Пользователю предоставляется возможность задавать основные параметры приведенной энергосистемы и повреждения.

Создаваемые в РЕТОМе на основе расчетов модели энергосистемы токи и напряжения позволяют учитывать такие параметры, как мощность режима нагрузки до короткого замыкания, сопротивление электрической дуги в месте короткого замыкания, переходные процессы короткого замыкания, изменение частоты в энергосистеме.

Данная программа моделирует 4 основные различные конфигурации энергосистемы, виды короткого замыкания, а также асинхронный ход и качания. Отличительной особенностью является осциллографирование на экране дисплея мгновенных значений токов, напряжений, а также дискретных сигналов, характеризующих реакцию проверяемой защиты.

### **Основное меню программы**

При вызове программы **Модель энергосистемы** из основного меню появляется окно (рис. 5.1), в котором можно выбрать необходимый режим. Основное меню состоит из режимов *Модель сети*, *Повреждение*, *Анализ*, *Архив*, *Опции*, *Помощь*, *Выход* и находится в верхней части экрана на белом поле.

Выбранный режим выделен салатным цветом. Доступ к основному меню возможен из всех режимов работы программы. Переход из одного режима меню в следующее осуществляется путем подведения курсора мыши к необходимому полю основного меню и нажатием её левой клавиши.

### Режим работы *Модель сети*

Режим *Модель сети*, появляющийся сразу после загрузки программы *Модель энергосистемы*, позволяет задать параметры и конфигурацию моделирующей энергосистемы. Работа в данном режиме осуществляется с панелью, представленной на рис. 5.1. В правой части расположено окно задания конфигурации энергосистемы *Тип сети*. Виды моделируемых энергосистем изображены также на рис. 5.1.

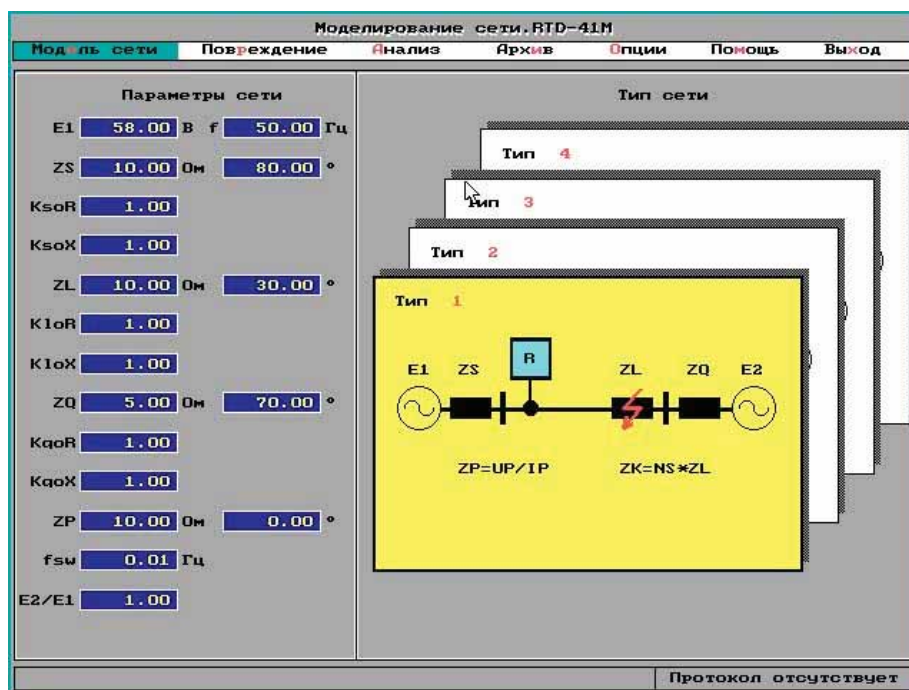


Рис. 5.1. Выбор типа и параметров линии

Условные графические изображения конфигураций представлены на экране дисплея в виде «веерообразно» расположенных страниц. Каждой странице соответствует своя конфигурация (*Тип 1*, *Тип 2*, *Тип 3*, *Тип 4*). Верхняя страница, выделенная желтым цветом, является рабочей и указывает на выбранную конфигурацию. Смена конфигураций производится установкой курсора мыши на необходимую страницу и нажатием её левой клавиши. Выбранная страница с рисунком требуемой конфигурации энергосистемы становится верхней и выделяется цветом.

В левой части экрана в этом режиме расположено окно задания параметров выбранной конфигурации энергосистемы *Параметры сети*. Изменяемыми параметрами являются:

$E1$  – фазное напряжение источника  $E1$  в диапазоне от 0 до 100 В;

$f$  – частота источника  $E1$  (значения от 50 до 60 Гц);

$ZS$  – модуль и аргумент эквивалентного сопротивления прямой последовательности между местом установки защиты источника  $E1$  (диапазон от 0 до 9999,00);

$K_{SO}R$ ,  $K_{SO}X$  – коэффициенты отношения сопротивления нулевой последовательности к прямой, относящиеся к  $ZS$  (диапазон от 0 до 9999,00), используются в расчетах при КЗ на землю;

$ZL$  – модуль и аргумент сопротивления защищаемой линии (диапазон от 0 до 9999,00);

$K_{LO}R$ ,  $K_{LO}X$  – коэффициенты отношения сопротивления нулевой последовательности к прямой, относящиеся к  $ZL$  (диапазон от 0 до 100);

$ZQ$  – модуль и аргумент эквивалентного сопротивления системы от конца защищаемой линии до источника  $E2$  (диапазон от 0 до 9999);

$K_{QO}R$ ,  $K_{QO}X$  – коэффициенты отношения сопротивления нулевой последовательности к прямой, относящиеся к  $ZQ$  (диапазон от 0 до 100);

$ZP$  – модуль и аргумент сопротивления на входе дистанционного реле в нагрузочном режиме (до возникновения повреждения) (диапазон от 0 до 9999);

$ZF$  – модуль и аргумент сопротивления отпайки для линии с ответвлением (диапазон от 0 до 9999);

$K_{FO}R$ ,  $K_{FO}X$  – коэффициенты отношения сопротивления нулевой последовательности к прямой, относящиеся к  $ZF$  (диапазон от 0 до 100);

$fsw$  – разность частот между эквивалентами ЭДС электрической системы при моделировании режима качаний;

$E2/E1$  – отношение ЭДС в конце линии к ЭДС в начале при моделировании режима качаний;

$N1$  – коэффициент, определяющий относительную длину до места отпайки для конфигурации *Тип 2*, задается в процентах и принимает значение от 0 до 100;

$N2$  – коэффициент, определяющий относительную длину до места короткого замыкания от начала отпайки для конфигурации *Тип 2* (задается в режиме работы *Повреждение*);

$ZP1$  – модуль и аргумент сопротивления включенной нагрузки, если выбран режим *Включение нагрузки* (задается в режиме *Повреждение*).

Значения параметров представлены в числовых окнах желтыми цифрами на синем фоне. Для выбора изменяемой величины подводят курсор мыши к необходимому числовому окну и нажимают её левую кнопку. Фон окна при этом становится красным. Набором цифровых клавиш клавиатуры вводят необходимое число. Ввод завершается нажатием клавиши *Enter*. При вводе с клавиатуры числового значения пользователь может применять клавишу *BackSpace* для стирания неправильно введенного числа и клавишу *Esc* для восстановления ранее введенного числа. При вводе числового значения, выходящего за пределы допустимого диапазона вводимого параметра, сохраняется ранее введенное число.

### Режим работы *Повреждение*

Этот режим предназначен для задания:

- параметров короткого замыкания;
- вида короткого замыкания;
- качаний или асинхронного хода;
- обрыва фазы;
- включения нагрузки.

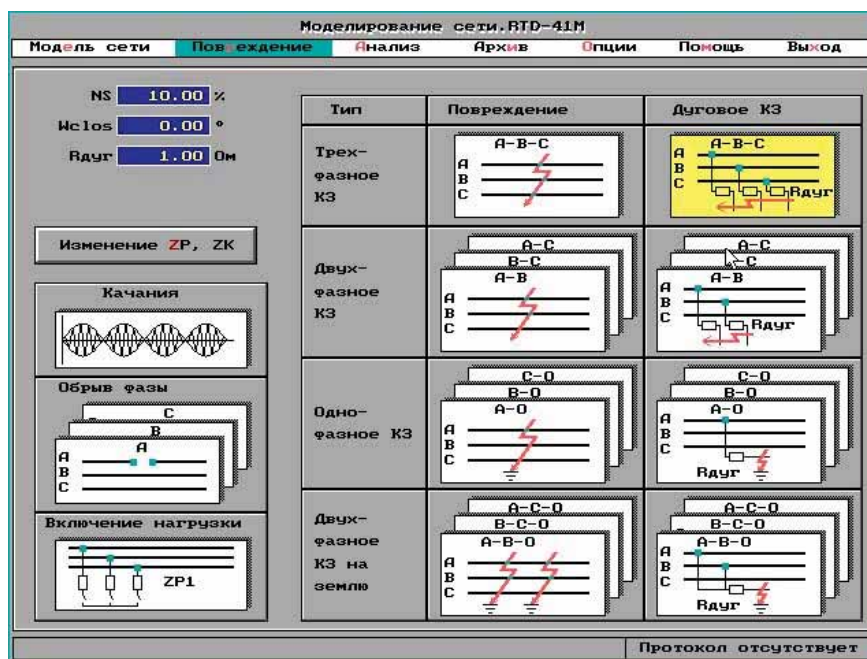


Рис. 5.2. Окно *Задание параметров повреждения*

При входе в данный режим появляется панель, представленная на рис. 5.2. В левой верхней части экрана расположены числовые поля, характеризующие параметры короткого замыкания:

NS – коэффициент, определяющий относительную длину поврежденного участка линии, задается в процентах и принимает значение от 0,01 до 100 %;

$W_{\text{clos}}$  – угол напряжения в момент возникновения повреждения;  
 $R_{\text{дуг}}$  – сопротивление дуги в месте короткого замыкания, если выбрано дуговое КЗ (до 100 Ом);

Изменение числовых параметров производится таким же способом, как и в предыдущем меню.

Выбор типа КЗ осуществляется подведением курсора к условному графическому изображению необходимого повреждения и нажатием левой клавиши мыши. Изменение фазы короткого замыкания производится путем листания страниц выбранного типа повреждения. Выбранные тип и фаза короткого замыкания выделяются желтым цветом. Кроме этого, на экране представлена клавиша:

*Изменение ZP, ZK* – для вызова режима графического задания сопротивлений нагрузочного режима до аварии ZP и короткого замыкания ZK.

При нажатии этой кнопки появляется комплексная плоскость сопротивления с изображенной на ней характеристикой линии (см. рис. 5.3). Желтой звездочкой на плоскости представлено сопротивление нагрузочного режима до аварии, красной – сопротивление короткого замыкания. В правом верхнем углу расположено кнопки для работы в данном режиме:

*Изменение ZK* – задание сопротивления короткого замыкания;

*Изменение ZP* – задание сопротивления нагрузочного режима;

*Скроллинг* – изменение положения центра координат для изображения комплексной плоскости сопротивления.

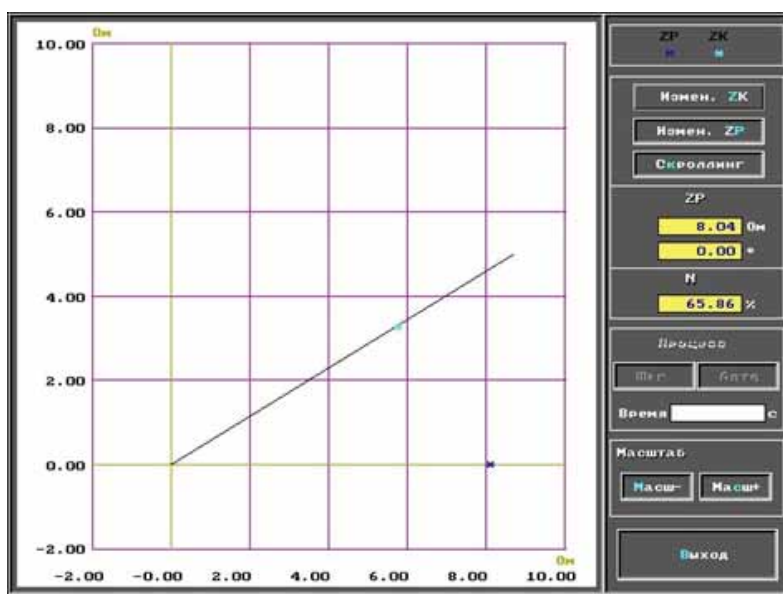


Рис. 5.3. Задание параметров линии и КЗ на комплексной плоскости

Кнопка, находящаяся в нажатом состоянии, свидетельствует о выбранном режиме. Перемещением курсора мыши или нажатием клавиш

$Alt + \langle \text{выделенная буква} \rangle$  производится установка величин  $ZP$ ,  $ZK$ , а также центра видимого окна комплексной плоскости сопротивления. Предусмотрено также введение цифровых величин в редактируемые поля  $ZP$  и  $N$  и изменение параметров с помощью клавиш  $\leftarrow, \rightarrow, \uparrow, \downarrow$ . Уменьшение или увеличение масштаба видимой плоскости комплексного сопротивления выполняется нажатием кнопок или клавиш на клавиатуре – или +.

Выход из данного режима выполняется нажатием кнопки *Выход* или клавиши *Esc*, после чего появляется панель, представленная на рис. 5.2.

### Режим работы Анализ

Этот режим предназначен для визуального отображения на экране дисплея происходящих процессов, создания архива параметров настройки системы и считывания их из памяти. Панель данного режима представлена на рис. 5.4. Органами управления являются клавиши:

*Диаграмма Z* – вызов режима отображения происходящих процессов в комплексной плоскости сопротивления;

*Осциллограмма U, I* – вызов режима отображения графиков мгновенных значений токов и напряжений;

*РЕТОМ* – вывод процесса на устройство РЕТОМ-41М.

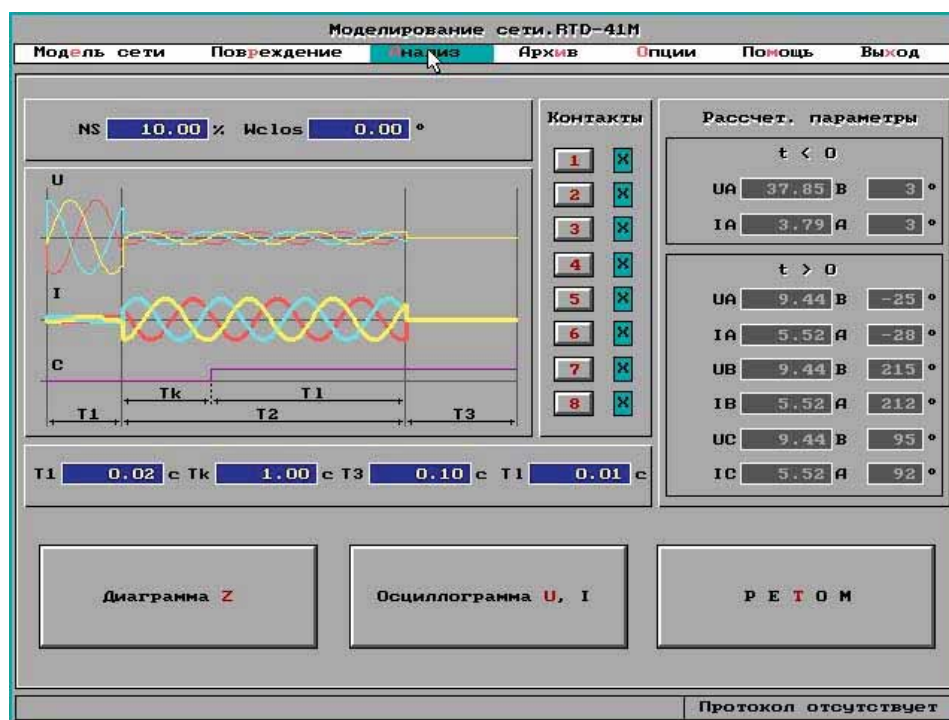


Рис. 5.4. Анализ КЗ

На панели также представлены числовые окна  $T1$ ,  $Tk$ ,  $T3$ ,  $T1$ , задающие время, в течение которого формируются и наблюдаются проис-



ходящие процессы в режимах *Диаграмма Z*, *Осциллограмма U, I*, *РЕТОМ*. Время задается в секундах. Момент времени ноль соответствует моменту возникновения аварии. Время T1 соответствует времени до аварии, т. е. нагрузочному режиму; ТК – время аварии; ТЗ – время паузы, отключенное состояние; Т1 – время реакции выключателя.

Кроме вышеперечисленного, в правой части панели режима *Анализ* (рис. 5.4) выводятся основные параметры в точке установки защиты: модули и аргументы токов и напряжения фазы А до возникновения короткого замыкания ( $t < 0$ ), токов и напряжений всех фаз после возникновения короткого замыкания ( $t > 0$ ). В этом же режиме задаются номера и типы контактов, по срабатыванию которых процесс останавливается с имитацией отключения выключателя.

После нажатия клавиши *Диаграмма Z* появляется комплексная плоскость сопротивления с характеристикой линии, выделенной серым цветом, и нагрузочный режим до короткого замыкания, отмеченный желтой звездочкой (см. рис. 5.5). В правом верхнем углу расположена справочная информация. Запуск производится нажатием кнопок *Шаг* или *Авто*, при этом происходят изменения годографа сопротивления, визуально отображающиеся на комплексной плоскости сопротивления. Годографы сопротивления различных фаз выделены различными цветами. Предусмотрена возможность наблюдения за процессом в пошаговом режиме. Комплексная плоскость может быть фазной или линейной – переключение осуществляется кнопкой *ABC* или *AB BC CA* – в зависимости от текущего режима.

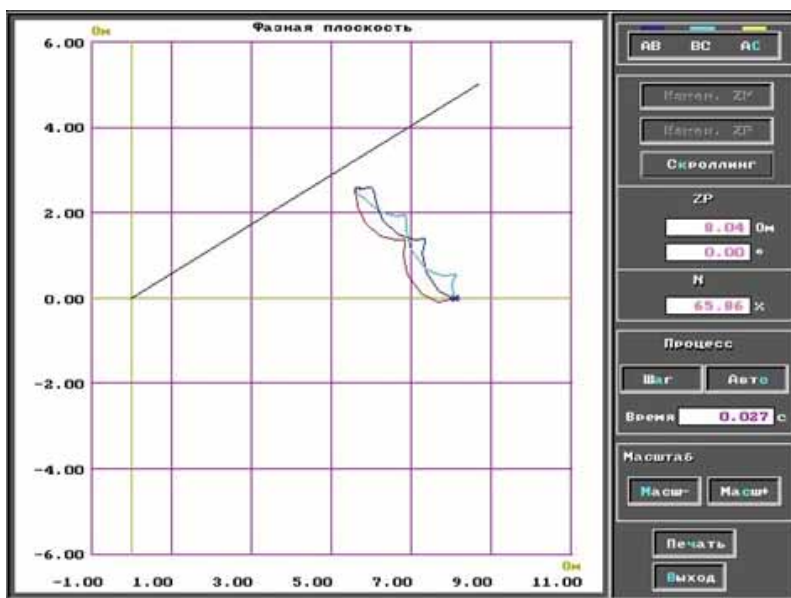


Рис. 5.5. Годограф КЗ на комплексной плоскости

Кнопка *Печать* позволяет вывести на принтер диаграмму движения годографа сопротивления. На бумаге отобразится тоже состояние, что и на дисплее.

Выход из данного режима осуществляется нажатием кнопки *Выход* или клавиши *Ecs*.

Нажатием кнопки *Осциллограмма U, I* панели *Анализ* вызывается режим осциллографирования мгновенных значений токов и напряжений от момента времени  $T_1$  до  $T_2$ . Один из примеров этого режима представлен на рис. 5.6.

Каждая фаза выделена своим цветом, напряжения – тонкой линией, а токи – жирной. Пользователь, по необходимости, может исключить из осциллографирования некоторые параметры путем нажатия соответствующей клавиши из набора *Панель*, что отображается в нижней части экрана. Для восстановления отображения контролируемых параметров следует повторно войти в режим *Панель* и нажать требуемые клавиши. Кроме того, имеется возможность выбора вывода на экран:

- фазных величин (по умолчанию);
- линейных величин;
- симметричных составляющих.

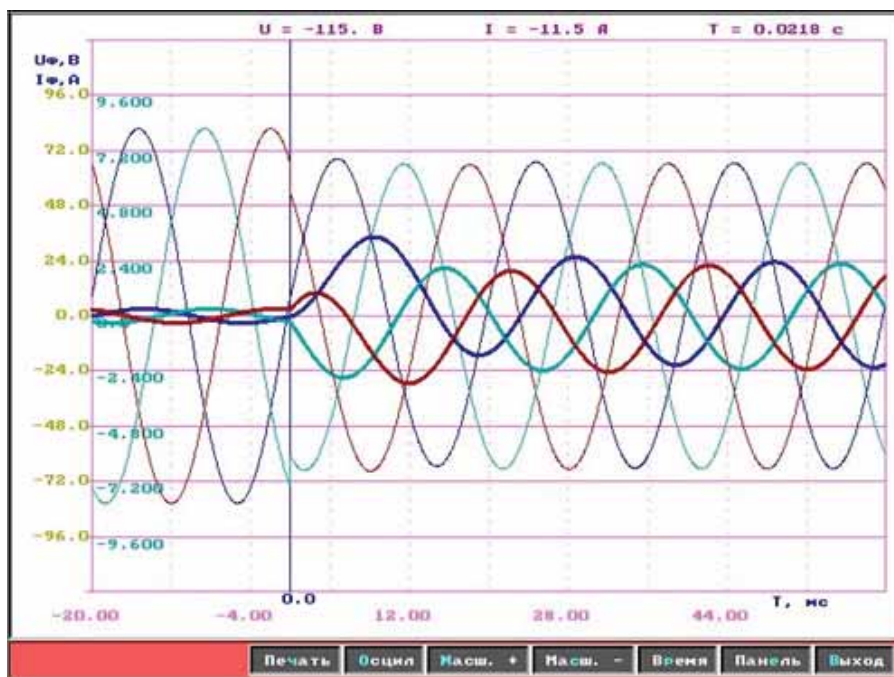


Рис. 5.6. Осциллограмма процесса повреждения

В нижней части экрана расположены кнопки управления:

*Печать* – вывод осциллограммы на печать;

*Осцил* – вывод на экран осциллограммы;

*Масштаб +, Масштаб* – изменение масштаба вывода значений токов и напряжений;

*Время* – контроль и задание времени осциллографирования;

*Панель* – выбор индицируемых параметров;

*Выход* – возврат в режим *Анализ*.

Нажатием кнопки *РЕТОМ* вызывается режим воспроизведения реальных процессов устройством РЕТОМ-41М по заранее определенным параметрам, заданным в предыдущих режимах. На выходе прибора вырабатываются фазные токи и напряжения, подаваемые в проверяемое устройство защиты. При этом реакция контролируемой защиты (сухие контакты) через устройство РЕТОМ-41М заносится в память компьютера для дальнейшего анализа.

После нажатия кнопки *Запуск* программа приступает к расчету мгновенных значений фазных токов и напряжений с последующей подачей их на проверяемую защиту. По истечении времени прибор автоматически отключается и начинается воспроизведение реакции контактов контролируемой защиты и фазных токов и напряжений. Поведение контактов, фиксирующихся сиреневым цветом, изображается группами по четыре контакта выше и ниже графиков мгновенных значений. Для удобства пользователя при визуальном анализе осциллографом возможно изменение масштаба как по временной оси, так и по амплитудам выводимых параметров, а в верхней части диаграммы индицируются текущие значения курсора мыши в координатах плоскости (U, I и T). При нажатии кнопки *Время* можно задать не только время осциллографирования, но и время воспроизведения на проверяемую защиту.

Для повторного просмотра снятой осциллограммы служит кнопка *Оцил*, для повторной проверки – *Запуск*.

Выход осуществляется нажатием кнопки *Выход* или *Esc*.

## 6. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МИЛЛИСЕКУНДОМЕР-РЕГИСТРАТОР

### Назначение программы

Программа *Универсальный миллисекундомер-регистратор* предназначена для различных временных измерений. При различных видах подачи воздействия эта программа позволяет осуществить следующие измерения:

- времени срабатывания;
- времени возврата;
- разновременность срабатывания;
- разновременность возврата;
- кратковременного переключения;
- время вибрации контакта
- снять временную диаграмму работы 8-и контактов (регистратор).

### Основное меню

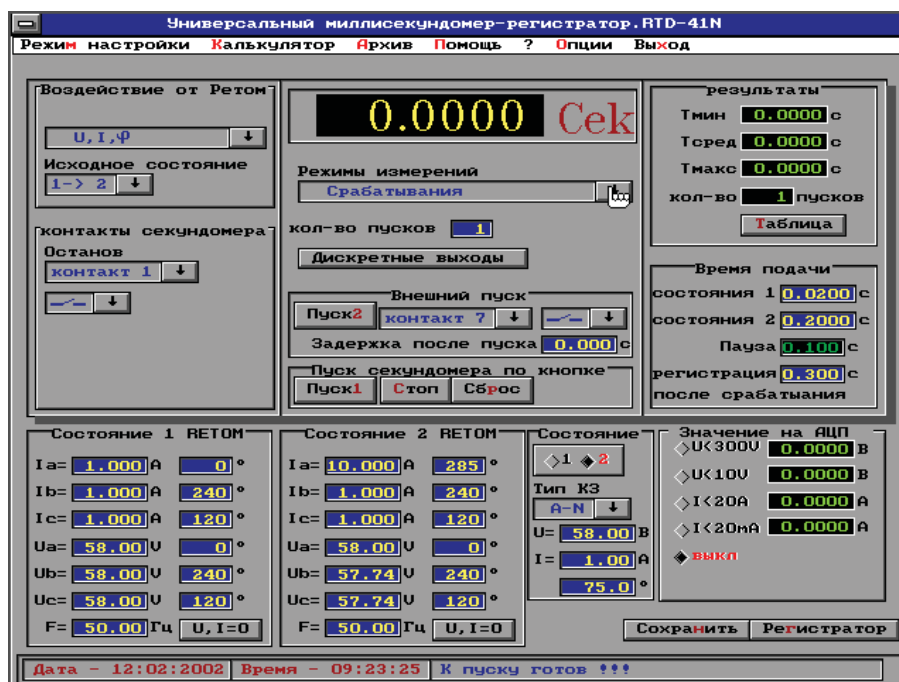


Рис. 6.1. Панель программы Миллисекундомер-Регистратор

Основное меню программы (рис. 6.1) включает в себя следующие пункты:

**Режим настройки** – режим, в котором дублируются все основные кнопки, обеспечивающие функционирование данной программы;

**Калькулятор** – строка вызова калькулятора;

**Архив** – вызов архива, для сохранения и чтения результатов проверки;

**Помощь** – вызов службы помощи;

**Опции** – задание опций для печати результатов проверки (регистрации): выбор принтера, выбор порта, задание имени файла (если печать производится в файл), задание шапки протокола – проверяющий, линия, присоединение, защита, подстанция.

Доступ к основному меню возможен всегда, кроме режима **Пуск**, при котором производится проверка устройств РЗА. Предусмотрена возможность выбора из основного меню с клавиатуры с использованием «горячей» клавиши. Для этого необходимо одновременно нажать клавишу **Alt** и клавишу буквы, выделенной красным цветом.

### **Работа с программой**

Для работы с программой следует установить режим измерения из предлагаемого списка. Для этого следует нажать кнопку ↓, расположенную под цифровым индикатором времени *C*, справа от строки *Режимы измерений* и выбрать требуемое нажатием левой кнопки мыши. Для запуска реле следует установить вид подачи воздействия. Начало процесса можно инициировать контактом, подачей напряжения (переменного или постоянного тока) или подачей величин  $U$ ,  $I$ ,  $F_i$ , необходимых пользователю. В этом случае, эти величины программируются в полях *Состояние 1 РЕТОМ* и *Состояние 2 РЕТОМ*, подача воздействия осуществляется скачком с *Состояния 1* до *Состояния 2*, или наоборот.

Если старт происходит от выходного контакта РЕТОМа, то необходимо учитывать, какой ток протекает через контакт. В зависимости от исполнения РЕТОМа этот ток через выходные контакты следующий:

для РЕТОМ-41:

1 ... 4-й выходы – герконовые реле РПГ–6, ток через контакт – не более 0,2 А;

для РЕТОМ-41М заводские номера с 400 по 930:

1, 2, 4-й выходы – полупроводниковые оптотранзисторы, ток не более 0,1 А, 3-й выход – реле РЭП-17, ток – не более 7 А;

для РЕТОМ-41М заводские номера с 931 и выше:

1...4-й выходы – реле РЭК-51, ток не более 7 А.

В программе имеется возможность осуществить следующие операции при нажатии кнопки *Пуск*:

1) без выдачи токов и напряжений коммутировать выходным контактом;

2) выдавать  $=U$  для измерения параметров реле постоянного тока;

3) выдавать  $\sim U$  для измерения параметров реле переменного тока;

4) выдавать любую векторную диаграмму токов и напряжений (и частот). При этом доступны для редактирования два состояния РЕТОМа (1 и 2). Задаются времена выдачи этих состояний, что позволяет осуществить скачок из доаварийного режима (*Состояние 1*) в аварийный (*Состояние 2*). Для удобства задания готовых векторных диаграмм КЗ (А0,..., АВ,..., АВС) можно использовать панель *Состояние*. Выбрав *Состояние 1* или *Состояние 2* (два состояния РЕТОМа – например, доаварийный режим и КЗ фазы АВ), задав ток, напряжение и угол КЗ, получаем пересчитанную векторную диаграмму для выбранного состояния. Можно задать любую нестандартную векторную диаграмму фазных токов, напряжений и углов. Для этого в графе *Тип КЗ* ставится прочерк для исключения пересчета U, I, Phi в фазные составляющие при КЗ.

Время срабатывания фиксируется при срабатывании контакта во время аварийного режима (во втором состоянии). Это второе состояние – не обязательно именно *Состояние 2 РЕТОМа*, т. к. скачок может быть и из *Состояние 2* в *Состояние 1*.

Если задано количество испытаний, то следует задать время паузы (нет тока, нет напряжения) между испытаниями для восстановления исходного состояния панели. Время выдачи доаварийного процесса (обычно *Состояние 1*, хотя можно выбрать и из *Состояния 2→1*) не изменяется, а время выдачи аварийного (второго) состояния может быть сокращено в случае срабатывания опрашиваемого контакта. В этом случае выдача токов и напряжений *Состояния 2* прекращается. Для анализа поведения контактов (например, дребезга) выдачу токов и напряжений аварийного состояния после срабатывания можно удержать на время регистрации. Состояние всех контактов можно посмотреть в окне *Регистратор*.

Время вибрации контакта – время, между первым и последним изменением состояния опрашиваемого контакта (следует указать время регистрации, в течение которого будет фиксироваться состояние контакта).

В исходном состоянии также выбирается вид сигнала:

- включение или выключение для контакта;
- подача или снятие напряжения;
- подача выбранных токов и напряжений;
- подача нулевых значений (отключение).

Воздействие на контакты осуществляется:

- при нормально открытом контакте – замыканием контакта или подачей токов и напряжений;

- при нормально закрытом контакте – размыканием контактов или отключением напряжений и токов.

Выбрав контакты для запуска и останова миллисекундомера, следует установить количество запусков и паузу между ними.

Для измерения времени необходимо нажать на кнопку *Пуск 1*. Результаты, а именно, минимальное, максимальное и среднее значения измеренных величин (если количество пусков больше одного) будут отображаться в правой части экрана, в полях *Результаты*.

Помимо ручного пуска в программе предусмотрен также пуск от внешнего контакта – кнопка *Пуск 2*. Этот режим предназначен для автоматизации старта секундомера, а также для синхронного старта, в том случае, если необходимо проводить проверку устройств РЗА двумя, тремя и более РЕТОМами и запуск секундомера должен проводиться одновременно. Для этого необходимо выбрать дискретный вход РЕТОМа (7-й или 8-й), тип контакта (НО или НЗ), которым стартуем, а для отстройки от дребезга предусмотрено отдельное поле. При нажатии кнопки *Пуск 2* программа будет ожидать срабатывания (возврата) внешнего контакта.

Кнопка *Стоп* предназначена для останова при отсутствии срабатывания реле.

Времена срабатывания других контактов можно увидеть в режиме *Регистратор*.

Все настройки и результаты работы могут храниться в архивах.

Для удобства пользователя в программу включен **Калькулятор**, а также имеется служба **Помощь**.

Силовые выходные цепи РЕТОМа – это транзисторный каскад класса АВ, где транзисторы шунтируются защитными диодами, поэтому при измерении времени возврата реле постоянного тока, несмотря на выключение транзистора, через диоды существует цепь протекания тока, обусловленного накопленной МДС реле. В этом случае, время возврата реле постоянного тока больше, чем тоже время, измеренное при разрыве цепи. Для получения правильного времени возврата время возврата реле постоянного тока измеряется методом подрыва цепи протекания тока с помощью 3-го выходного реле РЕТОМа, время переключения которого должно быть согласовано с моментом снятия напряжения на выходе РЕТОМа, что программа и предлагает сделать при выборе данного режима после нажатия кнопки **Старт**. Схема подключения представлена на рис. 6.2.

Поскольку выходные контакты 1 и 2 РЕТОМ-41 (типа РПГ-6) имеют малую коммутационную способность, необходим внешний тумблер, которым подрывается цепь постоянного тока РЕТОМа. Тумблер должен

иметь две группы контактов: одной группой подрывается цепь постоянного тока, а другая, «сухая» группа, заводится на дискретный вход РЕТОМа для старта секундомера. Останов секундомера производится контактом самого реле постоянного тока.

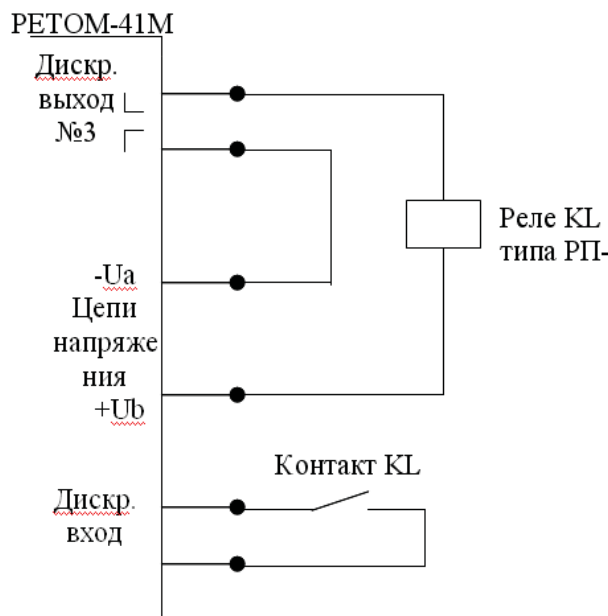


Рис. 6.2. Схема подключения РЕТОМ – 41М при проверке времени возврата реле постоянного тока

Для проведения испытания необходимо выбрать режим *Разновременность возврата*, тогда старт производится размыканием тумблера, а останов – размыканием контакта. Схема подключения РЕТОМ-41 для проверки времени возврата реле постоянного тока приведена на рис. 6.3.

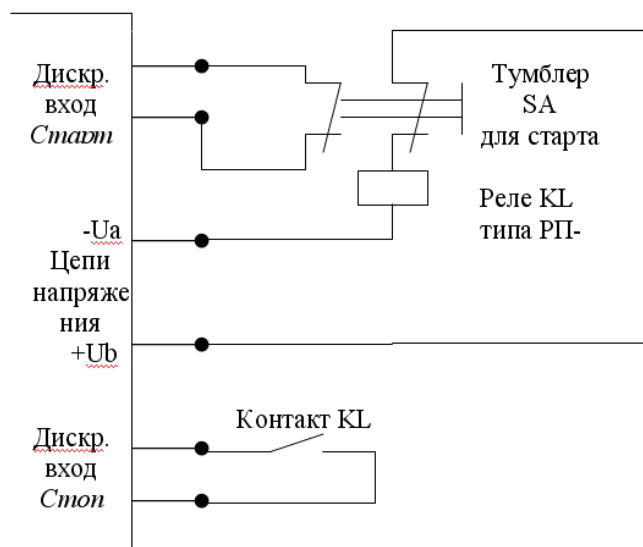




Рис. 6.3. Схема подключения РЕТОМ-41 для проверки времени возврата реле постоянного тока. Режим работы программы – *Разновременность возврата*  
*Задание векторной диаграммы*

Для быстрого задания токов и напряжений каждого из 2-х состояний РЕТОМа (подразумевается, что первое состояние является аналогом доаварийного режима, а состояние 2 – аварийным процессом) предусмотрено задание типа КЗ, тока, напряжения и угла аварии. Предварительно необходимо выбрать, для какого из 2-х состояний задаются токи короткого замыкания (или же они могут задаваться непосредственно, если выбран не тип КЗ, а х). Для быстрого сброса токов, напряжений и углов служит кнопка  $U, I = 0$ .

#### *Управление выходными контактами*

Состоянием выходных контактов можно управлять. Для задания режима необходимо нажать кнопку *Дискретные выходы*, после чего появится окно редактирования. Переключения из исходного состояния в противоположное, и обратно, осуществляется однократно за испытание (времени и тип контакта задаются).

Доступны 3 режима работы выходных контактов:

- 1) как контакты **Пуск – Стоп** секундомера;
- 2) отсчет времени по кнопке **Старт**;
- 3) отсчет времени от активного контакта.

В первом режиме работают только 1 и 2 контакты (их поля загашены). В этом режиме 1-й контакт ведет себя как запускающий контакт внешнего секундомера, 2-й – стоповый контакт внешнего секундомера. Данный режим служит для подключения внешнего секундомера.

Во втором режиме доступны для управления все 4 выходные реле. Времена замыкания и размыкания каждого из контактов доступны для редактирования. Отсчет времени начинается с момента нажатия кнопки *Пуск*, т. е. с начала доаварийного процесса. Исходное состояние каждого из 4-х выходных реле и время коммутации независимы от других реле. Данный режим можно использовать для коммутации внешнего оборудования при выдаче токов и напряжений.

Третий режим похож на второй, отличается только моментом начала отсчета времени коммутации реле, которое начинается не с момента нажатия кнопки *Пуск*, а с момента срабатывания активного контакта. Увидеть эти времена можно только при условии, если время регистрации больше, чем любое из времен переключения состояния контактов (т. к. время аварийного процесса действительно только до момента срабатывания активного контакта, а затем токи и напряжения обнуляются). На время регистрации продолжается выдача аварийных токов и напря-

жений. Данный режим может использоваться, например, для сброса блокировки.

#### *Работа с АЦП*

Обычно режим АЦП выключен. Вы можете выбрать один из диапазонов АЦП. При этом значение на АЦП не влияет ни на что, и служит лишь как индикатор наличия какого-то уровня внешнего тока или напряжения.

#### *Калькулятор*

Калькулятор, имеющийся в программе, позволяет делать различные математические вычисления, не выходя из программы.

#### *Подсказка*

В начале работы с программой трудно ориентироваться в большом количестве параметров, поэтому в программу введен режим подсказки. Для вызова подсказки – в меню необходимо выбрать «?», и установить курсор на параметр, о котором хотите получить информацию.

### **Регистратор**

Результаты срабатывания и возврата всех восьми дискретных входов (входных контактов) можно просмотреть и распечатать в окне *Регистратор* (рис. 6.4), которое вызывается на экран путем нажатия кнопки *Регистратор*, расположенной в правом нижнем углу основной панели программы.

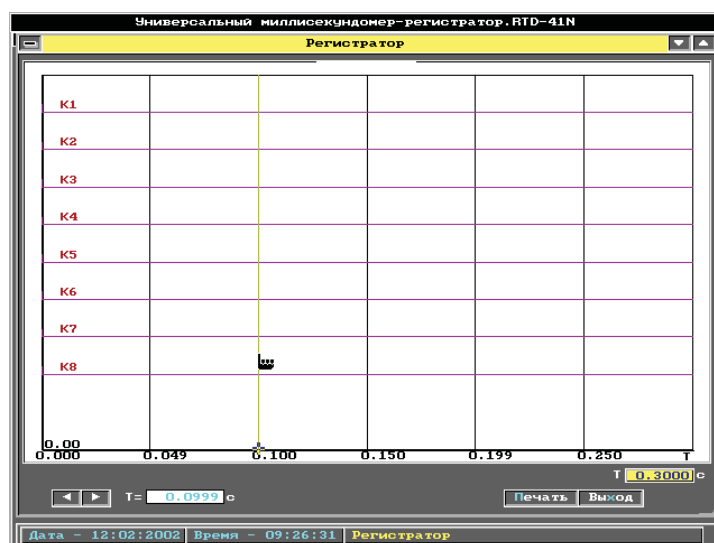


Рис. 6.4. Окно панели *Регистратор*

Время регистрации состояния контактов задается в поле *Времена подачи*, расположенном в правой средней части основной панели программы.

### **Выход из программы**

Выход в главное меню программы *РЕЛЕ-ТОМОГРАФ* осуществляется нажатием кнопки *Выход* из верхнего меню программы. Для этого

следует подвести курсор мыши к кнопке *Выход* и нажать левую кнопку мыши или на клавиатуре нажать комбинацию клавиш *Alt + x*.

## 7. РАБОТА В РЕЖИМЕ СОХРАНЕНИЯ

Выбор в главном меню пункта *Архив* переводит программу в режим сохранения текущих уставок и последних результатов работы (рис. 7.1). Перед описанием работы познакомимся со структурой архива. Архив представляет собой набор записей, объединенных в файл. Файл предназначен для удобства пользования архивом. Так, файл можно копировать или переносить с машины на машину, в другую директорию, архивировать или просто удалять. При этом манипулируют всеми записями протоколов в данном архиве. Запись в архивном файле представляет собой сегмент памяти, имеющий имя записи, дату создания, конфигурацию программы, уставки и, возможно, протокол испытаний. Записи в архиве ищутся по имени. Удобство при работе с записями заключается в возможности объединения родственных протоколов (например, испытание однотипных реле) в один рабочий архив и при анализе иметь быстрый доступ к ним.



Рис. 7.1. Режим работы *Архив*

Для работы в режиме сохранения имеются следующие функциональные кнопки:

*Новый архив* – в начале работы с программой обычно отсутствуют рабочие архивные файлы, поэтому возникает необходимость создать новый архивный файл. Для этого следует:

1. Выбрать уже имеющуюся директорию или создать новую, в которой будет находиться файл. В поле *Путь* (рис. 7.2) отобразится выбранный путь к каталогу.

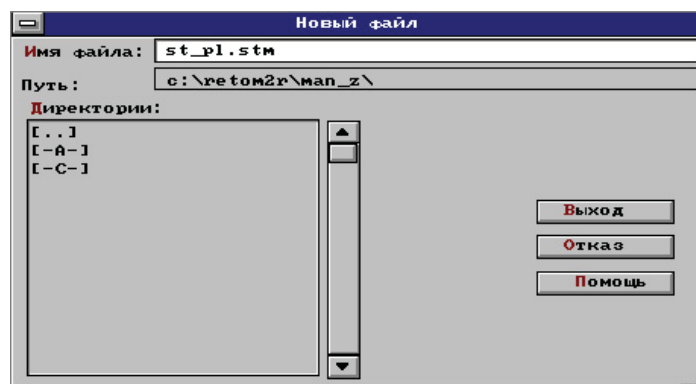


Рис. 7.2. Выбор файла

2. Выбрать поле *Имя файла* и ввести имя файла. При этом следует придерживаться ограничений, налагаемых операционной системой, т. е. имя файла не должно превышать 8 символов.

3. Нажать кнопку *Выход* для создания и открытия нового файла. Если отпала необходимость создавать новый файл, выход осуществляется при помощи кнопки *Отказ*.

4. После создания файла на экране появляется окно *Архив*. На начальном этапе работы архивный файл еще не содержит информации, поэтому все кнопки, за исключением кнопки *Выход* заблокированы.

*Выбор архива* – данная кнопка предназначена для сохранения текущей или будущей записи в уже существующем архивном файле. При нажатии этой кнопки на экране появляется окно *Выбор архива* (рис. 7.3). Для выбора существующего архивного файла следует:

- выбрать директорию;
- выбрать имя файла, которое отобразится в поле *Имя файла*;
- для открытия выбранного файла нажать кнопку *Выход*;
- в появившемся окне *Архив* отразится имеющаяся в архиве информация. Можно выбрать запись для чтения, запомнить текущее состояние программы, отредактировать имя записи, удалить ненужные записи или осуществить выход.

*Текущий архив* – данная кнопка предназначена для работы в текущем архиве. При ее нажатии на экране появляется окно *Архив* (рис. 7.4) с набором функциональных кнопок.



Рис. 7.3. Окно *Выбор архива*



Рис. 7.4. Работа с текущим архивом

С помощью этих кнопок можно просмотреть сделанную ранее запись *Чтение*, отредактировать имя записи *Редактирование*, осуществить поиск необходимой записи по имени *Поиск*, сохранить текущее состояние программы (*Сохранить как*), удалить любую запись из архива *Удаление*, кнопка выхода из текущего режима без выполнения каких-либо операций над архивом – *Выход*. Имя архивного файла, а также путь доступа к нему, указаны в верхней строке окна. Для просмотра записей, расположенных за пределами видимой части экрана, следует воспользоваться скроллингом, расположенным справа. Выбранная запись выделяется желтым цветом на синем фоне, а в строке статуса указывается дата и время создания записи и наличие протокола. При редактировании имени записи (поле меняет цвет на бордовый), появляется рамка, охватывающая запись и курсор. Имя записи может иметь длину до 80 символов.

## 8. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА РЕЛЕ ТОКА НА РЕТОМ-51

Программа предназначена для автоматической проверки реле тока, многоступенчатых токовых защит, в том числе направленных. Рабочее окно программы изображено на рис. 8.1.

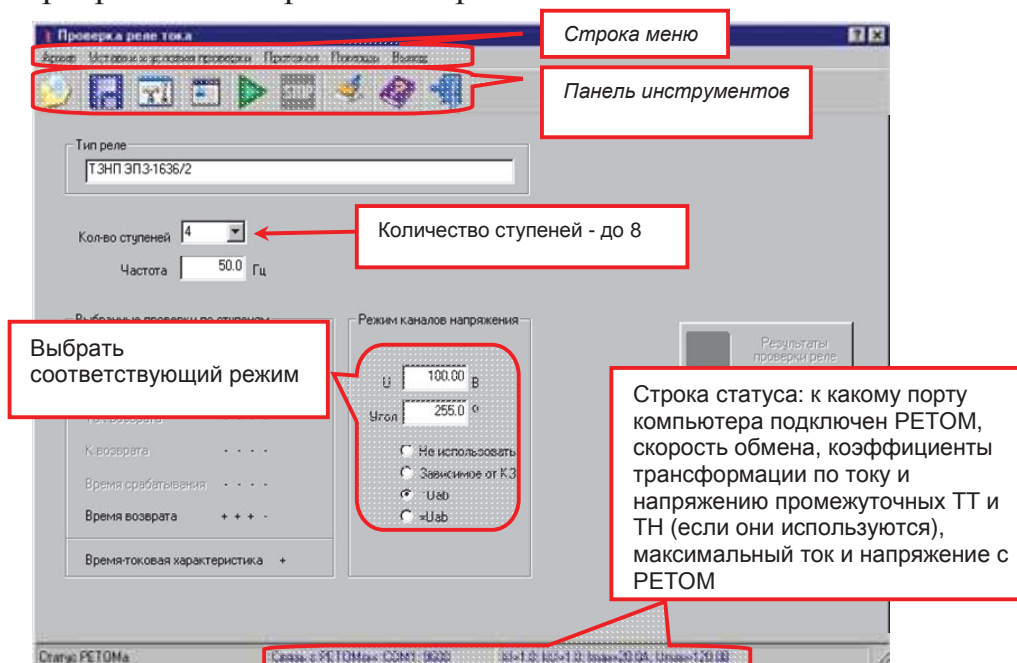


Рис. 8.1. Рабочее окно программы *Автоматическая проверка реле тока*

Пункты *Меню* программы дублируются кнопками *Панели Инструментов* (рис. 8.2):

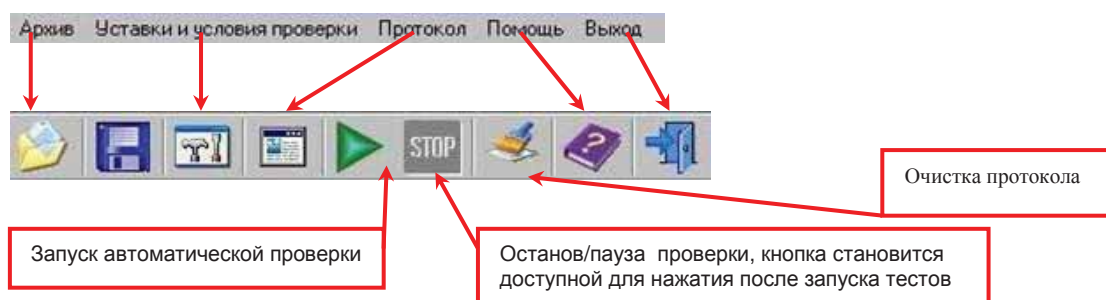


Рис. 8.2. Кнопки панели инструментов

Назначение пунктов *Меню* и кнопок *Панели Инструментов*:  
*Архив* – вызов окна архива с предложением открыть файл архива (см. «Работа с Архивом»);

*Уставки и условия проверок* – вызов окна задания уставок и условий проверок.

Вид окна уставок и условий проверки, а также назначение его полей и кнопок представлены на рис. 8.3.

Установить флаг у проверяемых ступеней проверям,

Уставки тока срабатывания и тока возврата

Допустимый коэффициент возврата

Уставки времен срабатывания и возврата

Допустимые отклонения (в %) тока, времени срабатывания и коэфф. возврата

Номер входа и тип контакта для каждой ступени

При нажатии на эту кнопку условия проверки для каждой ступени пересчитываются в зависимости от уставок

Скачок от  $I_{мин}$  до  $I_{макс}$  (и наоборот) для определения  $t_{cp}$ ,  $t_b$

Число углов включения при определении  $T_{cp}$ , угол включения -  $\alpha=180^\circ/N_y$

Выбор видов КЗ для каждой ступени

Условия изменения тока для определения  $I_{cp}$ ,  $I_b$  от мин. до макс. с шагом

Способ подачи тока для определения  $I_{cp}$ : плавно или скачком (с XX и паузой между шагами)

Меню проверки для каждой ступени (т.е. то, что ищем)

Длительность (максимальное время) подачи тока для поиска  $I_{cp}$ ,  $I_b$

Условия снятия время-токовой характеристики  $T_{cp}=f(I)$  (если установлен флаг). Выбираем вход и тип контакта (НО или НЗ). Задаем требуемые виды КЗ, вводим диапазон токов от  $I_{мин}$  до  $I_{макс}$  с нужным шагом. Задаем времена XX, КЗ и паузы, причем, если снимаем характеристику защиты (всех ступеней) с выходного реле, то  $T_{кз}$  должно быть больше, чем время срабатывания самой медленнодействующей ступени

Количество испытаний для каждой ступени

Рис. 8.3. Окно *Уставки и условия проверок*

По результатам испытаний заполняется *Протокол* (рис. 8.4), который можно вызвать на экран через *Меню*, либо нажав кнопку *Панели Инструментов* (см. рис. 8.2).



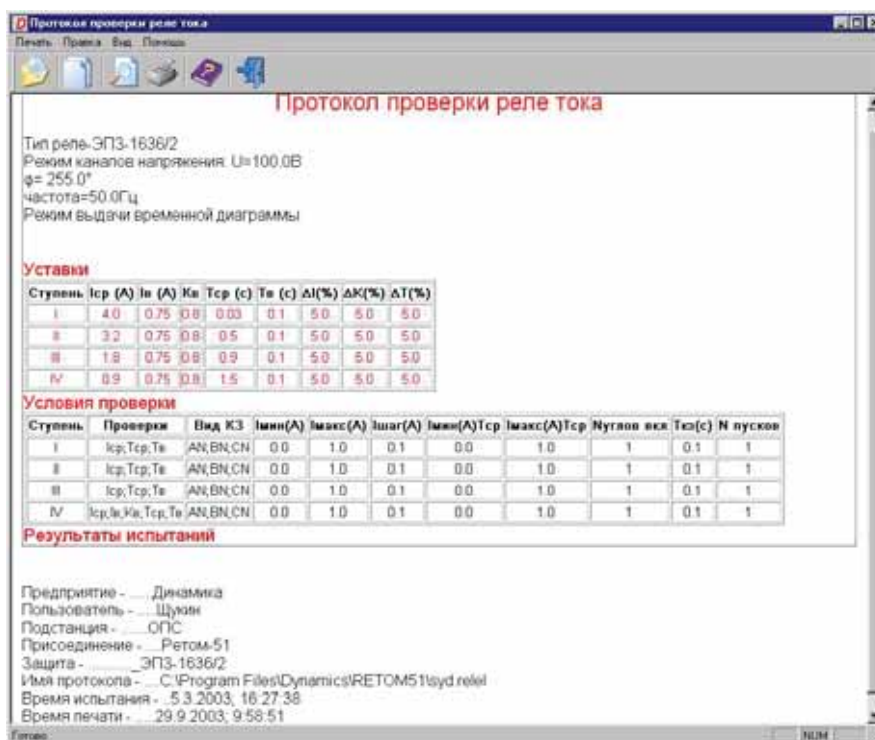





Рис. 8.4. Окно *Протокола*

В протокол записываются все необходимые параметры: защита, опции, уставки, условия проверки, результаты испытаний и т. д.

Кнопки *Старт*, *Стоп* (, ) – предназначены для запуска и остановки/паузы испытаний.

Кнопка  *Очистка протокола* – обнуляет протокол.

Кнопка  *Помощь* – вызывает *Службу Помощи*.

Кнопка  *Выход* – выход из программы.

Работа с программой строится следующим образом. Вводится тип реле в заданное поле, выбирается количество ступеней (до восьми, т. е. проверяется либо многоступенчатая защита, либо до 8 реле тока, соединенных последовательно). Если защита направленная, например ТЗНП, и необходимо переменное напряжение, имитирующее напряжение  $3U_0$ , то в *Режиме каналов напряжения* (рис. 8.5) следует выбрать режим  $\sim U_{ab}$  и задать величину этого напряжения и угол между напряжением и током.

В случае проверки токовой защиты, составленной из реле тока, реле времени и промежуточных реле, где требуется постоянный опера-

тивный ток для питания промежуточных реле и реле времени (или при проверке микроэлектронного или микропроцессорного реле, также требующих питания постоянным током), нужно выбрать режим  $=U_{ab}$  и задать величину этого постоянного напряжения.

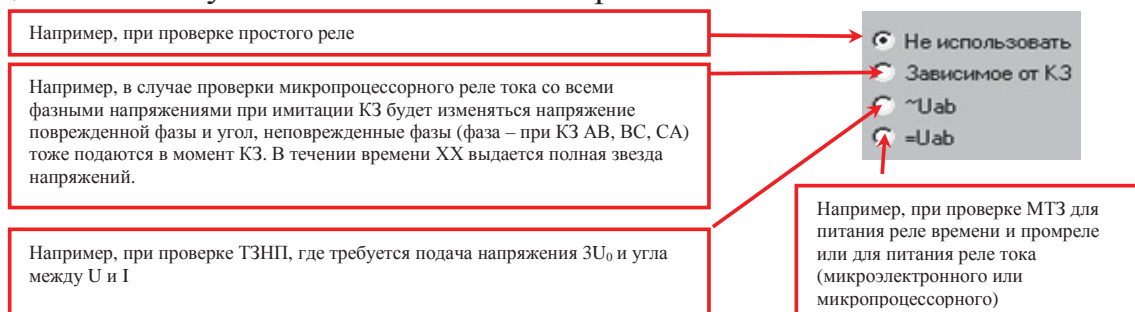


Рис. 8.5. Назначение режимов проверки

При проверке токовой защиты, когда используются все фазные значения напряжений, следует выбрать режим *Зависимое от КЗ* и задать величину напряжения для поврежденной фазы, а также угол между напряжением и током. При проверке будет выдаваться звезда напряжений. Значения напряжений неповрежденных фаз (или фазы – для двухфазных КЗ) равны 57,73 В.

При проверке простого реле тока (где не нужны цепи напряжения) используется режим – *Не использовать*.

Далее следует задать уставки и параметры проверки, ввести нужные опции. При этом открывается (либо создается новый) файл *Архива*, где будут сохранены все параметры проверки. После задания всех параметров – нажать кнопку *Старт*. При необходимости проверку можно остановить, нажав кнопку *Стоп*. После проведенной проверки следует сохранить протокол в *Архиве*, нажав кнопку *Сохранить как*.

## 9. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА РЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА РЕТОМ-51

Программа предназначена для автоматической проверки реле напряжения. Она позволяет при однократно заданных условиях и режимах проводить многократную проверку.

Программа позволяет:

- проверять технические параметры реле:
  - 1) определить напряжение срабатывания и возврата;
  - 2) определить время срабатывания и возврата;
  - 3) вычислить коэффициент возврата;
  - 4) вычислить процент отклонения от уставки;
- вести протокол проведенных испытаний, который можно распечатать на принтере;
- вести архив всех протоколов и параметров испытаний.

### Запуск программы

Для запуска программы в главном окне пакета программ РЕТОМ-51 служит иконка *Реле напряжения*. После чего откроется окно для задания параметров проверки реле напряжения (рис. 8.6).

Для проверки реле необходимо:

- подключить рабочую обмотку реле к каналам напряжения РЕТОМ-51;

- подключить контакт реле к дискретному входу РЕТОМ-51;
- выбрать требуемые проверки;
- ввести уставки реле;
- ввести диапазон и шаг изменения напряжения проверок;
- ввести временные параметры проверок;
- выбрать количество проверок;
- включить РЕТОМ-51 и запустить проверки на выполнение.

В зависимости от типа и диапазона рабочего напряжения реле подключается на следующие каналы напряжения РЕТОМ-51:

- до ~120 В – на канал *AN*;
- до ~240 В – на каналы *AB*, напряжения  $U_a$  и  $U_b$  выдаются в противофазе;
- до =339 В на каналы *AB*, причем на канале (фазе)  $U_a$  – знак «-», на канале (фазе)  $U_b$  – знак «+».

В окне программы, в управляющей группе *Схема подключения*, выбирается соответствующий пункт.

Контакт реле подключается к дискретному входу РЕТОМ-51. В окне программы выбирается номер входа РЕТОМ-51 (1-8) и тип контакта реле (НО или НЗ).

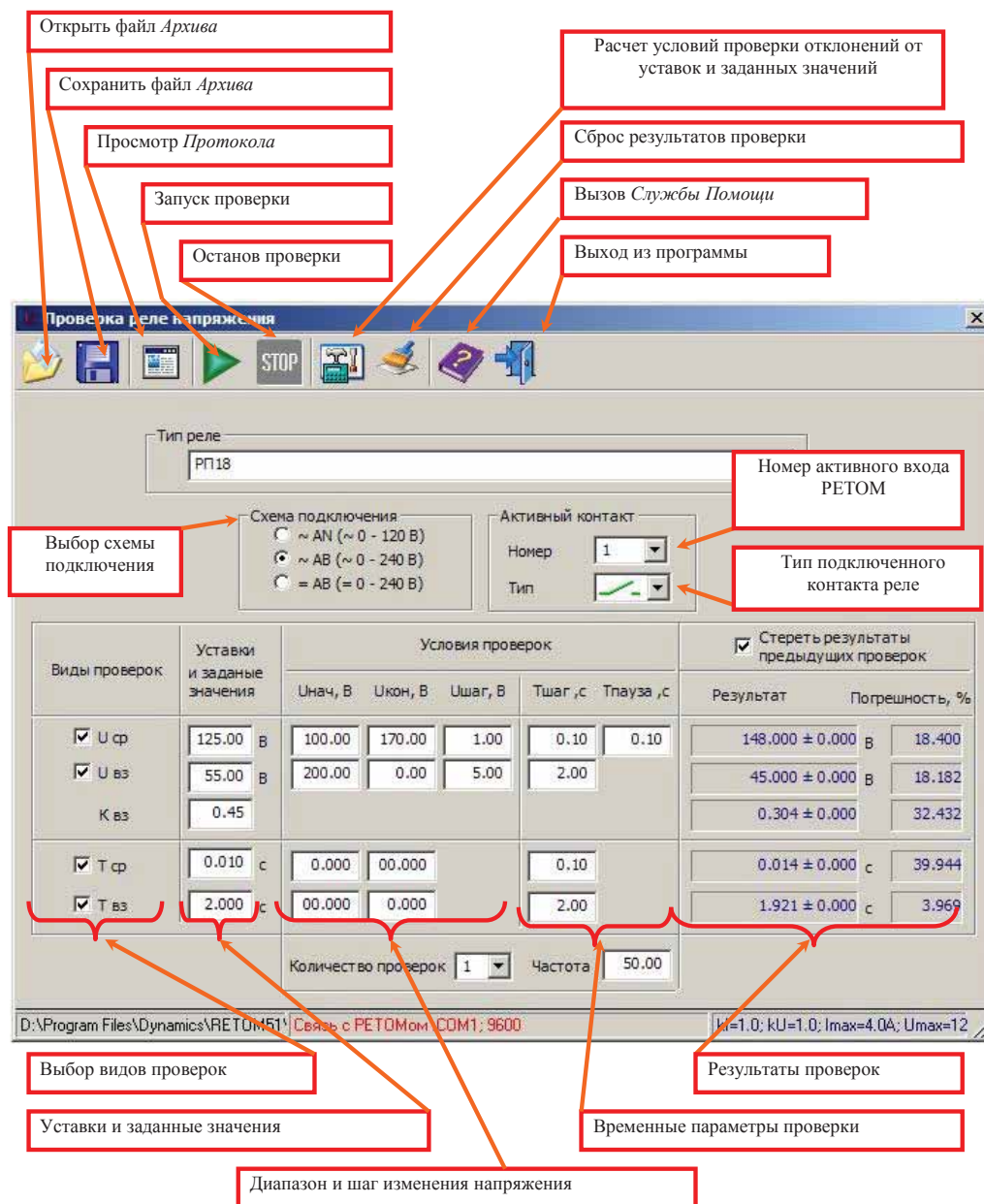


Рис. 8.6. Окно программы *Автоматическая проверка реле напряжения*

Поиск напряжения срабатывания и возврата реле осуществляется путем плавного изменения напряжения в заданном диапазоне  $U_{нач} - U_{кон}$  с шагом  $U_{шаг}$ . На каждом шаге ожидается срабатывание контакта в течение времени  $T_{шаг}$ . При срабатывании контакта фиксируется текущее значение напряжения (см. рис. 8.7).

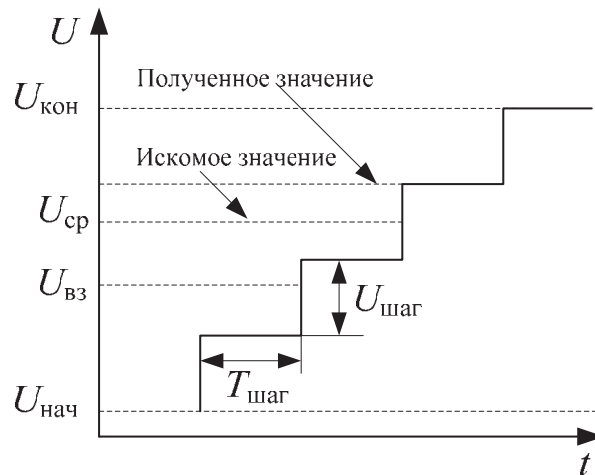


Рис. 8.7. Диаграмма поиска  $U_{ср}$  и  $U_{вз}$  плавным изменением напряжения, без пауз

Другой способ подачи напряжения – выдача напряжения через паузу, скачком. Например, при проверке электронного реле постоянного тока РП-18 с большим временем возврата (около 2 с), для поиска  $U_{ср}$  напряжение следует подавать скачком на каждом шаге. В этом случае используется проверка с паузой между подачей напряжения, для этого вводим требуемое значение в поле  $T_{пауза}$  (см. рис. 8.8).

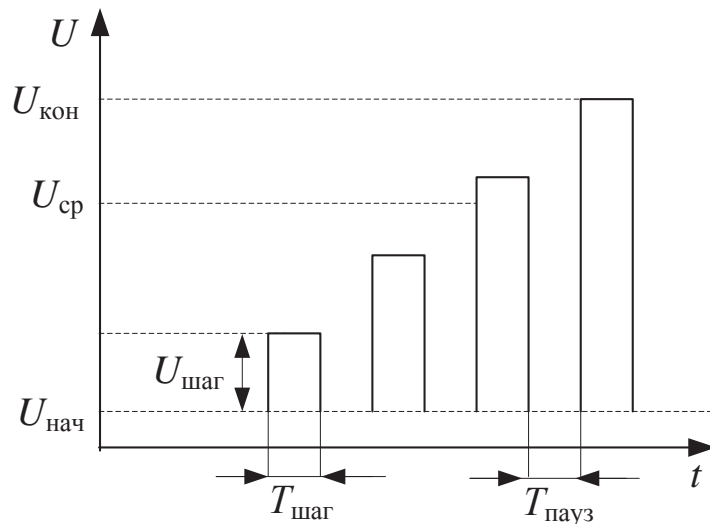


Рис. 8.8. Диаграмма поиска напряжения  $U_{ср}$  со временем  $T_{пауза}$

Точность нахождения  $U_{ср}$  и  $U_{вз}$  определяется значением  $U_{шаг}$ .

Время  $T_{шаг}$  выбирается в 1,2 ÷ 1,5 раза больше, чем уставка по времени срабатывания реле.

Для получения  $T_{ср}$ ,  $T_{вз}$  скачком изменяется напряжение в диапазоне  $U_{нач} - U_{кон}$  и держится в течение времени  $T_{шаг}$ .

Количество проверок при необходимости определения разброса параметра можно увеличить (типовое значение 3 ÷ 5 проверок).

Результаты проверок сравниваются с введенными значениями уставок, относительная погрешность рассчитывается по формуле

$$\Delta = \frac{P - Y}{Y \cdot 100\%},$$

где  $\Delta$  – погрешность;  $P$  – результат;  $Y$  – уставка.

В протоколе результаты проверки представлены в виде среднего измеренного значения параметра и максимальной погрешности.

## 10. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА РЕЛЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ

Программа предназначена для автоматической проверки реле направления мощности. Она позволяет при однократно заданных условиях и режимах проводить многократную проверку.

Программа позволяет:

- проверять технические параметры реле:
  - 1) отсутствие самохода от тока;
  - 2) отсутствие самохода от напряжения;
  - 3) угол максимальной чувствительности  $\varphi_{МЧ}$ , ширина зоны срабатывания;
  - 4) напряжения срабатывания и возврата, мощность срабатывания и коэффициент возврата;
  - 5) ток срабатывания, возврата, коэффициент возврата по току;
  - 6) время срабатывания и возврата;
  - 7) отсутствие ложного срабатывания при сбросе обратной мощности ( $S_{ОБР}$ );
  - 8) время переориентации;
  - 9) отсутствие вибрации;
- вести протокол проведенных испытаний, который можно распечатать на принтере;
- вести архив всех протоколов и параметров испытаний.

Для запуска программы в главном окне пакета программ РЕТОМ-51 служит иконка *Реле мощности* – **P** (рис. 1.11). После запуска программы открывается окно задания параметров проверки реле мощности (рис. 10.1).

Для проверки реле необходимо:

- подключить рабочие обмотки реле к каналам тока и напряжения РЕТОМ-51;
- подключить контакт реле к дискретному входу РЕТОМ-51;
- выбрать требуемые проверки;
- ввести уставки реле;
- ввести условия основных и дополнительных проверок;
- ввести временные параметры проверок;
- включить РЕТОМ-51 и запустить проверки на выполнение.

В зависимости от типа реле (наличия или отсутствия напряжения питания), рабочее напряжение и напряжение питания реле подключают-

ся на следующие каналы напряжения РЕТОМ-51 и имеют следующие диапазоны:

- реле без питания – на канал  $U_C$  и  $U_N$ , диапазон рабочего напряжения до  $\sim 120$  В;
- реле с питанием по переменному напряжению – рабочее напряжение выдаётся с канала  $U_C$  (клеммы  $U_C$  и  $U_N$ ), диапазон до  $\sim 120$  В, напряжение питания выдаётся с каналов  $U_A$  и  $U_B$ , диапазон до  $\sim 240$  В, напряжения  $U_a$  и  $U_b$  выдаются в противофазе;
- реле с питанием по постоянному напряжению – рабочее напряжение выдаётся с канала  $U_C$  (клеммы  $U_C$  и  $U_N$ ), диапазон до  $\sim 120$  В, напряжение питания выдаётся с каналов  $U_A$  и  $U_B$ , диапазон до  $\sim 339$  В, причем на канале (фазе)  $U_A$  – знак «-», на канале (фазе)  $U_B$  – знак «+».

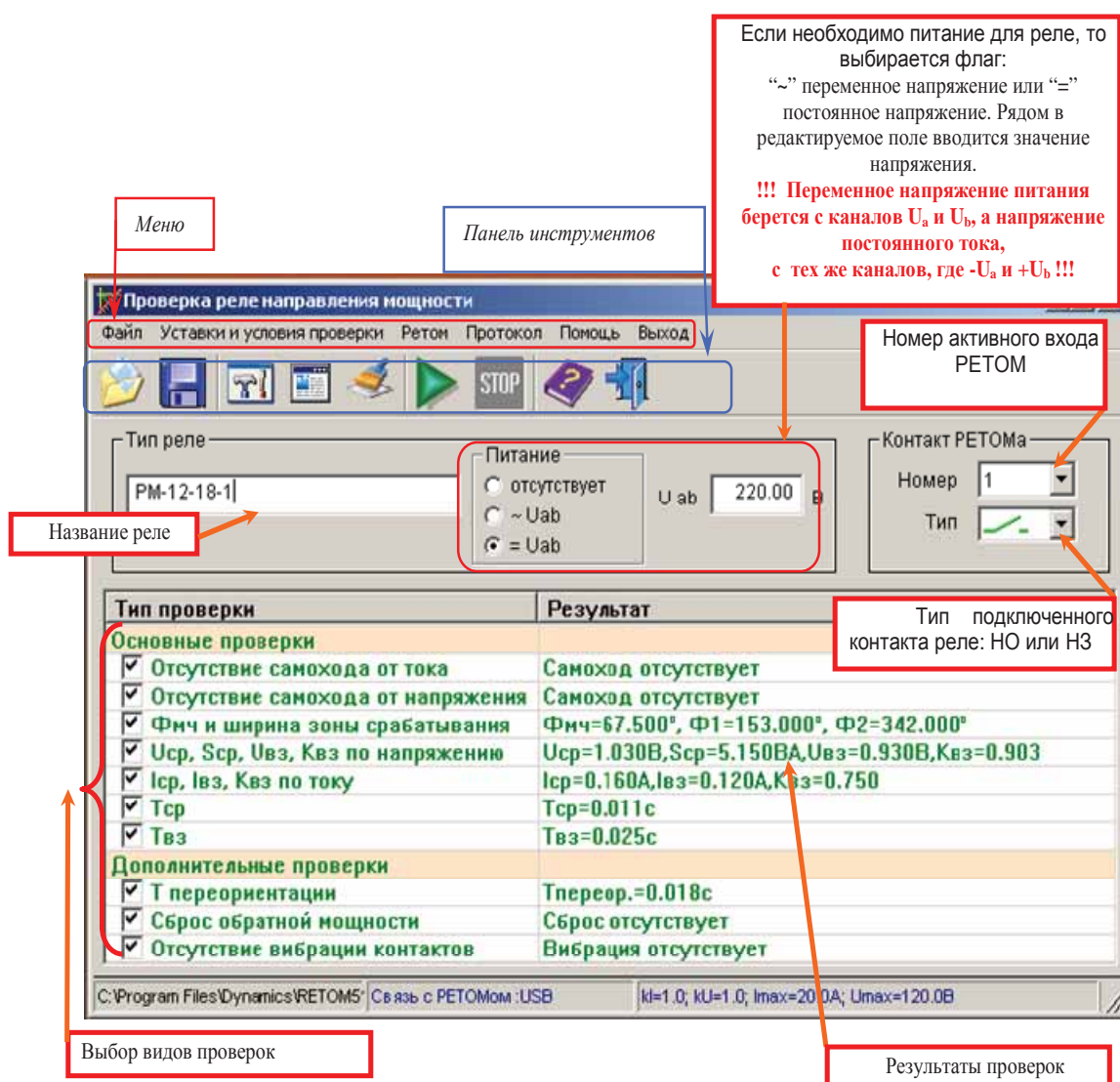


Рис. 10.1. Окно программы *Автоматическая проверка реле направления мощности*



## Окно задания уставок и условий проверок

Данное окно (см. рис. 10.2) вызывается при выборе пункта меню *Уставки и условия проверок* или при нажатии на кнопку *Задание уставок и условий проверок* Панели инструментов.

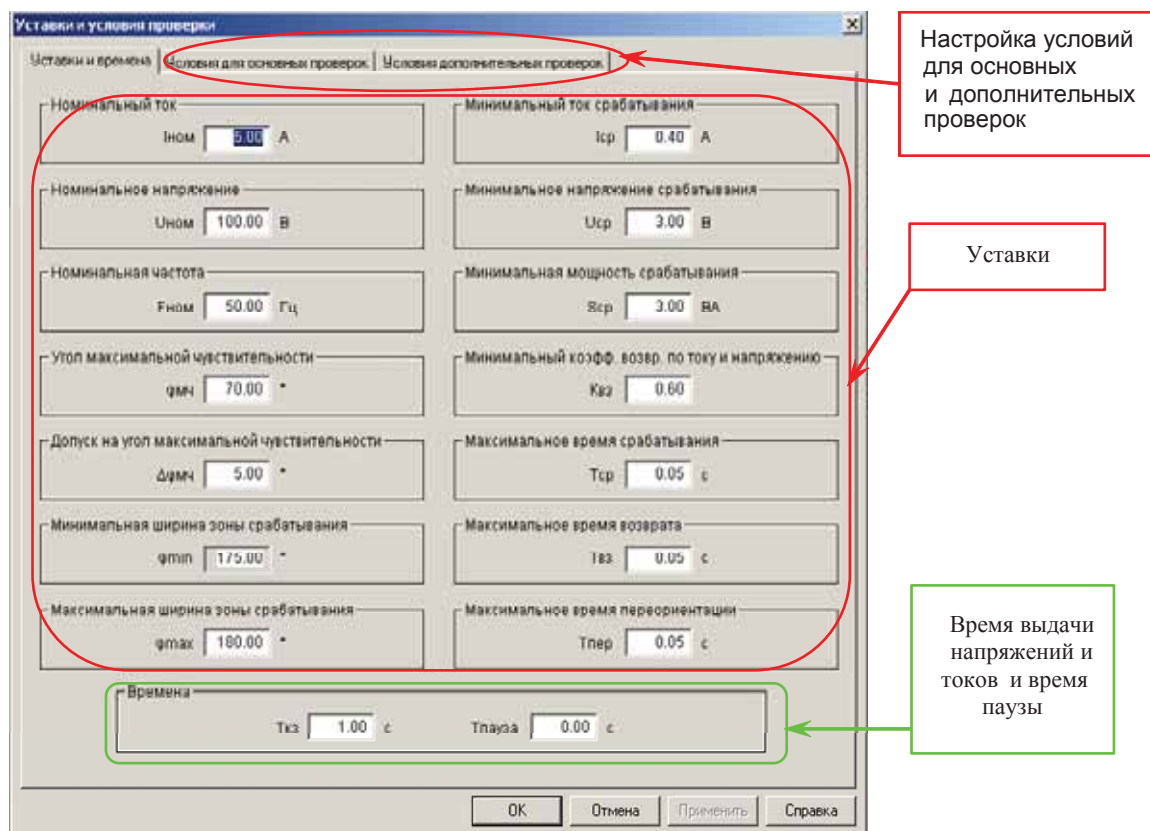


Рис. 10.2. Окно задания уставок и условий проверок

Окно предназначено для задания уставок и условий проверок для каждой ступени. Для задания условий основных и дополнительных проверок необходимо использовать соответствующие вкладки рассматриваемого окна.

## Алгоритм проверки

Условия проверки по каждому из проверяемых реле направления мощности могут быть различны. Значения параметров проверки, выставляемые в редактируемых окнах по умолчанию, при проверке связаны с параметрами, задаваемыми в окне *Уставки*. При проверке РЕТОМ выдает испытательное напряжение с канала  $U_C$ , испытательный ток – с канала  $I_A$ . Каналы напряжения  $U_A$  и  $U_B$  используются, если необходимо, для питания реле (постоянным или переменным оперативным напряжением).

### *1. Проверка отсутствия самохода от тока*

Проверка отсутствия самохода от тока (на реле подаётся только ток, напряжение равно 0) производится подачей тока с заданным шагом в диапазоне токов от  $I_{\text{НАЧ}}$  до  $I_{\text{КОН}}$ .

### *2. Проверка отсутствия самохода от напряжения*

Проверка отсутствия самохода от напряжения (на реле подаётся только напряжение, ток равен 0) производится подачей напряжения с заданным шагом в диапазоне напряжений от  $U_{\text{НАЧ}}$  до  $U_{\text{КОН}}$ , которые автоматически изменяются и выдерживаются в течение заданного времени КЗ на каждом шаге.

### *3. Проверка $\varphi_{\text{мч}}$*

Проверка  $\varphi_{\text{мч}}$  производится, по умолчанию, при заданном токе и напряжении (как правило,  $I_{\text{НОМ}}$  и  $U_{\text{НОМ}}$ ). Метод проверки аналогичен соответствующему методу для реле сопротивления. Проверка начинается с угла между напряжением и током, равного  $\varphi_{\text{мч}} = +180^\circ$ , угол между током и напряжением изменяется с шагом  $4\Delta\varphi$  (грубо) по часовой стрелке. После нахождения срабатывания боковая сторона уточняется с заданным шагом  $\Delta\varphi$  по углу. Затем направление изменения  $\varphi$  меняется (против часовой стрелки) и аналогично находится вторая боковая сторона. Вычисляется угол максимальной чувствительности реле. Допустимая зона действия реле не задана в технических данных и оценивается самим пользователем. Во всех случаях зона не должна превышать  $180^\circ$ .

### *4. Проверка напряжения срабатывания $U_{\text{СР}}$ и мощности срабатывания $S_{\text{СР}}$ РНМ*

Проверка  $U_{\text{СР}}$  и  $S_{\text{СР}}$ , а также коэффициента возврата  $K_{\text{ВЗ}}$  по напряжению производится путём изменения напряжения от  $U_{\text{МИН}}$  до  $U_{\text{МАКС}}$  с заданным шагом при угле  $\varphi_{\text{ПРОВ}}$  и при заданном токе проверки  $I_{\text{ПР}}$  (как правило,  $I_{\text{ПР}} = I_{\text{НОМ}}$ ). Вычисляется мощность срабатывания  $S_{\text{СР}}$ . Для проверки  $U_{\text{ВЗ}}$  и  $S_{\text{ВЗ}}$  напряжение, при котором переключился контакт реле, удваивается для исключения «дребезга» (контакт реле поджимается) и далее напряжение начинает уменьшаться с заданным шагом. Определяется  $U_{\text{ВЗ}}$ , вычисляется  $S_{\text{ВЗ}}$ .

Коэффициент возврата по напряжению не сверяется с заданным, но вносится в протокол.

### *5. Проверка тока срабатывания $I_{CP}$*

Проверка тока срабатывания  $I_{CP}$ ,  $I_{B3}$ , а также коэффициента возврата  $K_{B3}$  производится при заданном напряжении проверки  $U_{ПРОВ}$  и угле  $\varphi_{MЧ}$  путем изменения тока от  $I_{МИН}$  до  $I_{МАКС}$  с шагом  $\Delta I$ .

### *6. Проверка времен срабатывания, возврата и переориентации*

Проверка времен срабатывания и возврата производится на угле  $\varphi_{MЧ}$  путем скачкообразного изменения напряжения для индукционных реле или напряжения и тока для статических реле (т. е. путем изменения мощности). Проверка времени переориентации производится таким же образом, но кроме этого меняется угол с  $\varphi_{НАЧ}$  на  $\varphi_{КОН}$ .

### *7. Проверка поведения реле при сбросе обратной мощности*

Проверка поведения реле при сбросе обратной мощности производится в том случае, если реле используется в направленной ступени, срабатывающей без выдержки времени. Величина сбрасываемой мощности  $S_{OBR}$  задаётся диспетчерской службой как максимальная мощность КЗ «за спиной» (задаётся в окне *Уставки*). Проверка производится на угле  $\varphi_{MЧ}=+180^\circ$ , при заданном токе, скачком от начальной до конечной мощности. Реле не должно срабатывать.


### *8. Проверка отсутствия вибрации контактов*

Проверка отсутствия вибрации контактов производится автоматически при  $\varphi = \varphi_{MЧ}$  (КЗ в зоне), при заданном токе проверки (как правило, максимальном токе КЗ вблизи шин). Мощность изменяется от  $S_{НАЧ}$  до  $S_{КОН}$  с заданным шагом, путем изменения с заданным шагом напряжения от  $U_{НАЧ}$  до  $U_{КОН}$ . Признаком вибрации считается 2 переключения контакта реле.

По результатам проверок заполняется протокол.

## 11. ПРОВЕРКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО РЕЛЕ СЕРИИ РНТ-560 НА РЕТОМ-41М

В главном меню испытательной системы РЕТОМ-41М (рис. 1.8) выберите кнопку **ДЕМО РНТ-560**. При запуске программы появляется панель управления (рис. 11.1).

Для вызова режима ввода технических данных реле выберите опцию главного меню . Настройки реле, используемые по умолчанию, представлены на рис. 11.2.

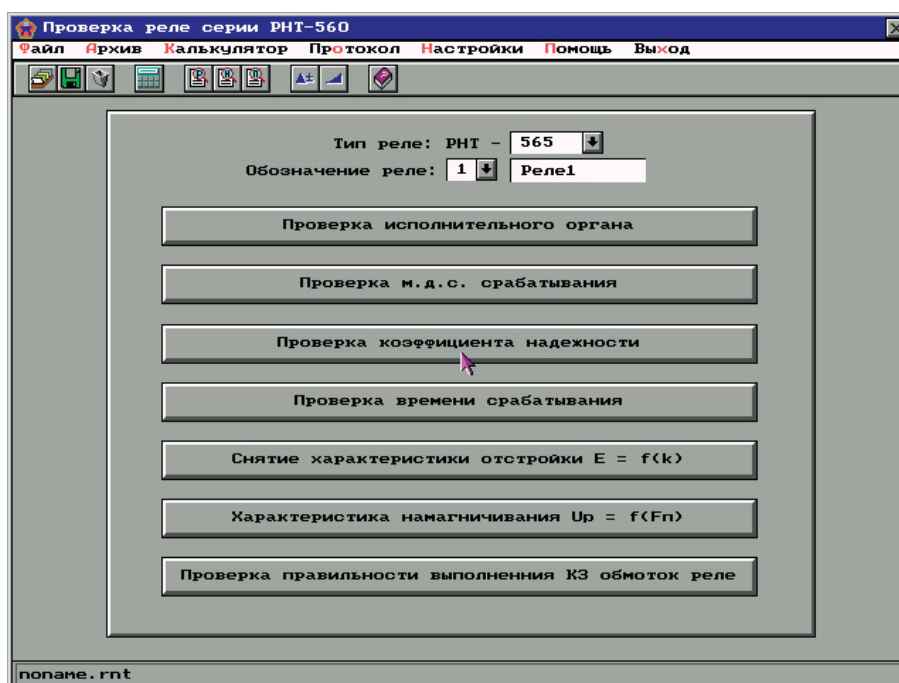


Рис. 11.1. Панель управления

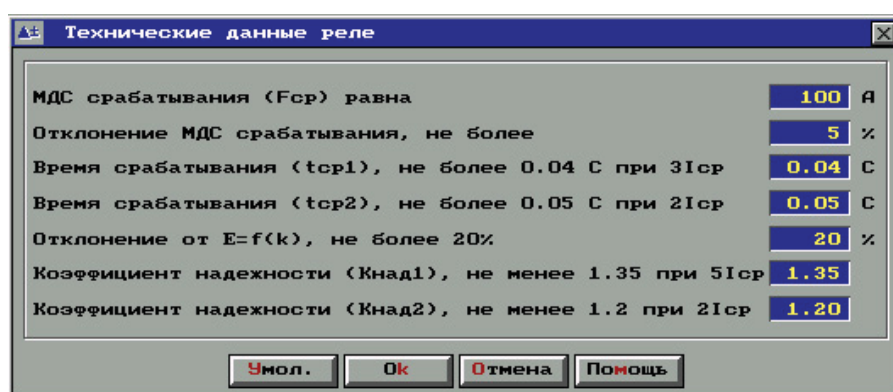



Рис. 11.2. Окно Технические данные реле

Перед проведением испытаний, для получения достоверных результатов необходимо сверить выходные токовые каналы РЕТОМа и при необходимости произвести коррекцию коэффициентов усиления.

Данный режим вызывается в меню *Настройки/Коррекция коэффициентов усиления*  (рис. 11.3).

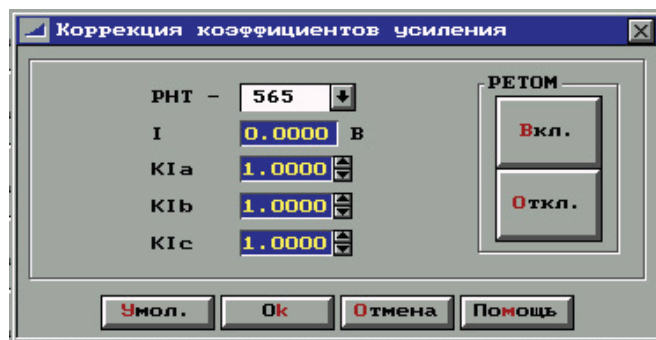


Рис. 11.3. Окно Коррекция коэффициентов усиления

Чтобы настроить коэффициенты усиления необходимо в поле **РНТ** выбрать нужное исполнение реле. Подключить к РЕТОМу катушку реле и прибор для измерения тока. Включить сетевой тумблер на РЕТОМе и нажать кнопку **Вкл.** В поле **I** ввести значение тока, выдаваемое РЕТО-Мом. Ток выдает канал, в котором изменяется коэффициент усиления ( **$K_{Ia}$** ,  **$K_{Ib}$** ,  **$K_{Ic}$** ). Выставить коэффициенты усиления, сверяя показания прибора с заданным значением. Для сохранения полученных значений выйти по кнопке **Ок**.

При проведении испытаний используется стандартное диалоговое окно. В этом окне в зависимости от типа проверки располагаются элементы для выбора вида теста и режима проверки (одиночный или циклический), а также таблица для занесения результатов испытания.

В нижней части окна расположены кнопки:

**Схема** – просмотр схемы подключения реле;

**СТАРТ** – запуск тестов;

**Усл.** – задание условий испытаний;

**Ок** – выход из окна с записью протокола испытаний в архив;

**Отмена** – выход из окна без записи протокола испытаний в архив;

**Помощь** – вызов *Службы Помощи*.

Перед запуском тестов, необходимо в режиме просмотра схемы подключения реле выбрать номер входа РЕТОМа для подключения контакта реле и тип этого контакта, а также общее количество витков подключенных обмоток (рабочей, уравнивающей), которые определяют уставку реле.

**Задание условий испытаний.** В панели управления (рис. 11.1) нажмите кнопку *Проверка исполнительного органа*, появится диалоговое окно (рис.11.4).

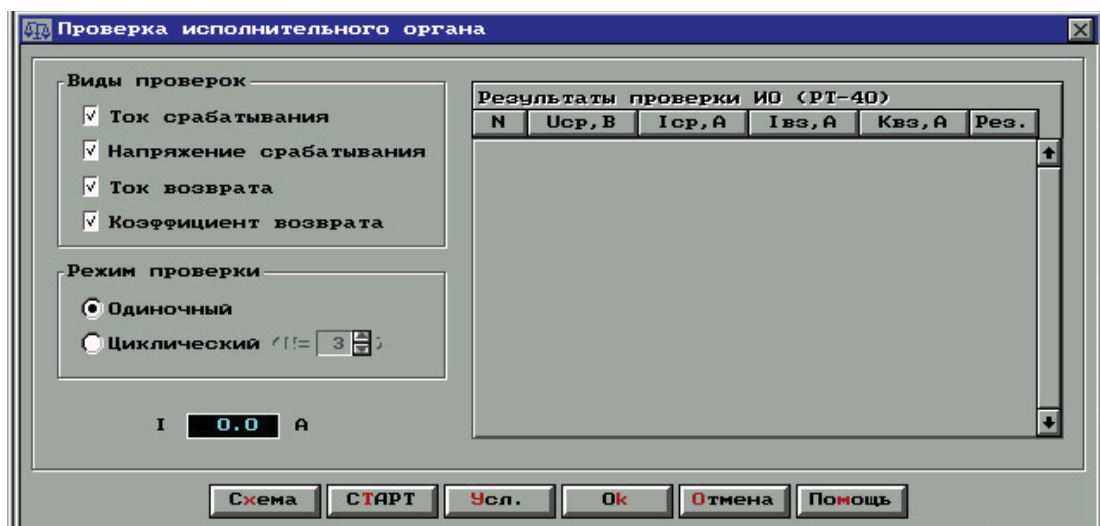


Рис. 11.4. Окно *Проверка исполнительного органа*

Перед проведением испытаний требуется задать условия, при которых будут производиться проверки параметров реле. К этим условиям относятся:

$\eta$  – точность (в процентах), с которой производится измерение технических параметров реле, это значение влияет на величину приращення (шага) тока;

$T_{кз}$  – время воздействия на реле;

$T_{п}$  – определяет паузу между проверками.

Данные значения вводятся в окне *Условия проверки* (рис. 11.5), которое вызывается по кнопке **Усл.** (рис. 11.4).

Настройки, используемые по умолчанию, представлены на рис. 11.5.

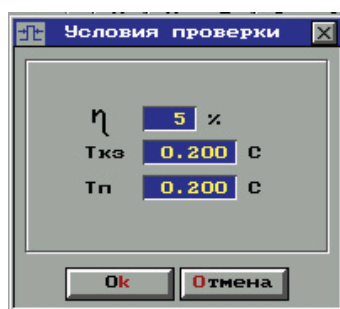


Рис. 11.5. Окно *Условия проверки*

**Проверка исполнительного органа.** В рабочем окне (рис. 11.4) нажмите кнопку **Схема** и подключите реле по схеме (рис. 11.6).

После подключения реле закройте окно со схемой нажатием кнопки **Ок**. В рабочем окне (рис. 11.4) выберите режим проверки, **Одиночный** или **Циклический** и нажмите кнопку **Старт**.

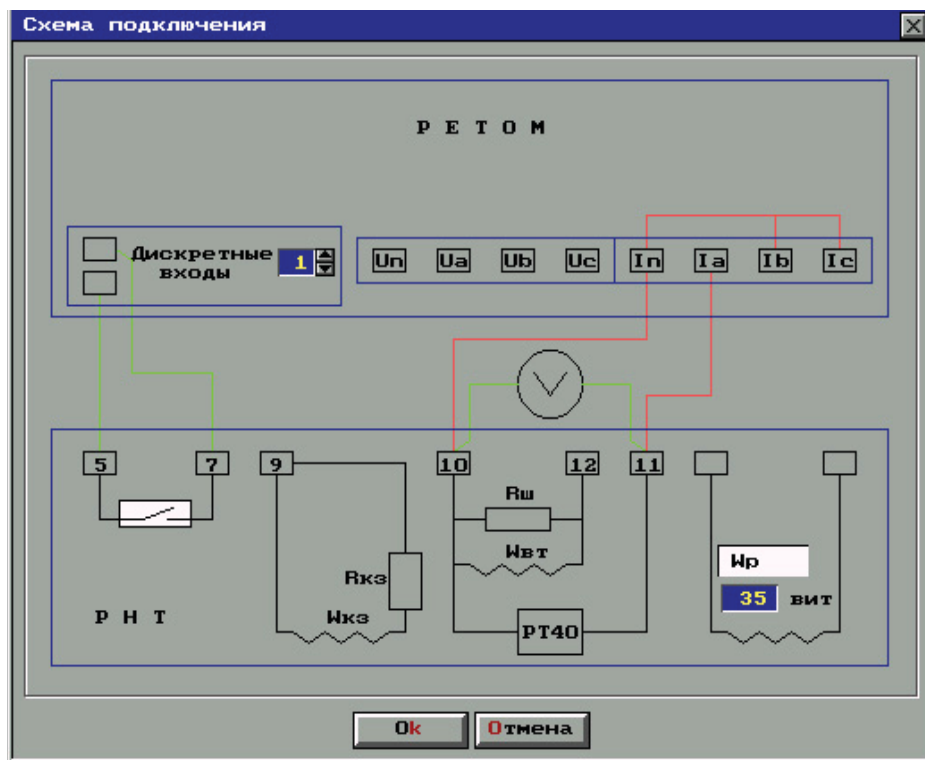


Рис. 11.6. Схема подключения реле РНТ-560

Реле должно срабатывать при токе  $0,16 \div 0,17$  А и напряжении  $3,5 \div 3,6$  В. При отличии параметров срабатывания от указанных величин исполнительный орган необходимо откалибровать. Для этого указатель реле отводится вправо до отказа и при токе  $0,16 \div 0,17$  А фиксируется взаимное положение якоря и магнитопровода, при котором напряжение на обмотках реле станет  $3,5 \div 3,6$  В.

Регулировка осуществляется перемещением сердечника магнитопровода, коррекция в небольших пределах левым упорным винтом. Установив указатель в рабочее положение (против риски) и изменяя натяжение пружины, добиваются тока срабатывания реле  $0,16 \div 0,17$  А. Производится повторное измерение напряжения срабатывания, которое не должно выходить за пределы  $3,5 \div 3,6$  В.

При регулировке тока срабатывания следят за тем, чтобы при возможном ослаблении пружины якорь касался левого упора.

Проверяется коэффициент возврата, который не должен быть ниже 0,8. Регулировка коэффициента возврата производится конечным положением якоря под полюсами (правый упорный винт) и изменением натяжения контактных пружин.

После проведения испытаний, чтобы сохранить полученные результаты нажмите кнопку **Ok**.

**Проверка МДС и первичного тока срабатывания.** В панели управления (рис. 11.1) нажмите кнопку *Проверка м.д.с. срабатывания*. В рабочем окне (рис. 11.7) нажмите кнопку **Схема** и подключите реле по схеме (рис. 11.8). На короткозамкнутой обмотке выставляется заданное значение сопротивления  $R_{кз}$ .

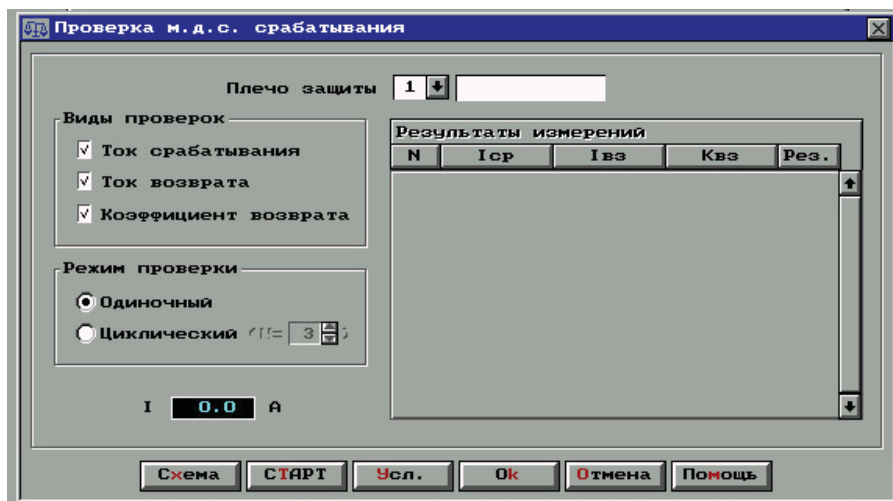


Рис. 11.7. Окно *Проверка м.д.с. срабатывания*

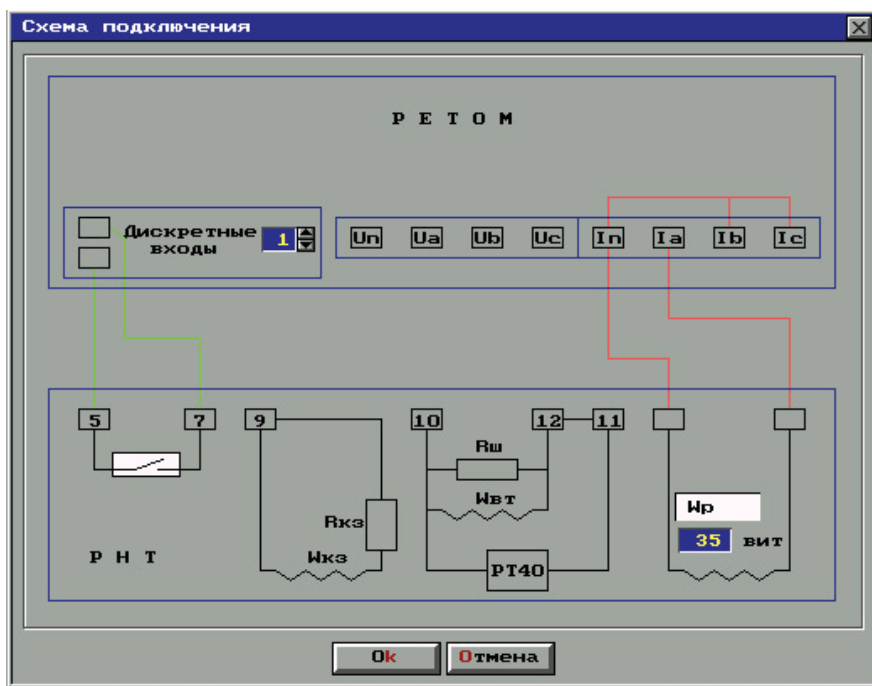


Рис. 11.8. Схема подключения реле РНТ-560

После подключения реле закройте окно со схемой нажатием кнопки **Ок**. В рабочем окне (рис. 11.4) выберите режим проверки, **Одиночный** или **Циклический** и нажмите кнопку **Старт**.



МДС срабатывания, равная произведению тока в плече защиты на суммарные выставленные витки в этом плече, должна быть  $100 \pm 5$  А. Подрегулировка осуществляется изменением величины  $R_{ш}$ . Регулировка МДС срабатывания изменением калибровки исполнительного органа недопустима.

После того как выставлены расчетные витки, проверяется ток срабатывания и возврата для каждого плеча защиты. Коэффициент возврата реле по первичному току может отличаться от коэффициента возврата исполнительного органа в ту или иную сторону, так как он зависит от соотношения между шунтирующим сопротивлением  $R_{ш}$  и полным сопротивлением  $Z$  исполнительного органа.

**Проверка правильности включения короткозамкнутых обмоток.** В панели управления нажмите кнопку *Проверка правильности выполнения КЗ*. Программа выведет на экран рабочее окно (рис. 11.9).

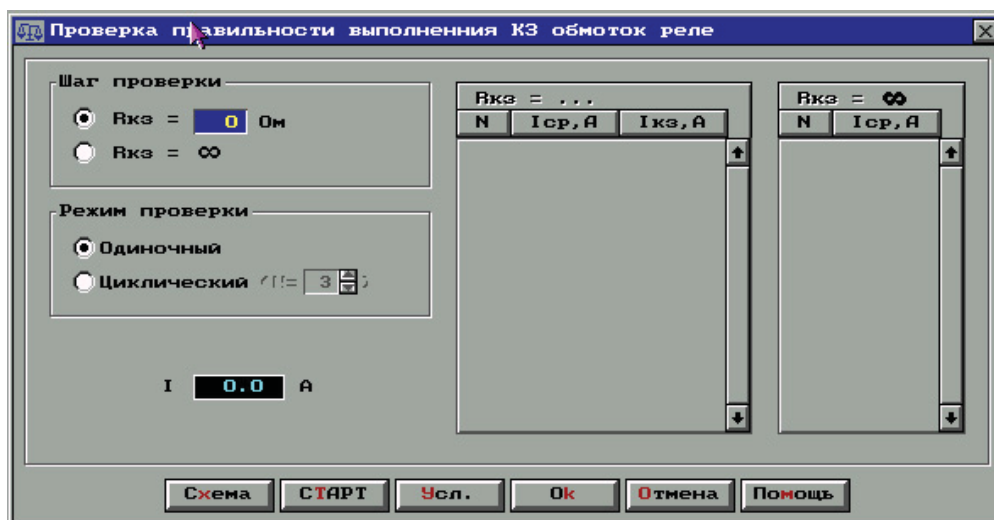


Рис. 11.9. Окно *Проверка правильности включения*

Проверка правильности включения короткозамкнутых обмоток производится в два этапа:

1) Измерение тока срабатывания при замкнутой короткозамкнутой обмотке.

Подключите реле согласно схеме (рис. 11.10). В рабочем окне (рис. 11.9), в группе **Шаг проверки** выберите опцию  $R_{кз} =$ , нажмите кнопку **Старт**. По запросу программы введите показания амперметра.

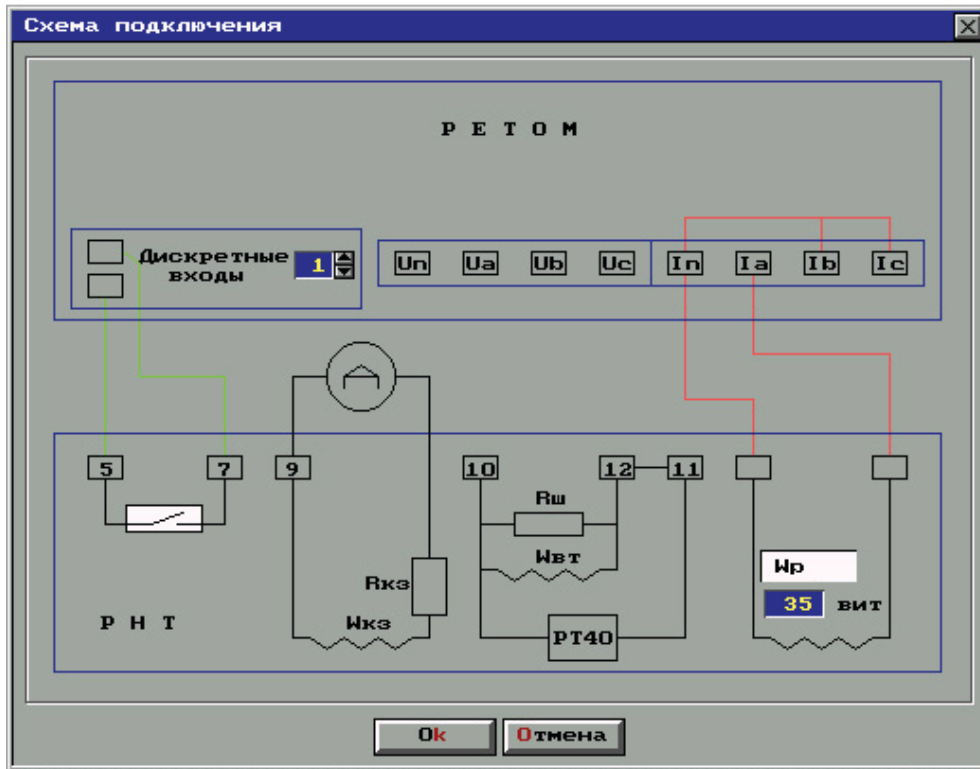


Рис. 11.10. Схема подключения реле РНТ-560 короткозамкнутых обмоток

2) Измерение тока срабатывания при разомкнутой короткозамкнутой обмотке.

Разомкните короткозамкнутую обмотку. В рабочем окне, в группе **Шаг проверки** выберите опцию  $R_{кз}=\infty$ , нажмите кнопку **Старт**. При размыкании КЗ обмотки ток срабатывания должен уменьшиться на  $20 \div 30 \%$ . При первичном токе, соответствующем  $F_{ср}=100$  А, отсутствие тока в КЗ обмотках укажет на их неправильное включение.

**Проверка коэффициента надежности реле.** В панели управления нажмите кнопку *Проверка коэффициента надежности реле*. Программа выведет на экран рабочее окно (рис. 11.11).

Проверка коэффициента надежности для каждой кратности тока срабатывания производится в четыре этапа:

1) Измерение тока срабатывания исполнительного органа ( $I_{ср1}$ ).

Отключите исполнительный орган (уберите перемычку 11-12) от схемы реле и подключите его к РЕТОМу согласно схеме (рис. 11.12). Выберите в группе **Шаг проверки** опцию  $I_{ср1}$  и нажмите кнопку **Старт**.

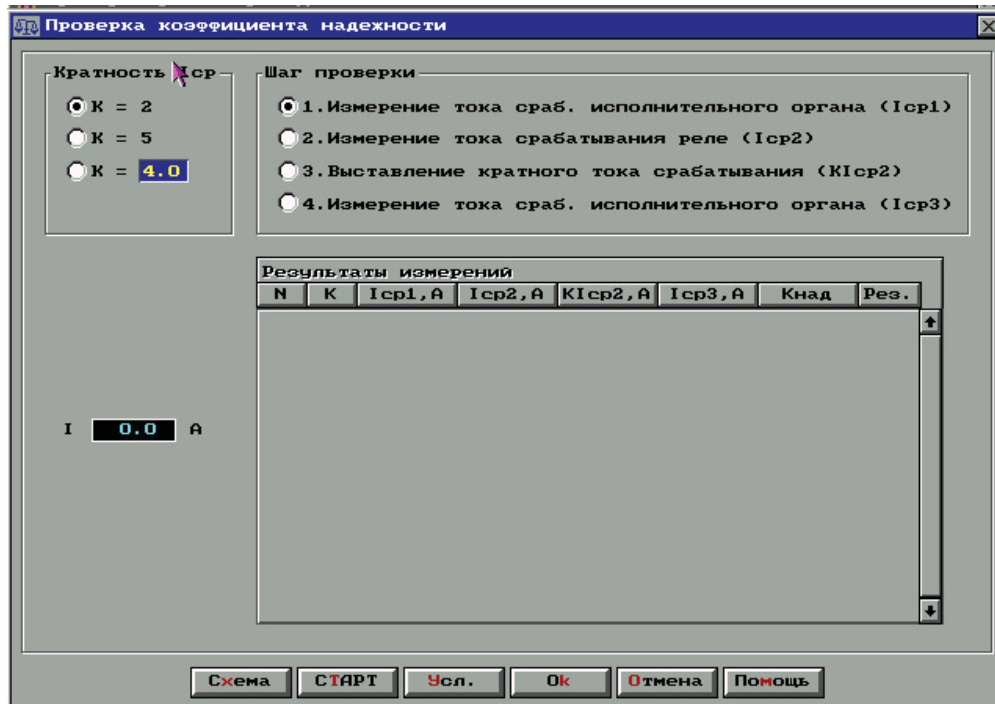


Рис. 11.11. Окно Проверка коэффициента надежности реле

2) Определяется ток срабатывания ( $I_{cp2}$ ) реле.

Подключите реле к РЕТОМу согласно схеме (рис. 11.13). Выберите в группе **Шаг проверки** опцию  $I_{cp2}$  и нажмите кнопку **Старт**.

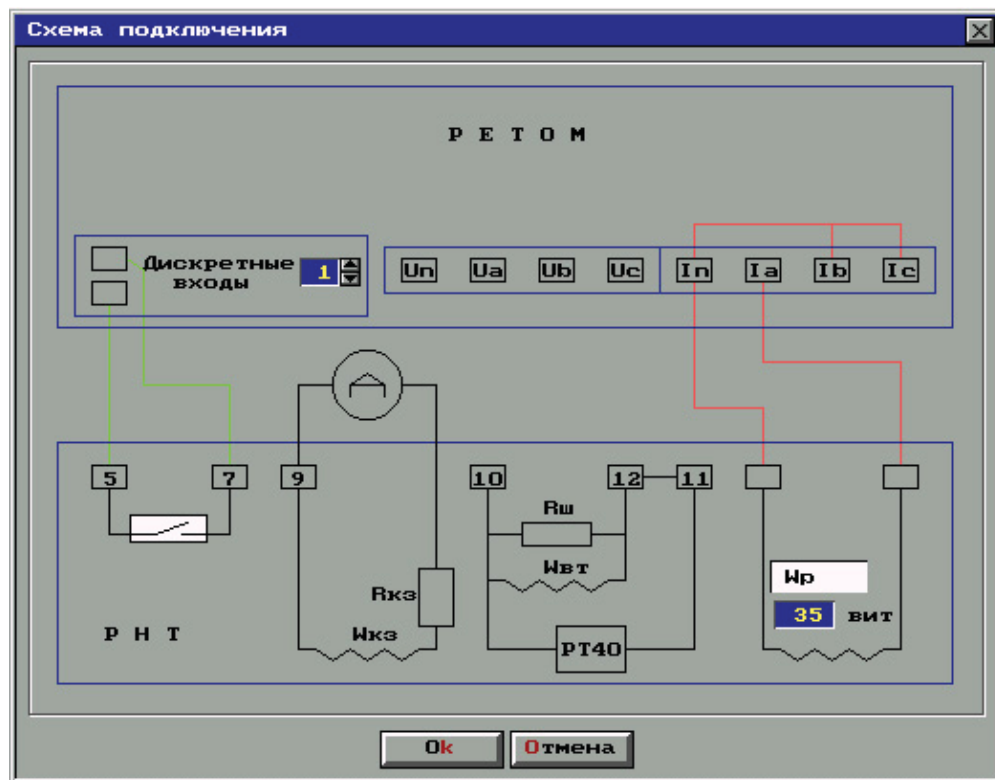


Рис. 11.12. Схема подключения реле РНТ-560

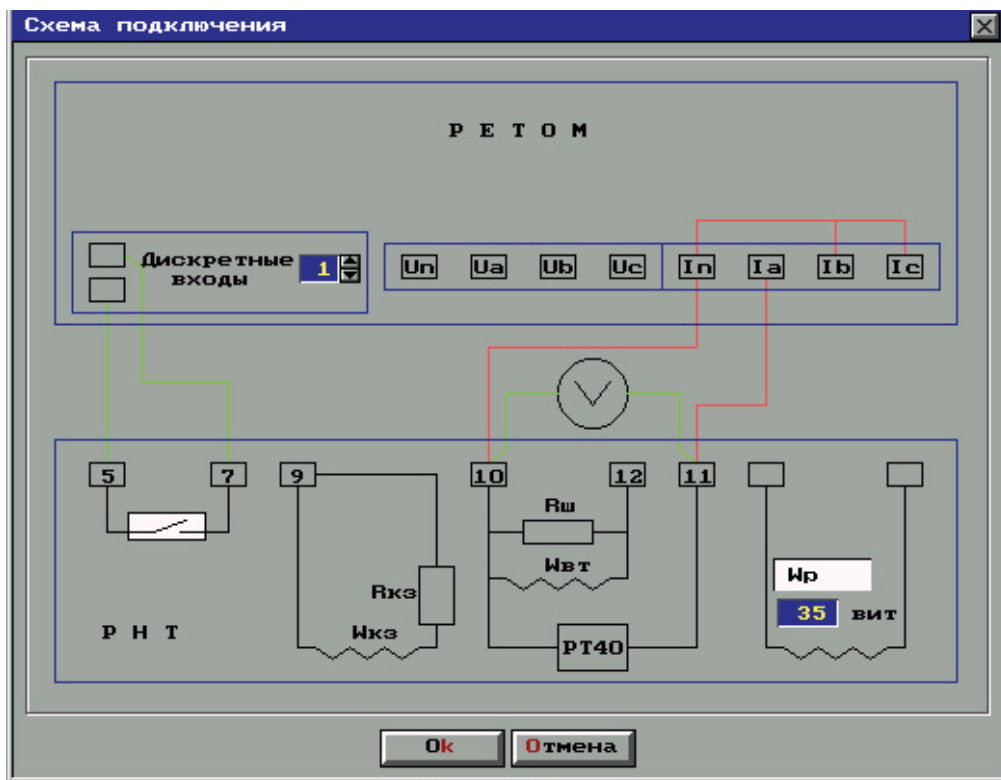


Рис. 11.13. Схема подключения реле РНТ-560

3) Выставление кратного тока срабатывания реле ( $KI_{cp2}$ ).

Не изменяя схемы подключения, сдвиньте указатель на шкале исполнительного органа в сторону увеличения тока срабатывания. Выберите в группе **Шаг проверки** опцию  $I_{cp3}$  и нажмите кнопку **Старт**. Повторите шаг 3 чтобы срабатывание ( $I_{cp3}$ ) происходило точно при  $KI_{cp2}$ .

4) Измерение тока срабатывания исполнительного органа ( $I_{cp4}$ ).

Отключите исполнительный орган (уберите переключку 11–12) от схемы реле и подключите его к РЕТОМу согласно схеме (рис. 11.12). Выберите в группе **Шаг проверки** опцию  $I_{cp4}$  и нажмите кнопку **Старт**. Коэффициент надежности рассчитывается по формуле  $K_{над} = I_{cp4}/I_{cp1}$ .

**Снятие характеристики отстройки  $E=f(k)$ .** В панели управления нажмите кнопку Характеристика отстройки  $E=f(k)$ . В рабочем окне (рис. 11.14) нажмите кнопку **Схема** и подключите реле по схеме (рис. 11.15).

Введите максимальные значения синусоидального тока ( $MAX I = 0 \div 60 A$ ) и его апериодической составляющей ( $MAX I_a = 0 \div 60 A$ ). Выберите количество точек характеристики и форму тока. Нажмите кнопку **Старт**.

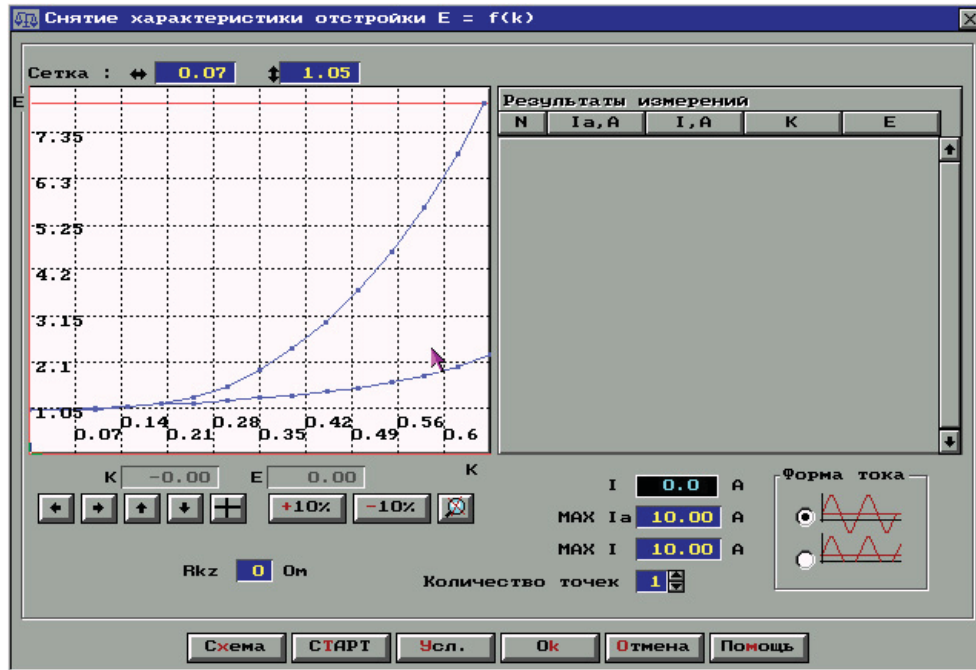


Рис. 11.14. Характеристика отстройки  $E=f(k)$

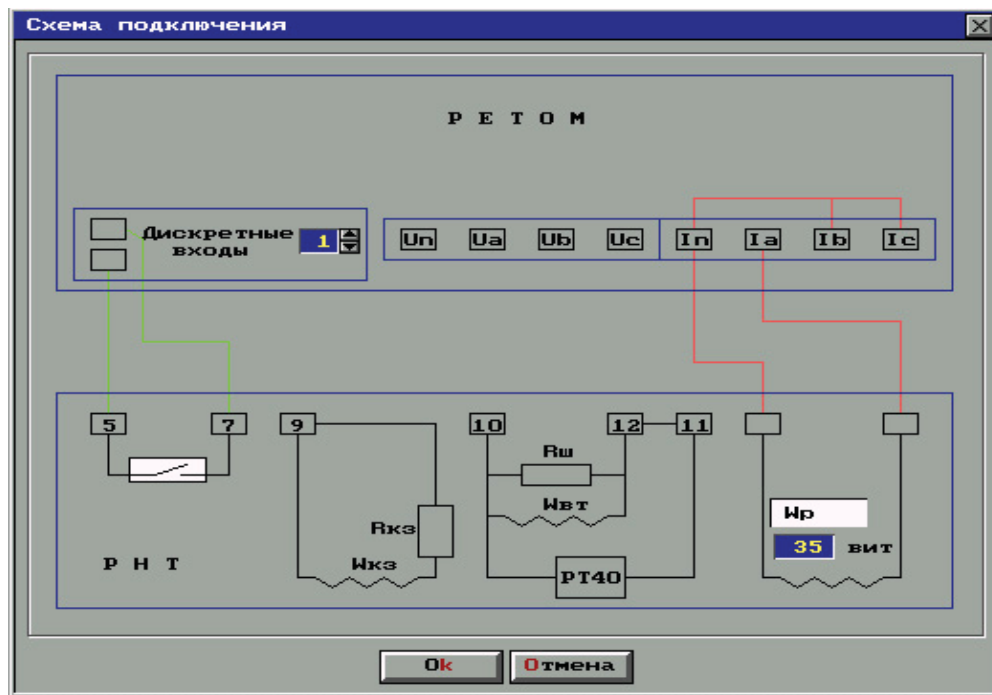


Рис. 11.15. Схема подключения реле РНТ-560

**Проверка времени срабатывания и возврата.** В панели управления нажмите кнопку Проверка времени срабатывания и возврата. В рабочем окне (рис. 11.16) нажмите кнопку **Схема** и подключите реле по схеме (рис. 11.17).

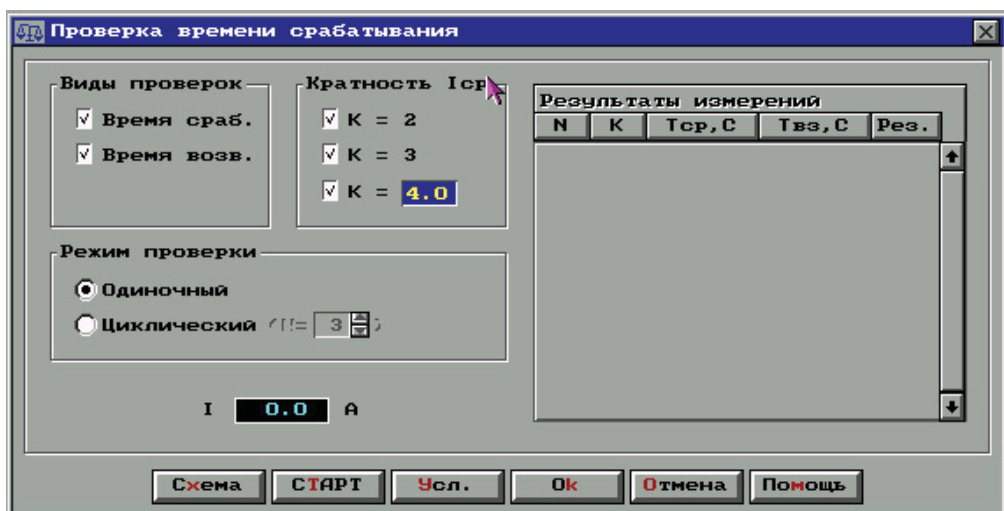


Рис. 11.16. Окно Проверка времени срабатывания

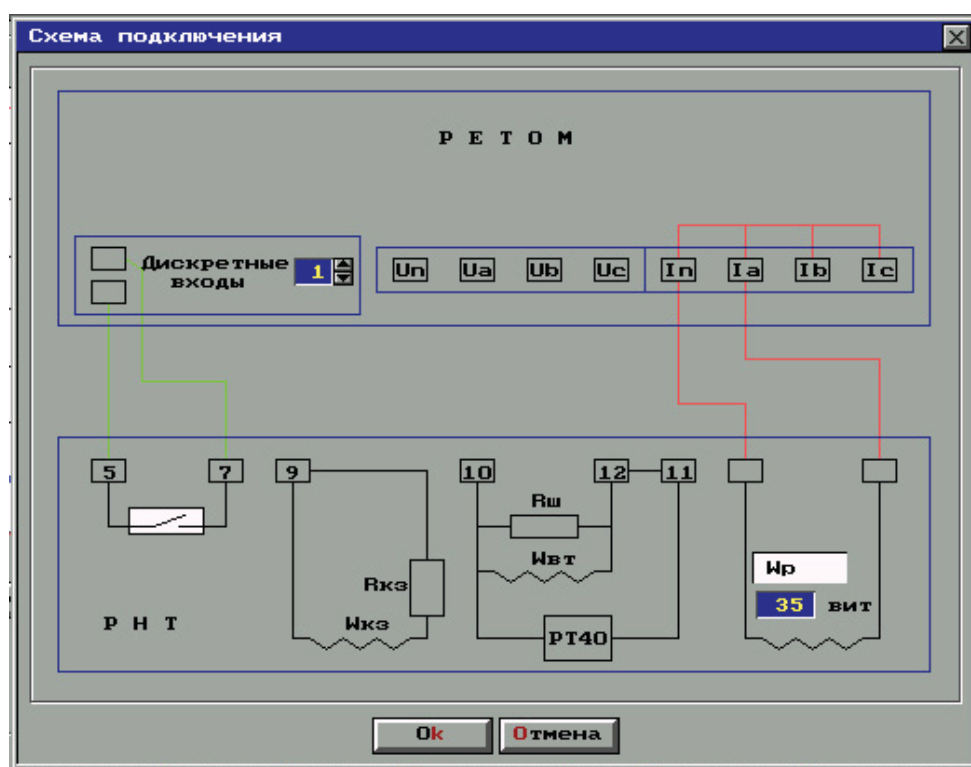


Рис. 11.17. Схема подключения реле РНТ-560

В рабочем окне выберите кратности тока, виды и режим проверки. Нажмите кнопку **Старт**.

**Снятие характеристики намагничивания НТТ.** В панели управления нажмите кнопку *Характеристика намагничивания НТТ  $U_p = f(Fn)$* . В рабочем окне (рис. 11.18) нажмите кнопку **Схема** и подключите реле по схеме (рис. 11.19).

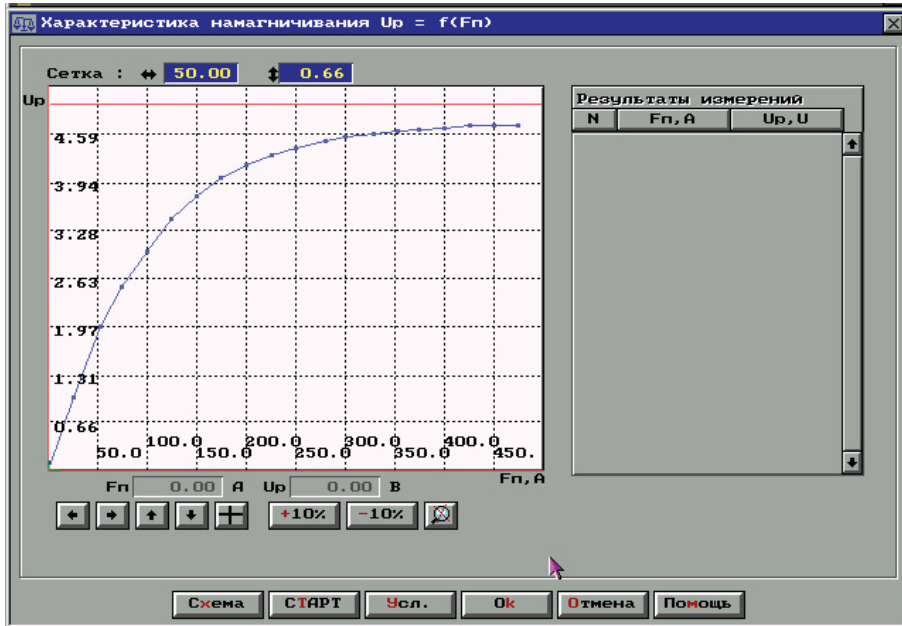


Рис. 11.18. Окно *Характеристика намагничивания НТТ  $U_p = f(F_n)$*

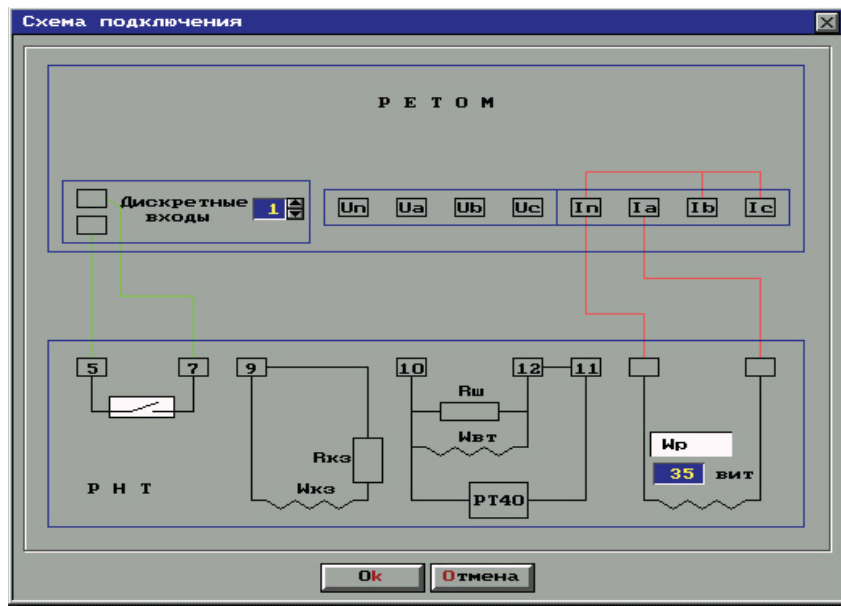


Рис. 11.19. Схема подключения реле РНТ-560

Нажмите кнопку **Старт**. По запросу программы для каждой точки характеристики введите показания вольтметра. Характеристика намагничивания снимается при  $F_n$  кратном 0,5; 1; 2; 3; 5.

Результаты проведенных испытаний записываются в протокол, представленный в Приложении 1.

## 12. ПРОВЕРКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО РЕЛЕ СЕРИИ ДЗТ-10 НА РЕТОМ-41М

В главном меню испытательной системы РЕТОМ-41М (рис. 1.8) выберите кнопку **ДЕМО ДЗТ-10**. При запуске программы появляется панель управления (рис. 12.1).

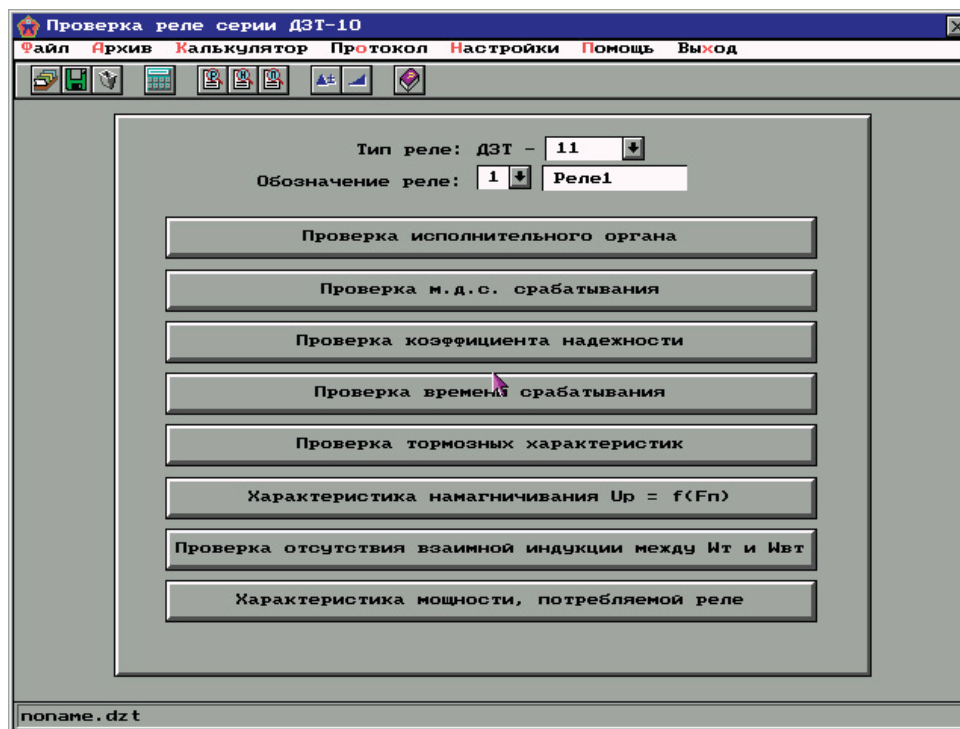



Рис. 12.1. Панель управления

Для вызова режима ввода технических данных реле выберите опцию главного меню . Настройки реле, используемые по умолчанию, представлены на рис. 12.2.

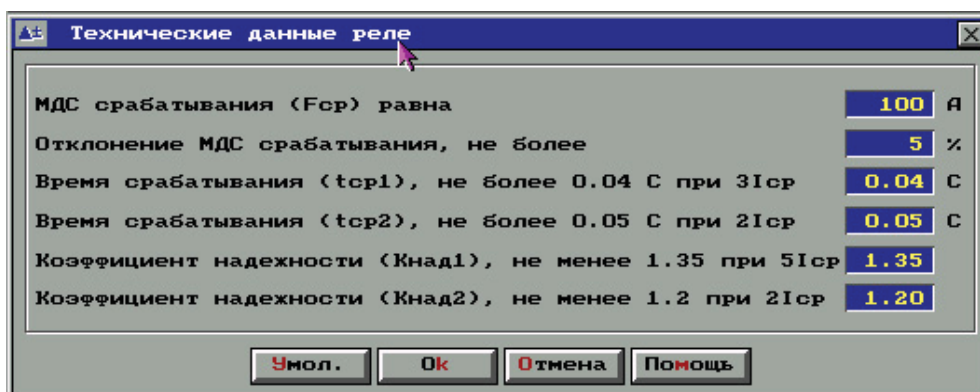



Рис. 12.2. Окно *Технические данные реле*



**Коррекция коэффициентов усиления РЕТОМа.** Перед проведением испытаний, для получения достоверных результатов необходимо сверить выходные токовые каналы РЕТОМа и при необходимости произвести коррекцию коэффициентов усиления.

Данный режим вызывается в меню *Настройки/Коррекция коэффициентов усиления* (  ).

Чтобы настроить коэффициенты усиления необходимо в поле ДЗТ-выбрать нужное исполнение реле. Подключить к РЕТОМу катушку реле и прибор для измерения тока. Включить сетевой тумблер на РЕТОМе и нажать кнопку **Вкл.** В поле **I** ввести значение тока, выдаваемое РЕТОМом. Ток выдает канал, в котором изменяется коэффициент усиления ( $K_{Ia}$ ,  $K_{Ib}$ ,  $K_{Ic}$ ). Выставить коэффициенты усиления, сверяя показания прибора с заданным значением. Для сохранения полученных значений выйти по кнопке **Ok**.

Настройки используемые по умолчанию указаны на рис. 12.3.

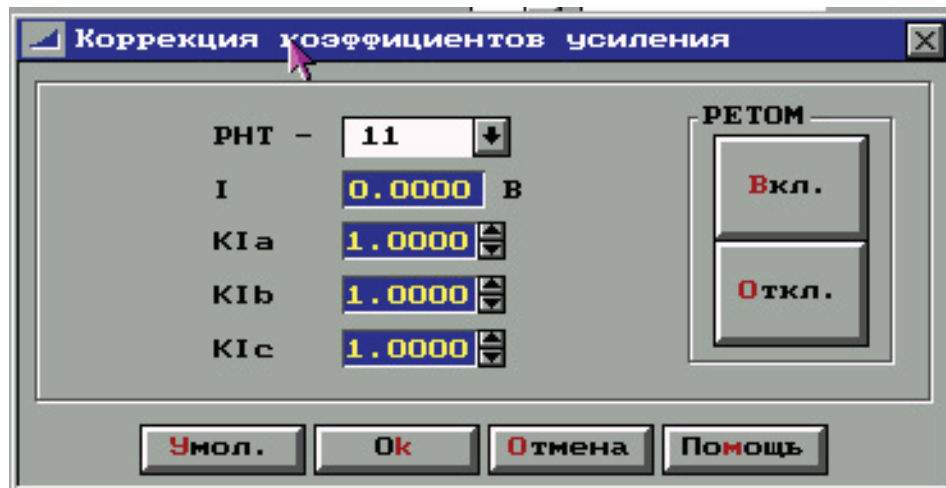


Рис. 12.3. Окно *Коррекция коэффициентов усиления*

При проведении испытаний используется стандартное диалоговое окно. В этом окне в зависимости от типа проверки располагаются элементы для выбора вида теста и режима проверки (одиночный или циклический), а также таблица для занесения результатов испытания.

В нижней части окна расположены кнопки, аналогичные рассмотренным выше в п.11.

Перед запуском тестов, необходимо в режиме просмотра схемы подключения реле выбрать номер входа РЕТОМа для подключения контакта реле и тип этого контакта, а также общее количество витков подключенных обмоток (рабочей, уравнивающей), которые определяют уставку реле.

**Задание условий испытаний.** В панели управления (рис. 12.1) нажмите кнопку *Проверка исполнительного органа*, появится диалоговое окно (рис. 12.4).

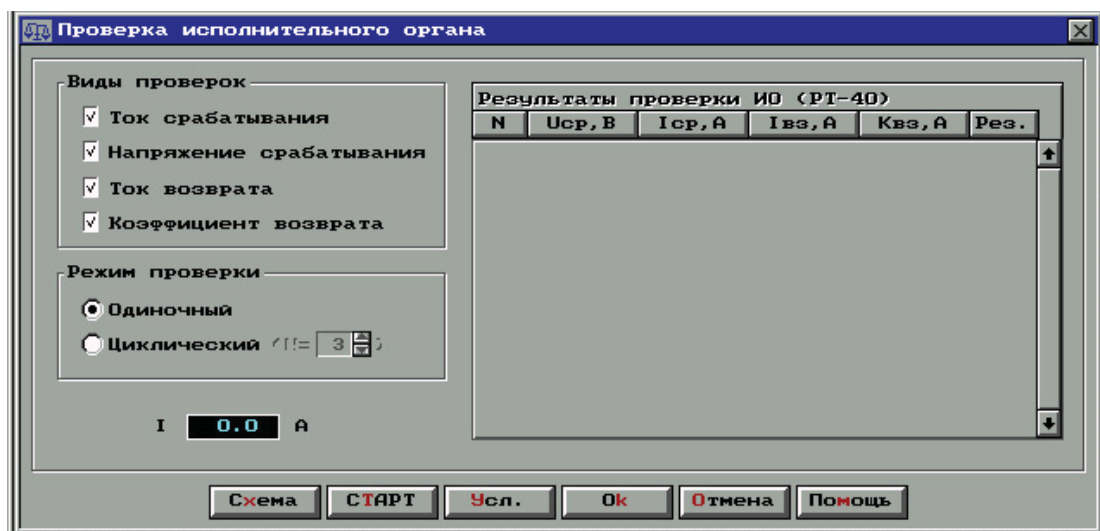


Рис. 12.4. Окно *Проверка исполнительного органа*

Перед проведением испытаний требуется задать условия, при которых будут производиться проверки параметров реле. К этим условиям относятся:

$\eta$  – точность (в процентах), с которой производится измерение технических параметров реле, это значение влияет на величину приращення (шага) тока;

$T_{кз}$  – время воздействия на реле;

$T_{п}$  – определяет паузу между проверками.

Данные значения вводятся в окне **Условия проверки** (рис. 12.5), которое вызывается по кнопке **Усл** (рис. 12.4).

Настройки, используемые по умолчанию, представлены на рис. 12.5.

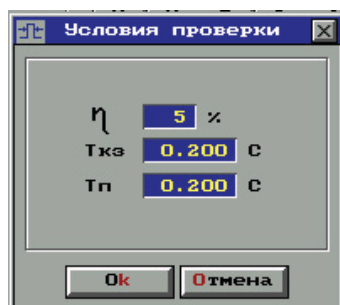


Рис. 12.5. Окно *Условия проверки*

**Проверка исполнительного органа.** В рабочем окне (рис. 12.4) нажмите кнопку **Схема** и подключите реле по схеме (рис. 12.6).

После подключения реле закройте окно со схемой нажатием кнопки **Ok**. В рабочем окне (рис. 12.4) выберите режим проверки, **Одиночный** или **Циклический** и нажмите кнопку **Старт**.

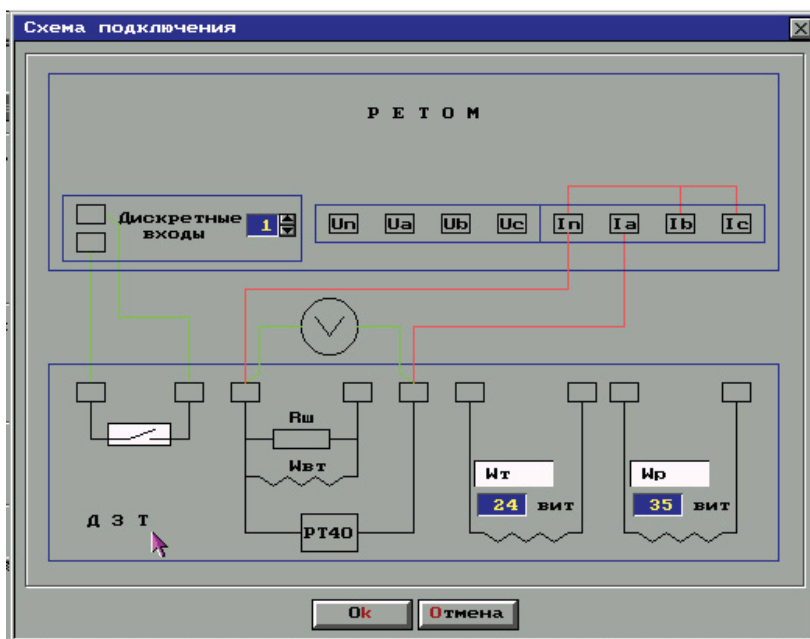


Рис. 12.6. Схема подключения реле ДЗТ-10

Реле должно срабатывать при токе  $0,16 \div 0,17$  А и напряжении  $3,5 \div 3,6$  В. При отличии параметров срабатывания от указанных величин, исполнительный орган необходимо откалибровать. Для этого указатель реле отводится вправо до отказа и при токе  $0,16 \div 0,17$  А фиксируется взаимное положение якоря и магнитопровода, при котором напряжение на обмотках реле станет  $3,5 \div 3,6$  В. Регулировка осуществляется перемещением сердечника магнитопровода, коррекция в небольших пределах левым упорным винтом. Установив указатель в рабочее положение (против риски) и изменяя натяжение пружины, добиваются тока срабатывания реле  $0,16 \div 0,17$  А. Производится повторное измерение напряжения срабатывания, которое не должно выходить за пределы  $3,5 \div 3,6$  В. При регулировке тока срабатывания следят за тем, чтобы при возможном ослаблении пружины якорь касался левого упора. Проверяется коэффициент возврата, который не должен быть ниже 0,8. Регулировка коэффициента возврата производится конечным положением якоря под полюсами (правый упорный винт) и изменением нажатия контактных пружин.

После проведения испытаний, чтобы сохранить полученные результаты, нажмите кнопку **Ok**.

**Проверка МДС и первичного тока срабатывания.** В панели управления (рис. 12.1) нажмите кнопку *Проверка м.д.с. срабатывания*. В рабочем окне (рис. 12.7) нажмите кнопку **Схема** и подключите реле по схеме (рис. 12.8).

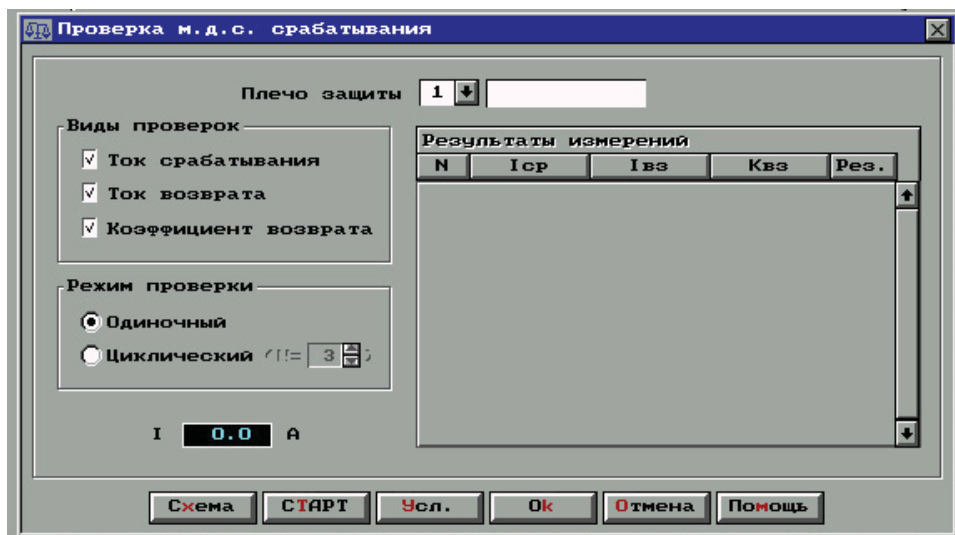


Рис. 12.7. Окно *Проверка м.д.с. срабатывания*

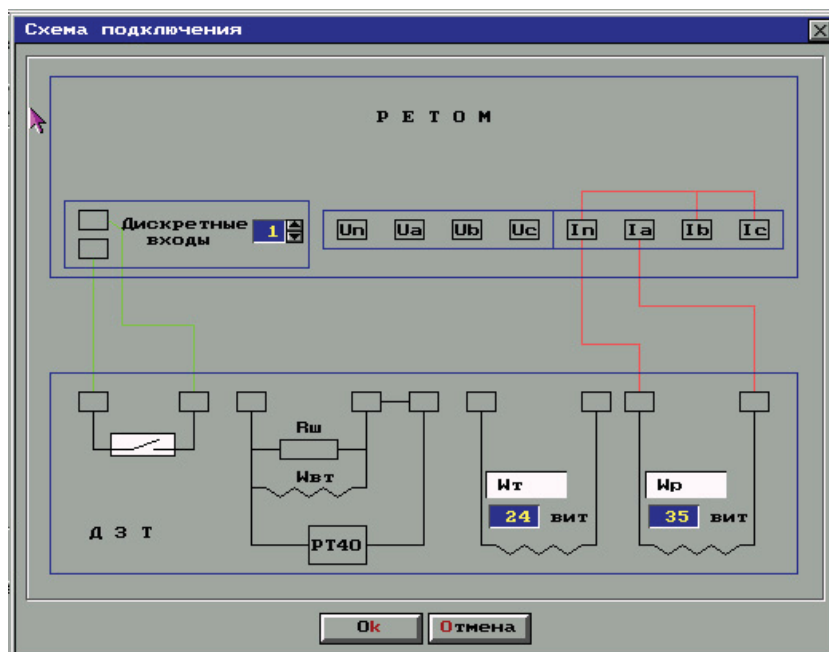


Рис. 12.8. Схема подключения реле ДЗТ-10

После подключения реле закройте окно со схемой нажатием кнопки **Ок**. В рабочем окне (рис. 12.7) выберите режим проверки, **Одиночный** или **Циклический** и нажмите кнопку **Старт**.

МДС срабатывания, равная произведению тока в плече защиты на суммарные выставленные витки в этом плече, должна быть  $100 \pm 5$  А. Подрегулировка осуществляется изменением величины  $R_{ш}$ . Регулировка

МДС срабатывания изменением калибровки исполнительного органа недопустима.

После того как выставлены расчетные витки, проверяется ток срабатывания и возврата для каждого плеча защиты. Коэффициент возврата реле по первичному току может отличаться от коэффициента возврата исполнительного органа в ту или иную сторону, так как он зависит от соотношения между шунтирующим сопротивлением  $R_{ш}$  и полным сопротивлением  $Z$  исполнительного органа.

После проведения испытаний, чтобы сохранить полученные результаты, нажмите кнопку **Ok**.

**Проверка отсутствия взаимной индукции между  $W_T$  и  $W_{BT}$ .** В панели управления (рис. 12.1) нажмите кнопку *Проверка отсутствия взаимной индукции между  $W_m$  и  $W_{см}$* . В рабочем окне (рис. 12.9) нажмите кнопку *Схема* и подключите реле по схеме (рис. 12.10).

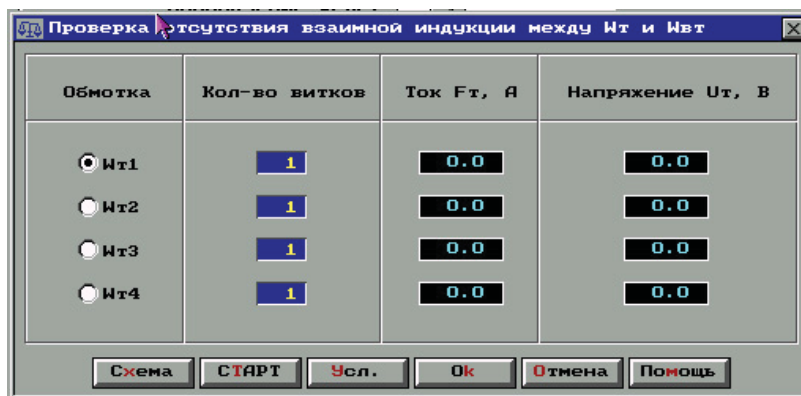


Рис. 12.9. Окно *Проверка отсутствия взаимной индукции*

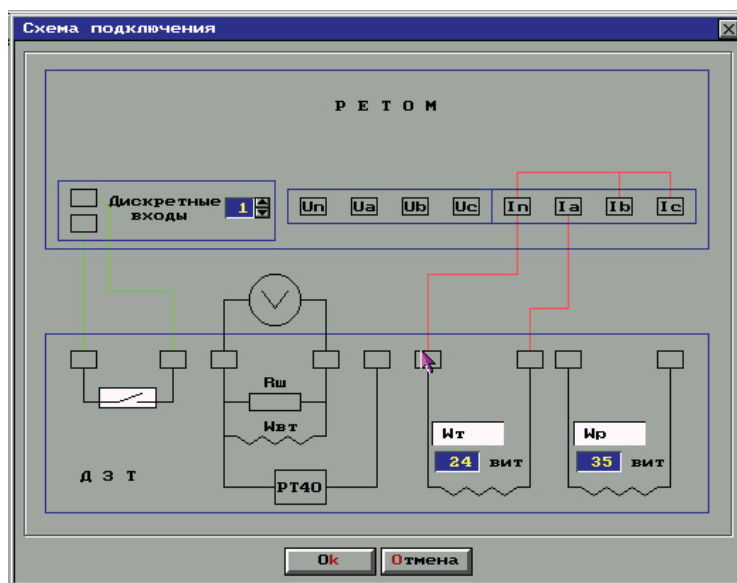


Рис. 12.10. Схема подключения реле ДЗТ-10 индукции между  $W_T$  и  $W_{BT}$

Переключатель 11–12 в цепи исполнительного органа снимается. После подключения реле закройте окно со схемой нажатием кнопки **Ок**. В рабочем окне выберите тормозную обмотку, которую подключили к РЕТОМу и введите число выставленных витков. Нажмите кнопку **Старт**.

Занесите показания вольтметра. Измеренное напряжение не должно превышать 0,1 В при  $F_T = I_T W_T = 200$  А. Если реле имеет несколько тормозных обмоток, сделайте проверку для каждой из них.

После проведения испытаний, чтобы сохранить полученные результаты, нажмите кнопку **Ок**.

**Проверка коэффициента надежности реле.** В панели управления нажмите кнопку *Проверка коэффициента надежности реле*. Программа выведет на экран рабочее окно (рис. 12.11).

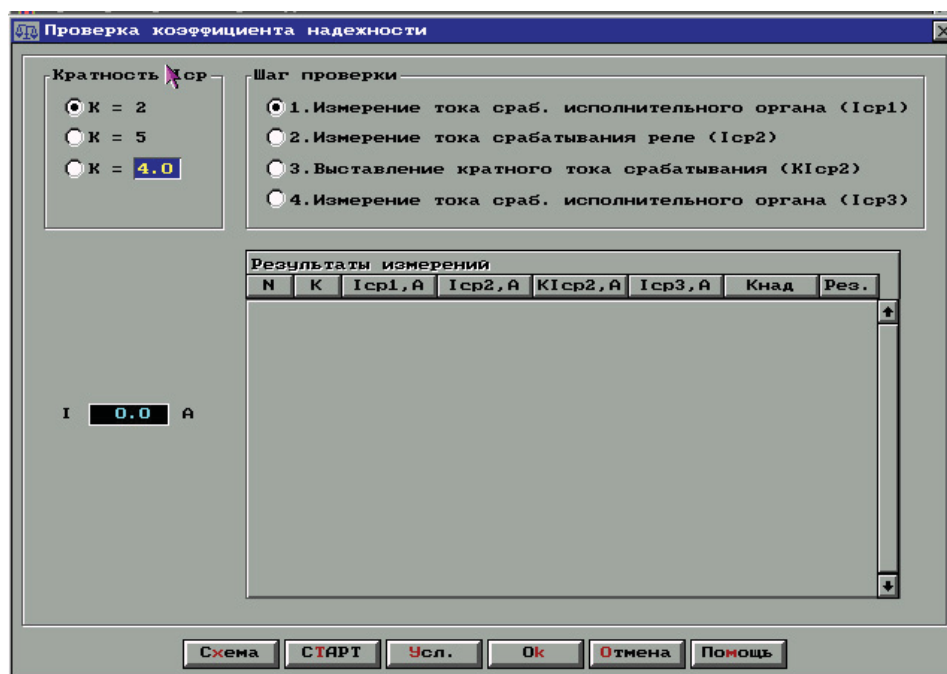


Рис. 12.11. Окно *Проверка коэффициента надежности реле*

Проверка коэффициента надежности для каждой кратности тока срабатывания производится в четыре этапа:

1) Измерение тока срабатывания исполнительного органа ( $I_{ср1}$ ).

Отключите исполнительный орган (уберите переключку 11–12) от схемы реле и подключите его к РЕТОМу согласно схеме (рис. 12.12). Выберите в группе **Шаг проверки** опцию  $I_{ср1}$  и нажмите кнопку **Старт**.

2) Определяется ток срабатывания ( $I_{ср2}$ ) реле.

Подключите реле к РЕТОМу согласно схеме (рис. 12.13). Выберите в группе **Шаг проверки** опцию  $I_{ср2}$  и нажмите кнопку **Старт**.

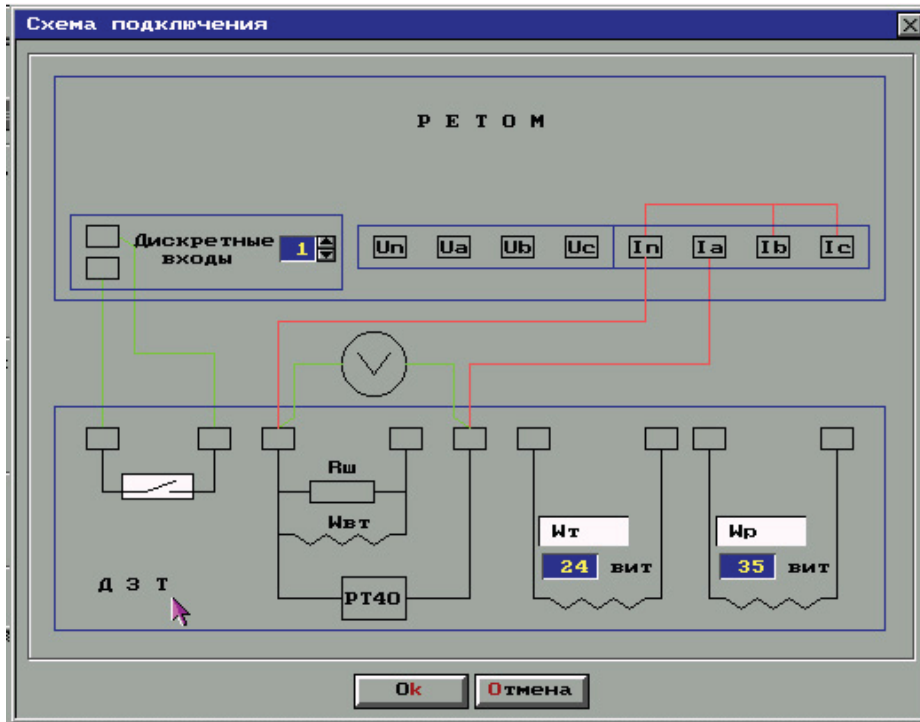


Рис. 12.12. Схема подключения реле ДЗТ-10

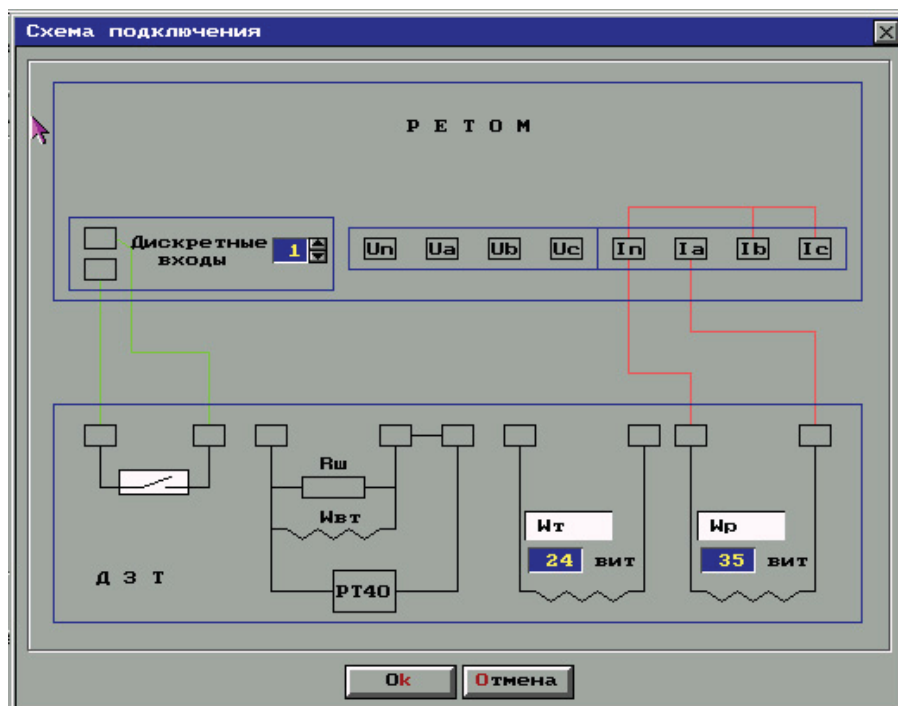


Рис. 12.13. Схема подключения реле ДЗТ-10

**3) Выставление кратного тока срабатывания реле ( $KI_{ср2}$ ).**

Не изменяя схемы подключения, сдвиньте указатель на шкале исполнительного органа в сторону увеличения тока срабатывания. Выбе-

рите в группе **Шаг проверки** опцию  $I_{cp3}$  и нажмите кнопку **Старт**. Повторите шаг 3 чтобы срабатывание ( $I_{cp3}$ ) происходило точно при  $KI_{cp2}$ .

4) Измерение тока срабатывания исполнительного органа ( $I_{cp4}$ ).

Отключите исполнительный орган (уберите переключку 11–12) от схемы реле и подключите его к РЕТОМу согласно схеме (рис. 12.12). Выберите в группе **Шаг проверки** опцию  $I_{cp4}$  и нажмите кнопку **Старт**. Коэффициент надежности рассчитывается по формуле  $K_{над} = I_{cp4}/I_{cp1}$ .

После проведения испытаний, чтобы сохранить полученные результаты, нажмите кнопку **Ок**.

**10. Проверка тормозных характеристик.** В панели управления нажмите кнопку *Проверка тормозных характеристик*. Программа выведет на экран рабочее окно (рис. 12.14).

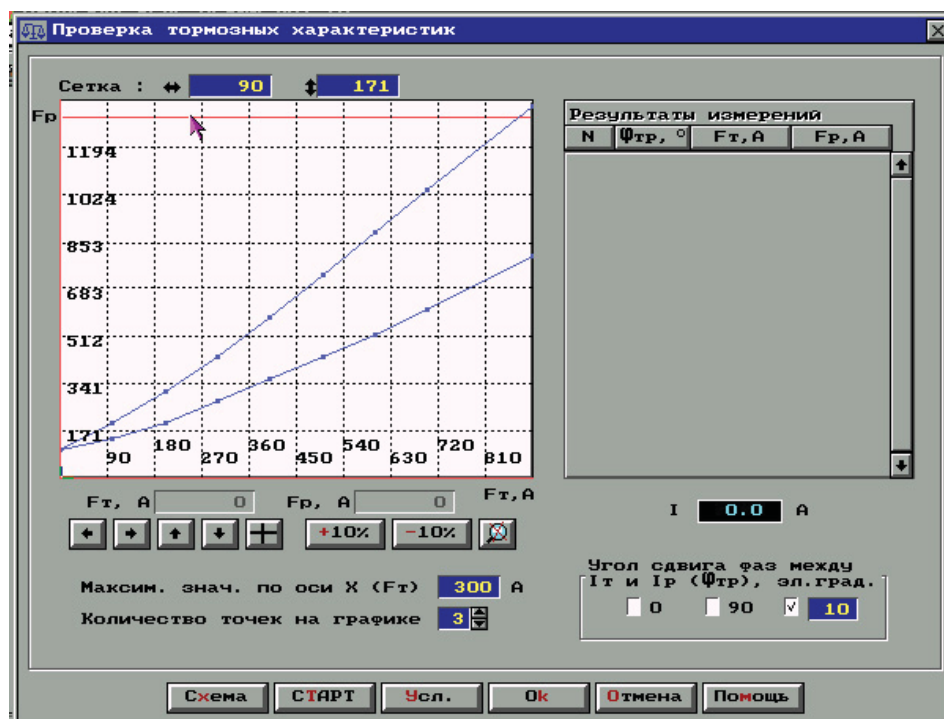


Рис. 12.14. Окно *Проверка тормозных характеристик*

Для проверки тормозной характеристики на тормозной и рабочей обмотках выставите расчетное число витков. Переключка между этими обмотками снимается, чтобы обеспечивалось независимое регулирование тормозного и рабочего токов. Подключите реле к РЕТОМу по схеме (рис. 12.15).

В рабочем окне введите максимальное значение по оси X и количество точек тормозной характеристики. В группе *Угол сдвига фаз между*



$I_m$  и  $I_p$ , отметьте углы, для которых будут построены характеристики. Нажмите кнопку **Старт**.

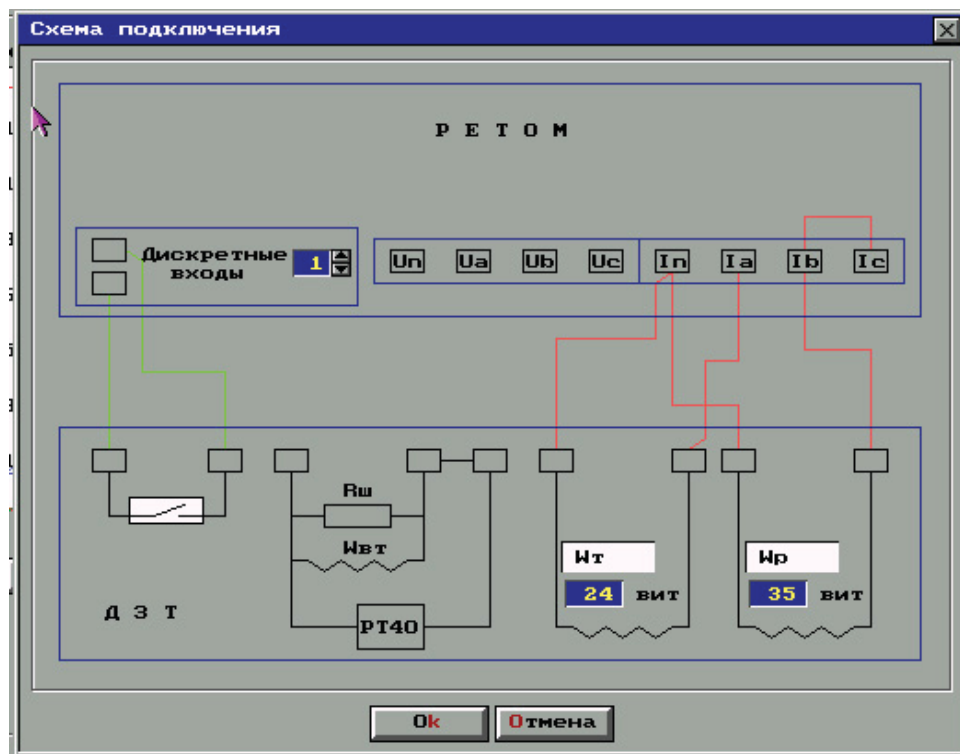


Рис. 12.15. Схема подключения реле ДЗТ-10

**Проверка времени срабатывания и возврата.** В панели управления нажмите кнопку *Проверка времени срабатывания и возврата*. В рабочем окне (рис. 12.16) нажмите кнопку **Схема** и подключите реле по схеме (рис. 12.17).

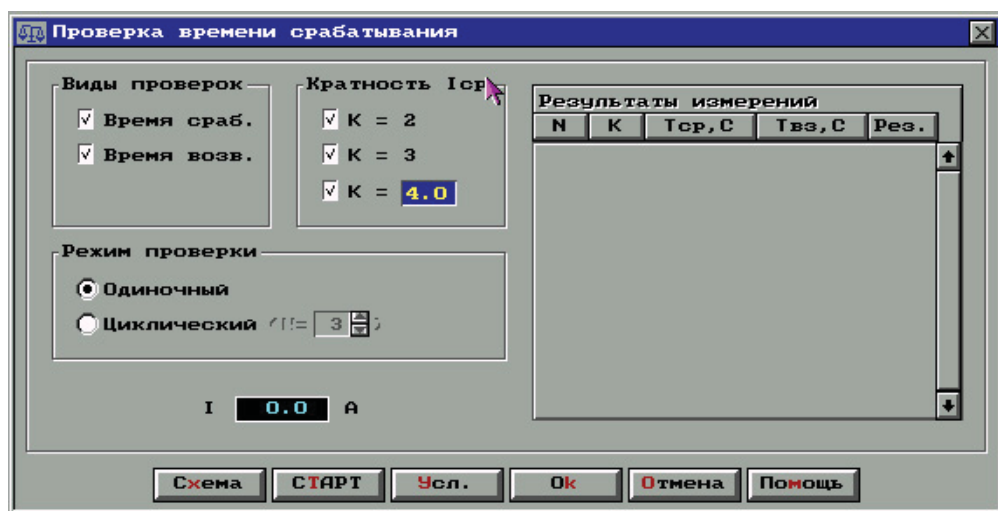


Рис. 12.16. Окно *Проверка времени срабатывания и возврата*

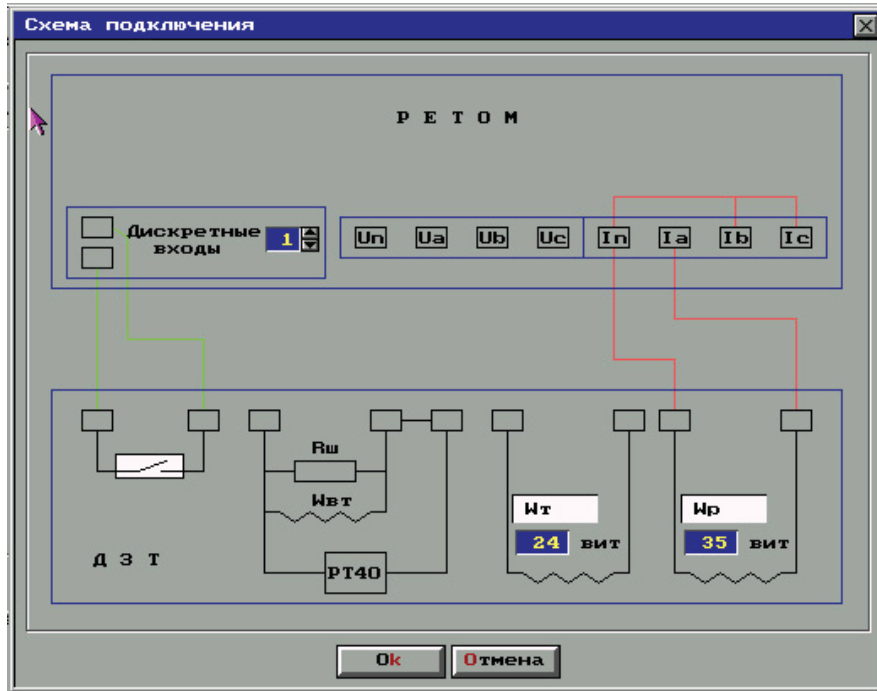


Рис. 12.17. Схема подключения реле ДЗТ-10

В рабочем окне выберите кратности тока, виды и режим проверки. Нажмите кнопку **Старт**.

**Характеристика намагничивания.** В панели управления нажмите кнопку Характеристика намагничивания  $U_p = f(F_n)$ . Программа выведет на экран рабочее окно (рис. 12.18). Подключите реле к РЕТОМу (рис. 12.19).

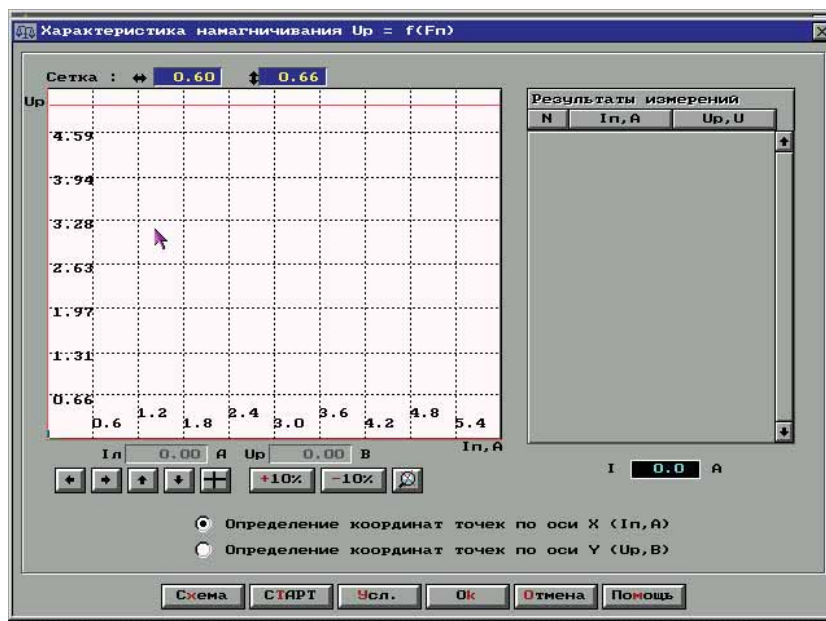


Рис. 12.18. Окно Характеристика намагничивания  $U_p = f(F_n)$

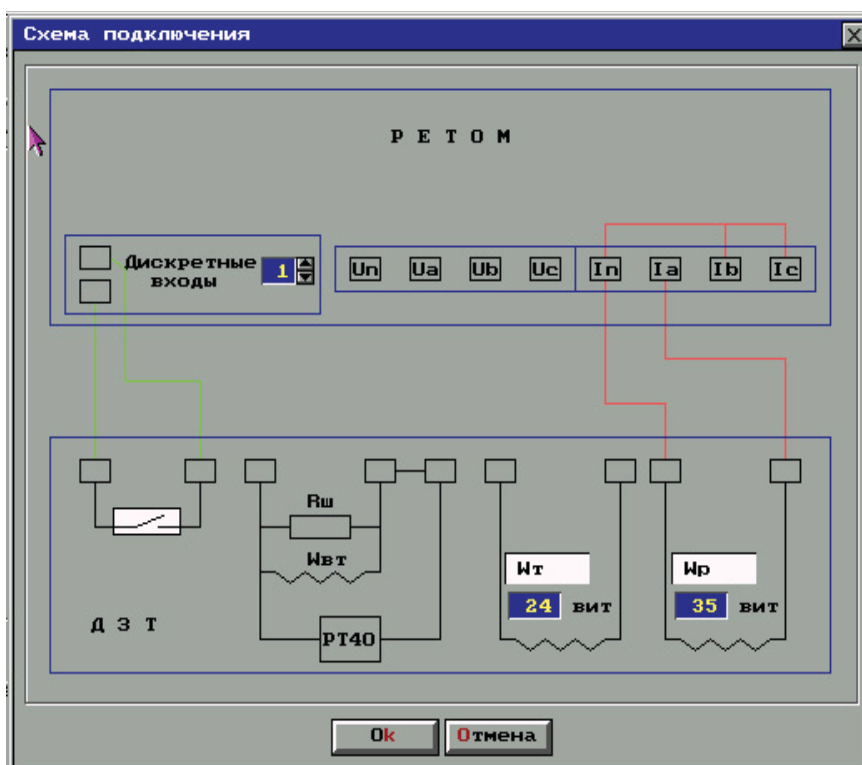


Рис. 12.19. Схема подключения реле ДЗТ-10

Характеристика намагничивания промежуточных трансформаторов снимается при питании током одной из рабочих обмоток и использовании исполнительного реле в качестве индикатора.

В рабочем окне выберите опцию *Определение координат точек по оси X* ( $I_n, A$ ). Нажмите кнопку **Старт**. Программа измерит ток срабатывания реле. Сдвигая указатель на шкале реле и измеряя ток срабатывания, отметьте положения указателя соответствующие 60, 80, 100, 120, 135 % от уставки.

Затем отсоедините исполнительное реле от промежуточных трансформаторов и определите напряжение срабатывания для каждого из указанных выше положений указателя.

Для этого подключите реле по схеме (рис. 12.20).

В рабочем окне выберите опцию *Определение координат точек по оси Y* ( $U_p, B$ ). Нажмите кнопку **Старт**. После срабатывания реле появится окно с полем  $U =$ , куда внесите показания вольтметра.

После построения характеристики намагничивания реле (зависимость напряжения на вторичной обмотке промежуточного трансформатора от первичного тока) по ней определяется рабочая точка, которая должна располагаться в самом начале изгиба.

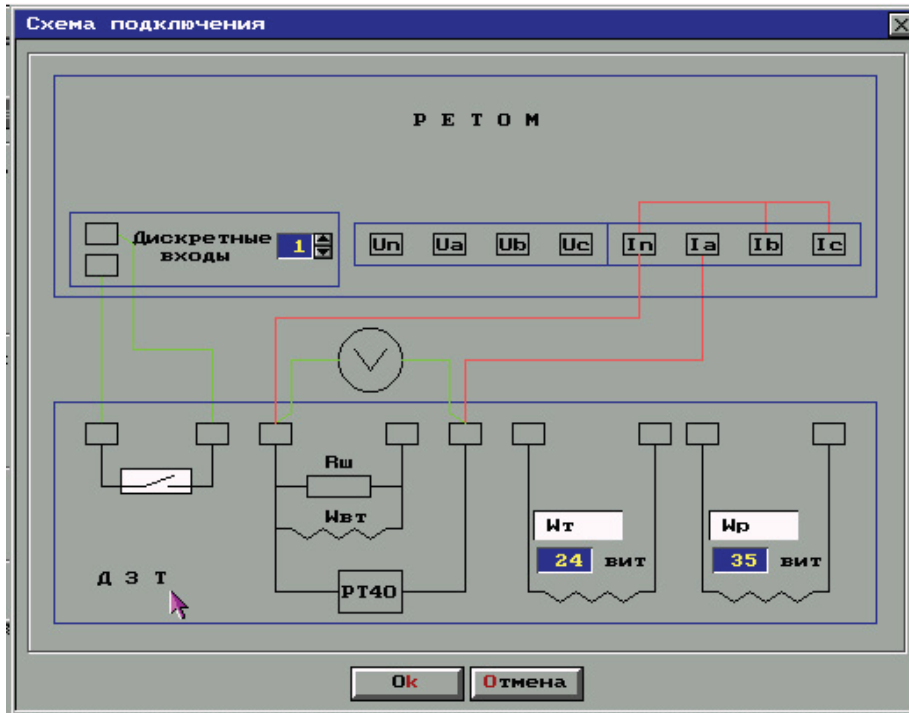


Рис. 12.20. Схема подключения реле ДЗТ-10

**Проверка мощности потребляемой реле.** В панели управления нажмите кнопку *Проверка мощности, потребляемой реле*. Программа выведет на экран рабочее окно (рис. 12.21). В рабочем окне нажмите кнопку *Схема* и подключите реле по схеме (рис. 12.22).

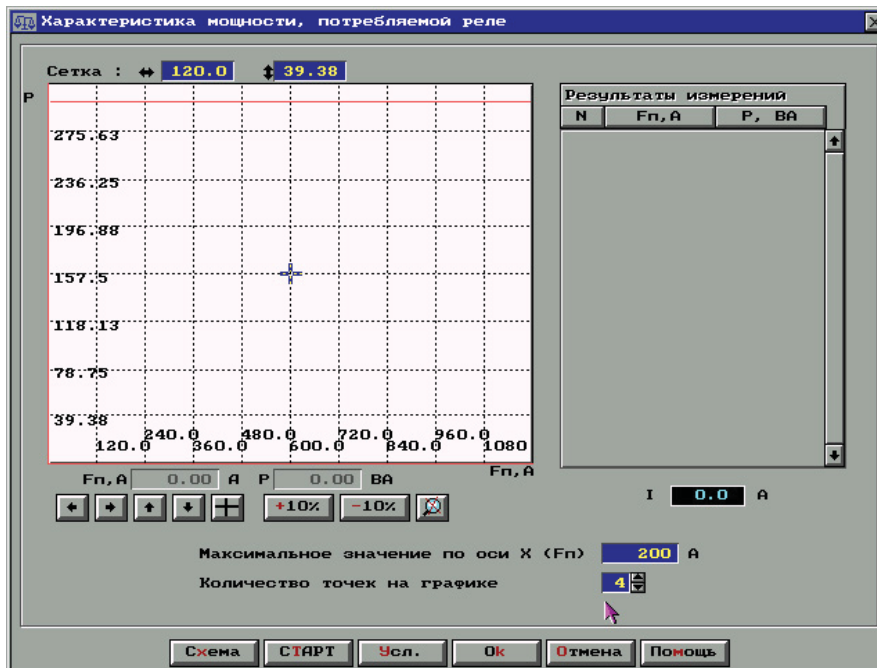


Рис. 12.21. Окно *Характеристика мощности потребляемой реле*

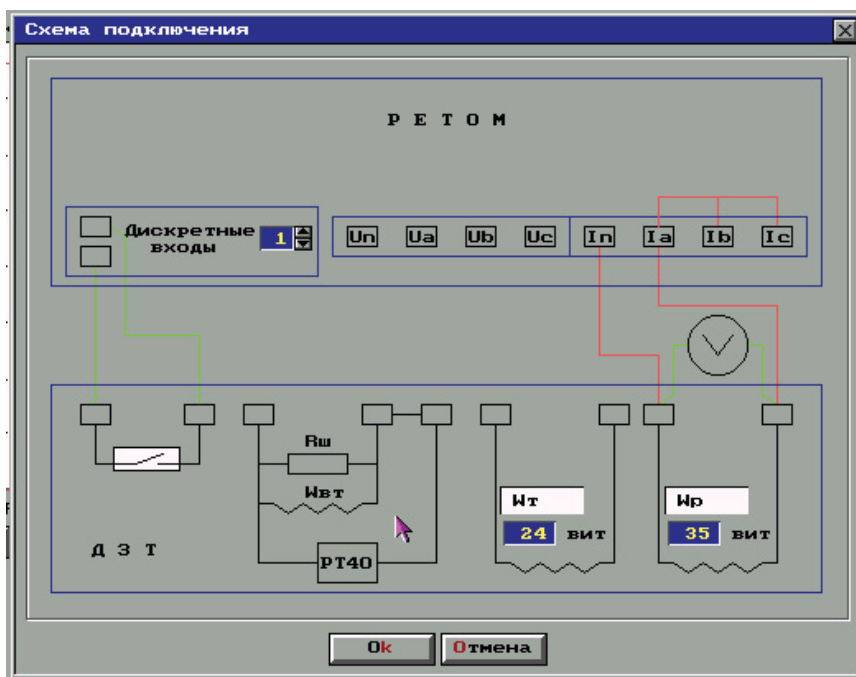


Рис. 12.22. Схема подключения реле ДЗТ-10

В рабочем окне заполните поля *Максимальное значение по оси X* ( $F_m$ , A) и *Количество точек на графике*. Нажмите кнопку **Старт**. По запросу программы, для каждой точки характеристики введите показания вольтметра.

Результаты проведенных испытаний записываются в протокол, приведенный в Приложении 2.

# Приложение 1

## ПРОТОКОЛ

### проверки при профконтроле дифференциальной защиты с реле серии РНТ

#### 1. Основные технические данные

##### 1.1. Защиты

Назначение	Место установки	Обозначение на схеме	Фаза	Год выпуска	Тип	Заводской номер

##### 1.2. Защищаемого объекта

###### 1.2.1. Данные трансформатора (автотрансформатора, реактора)

Тип	Мощность, МВА			Напряжение, кВ			Номинальный ток, А		
	ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	ВН	СН	НН

###### 1.2.2. Данные генератора (синхронного компенсатора, электродвигателя)

Тип	Мощность, МВт	Напряжение, кВ	Коэффициент мощности	КПД, %	Номинальный ток, А

###### 1.2.3. Данные системы шин

Напряжение, кВ	Количество присоединений	Максимальный ток нагрузки, А

##### 1.3. Данные трансформаторов тока защиты

Обозначение на схеме	Тип	Место установки	Номинальный ток, А		Коэффициент трансформации	Схема соединения ТТ

#### 2. Уставка защиты

##### 2.1. Параметры срабатывания

Плечо защиты	Ток срабатывания, А		Обозначение обмотки и число витков	R <sub>кз</sub> , Ом
	первичный	вторичный		

## 2.2. Дополнительные указания

Уставки заданы (кем, когда номер документа)

## 3. Проверка состояния устройства защиты

### 3.1. Осмотр, проверка механической части и проверка изоляции дифференциальных реле

Обозначение реле	Состояние реле и контактных поверхностей по результатам осмотра и механической регулировки	Сопротивление изоляции обмоток и контактов на корпус и между собой, МОм, не менее

### 3.2. Измерены сопротивления изоляции ДЗ и ее внешних цепей

Цепи	Сопротивление изоляции относительно цепей, МОм, не менее		
	корпуса	токовых	оперативных
Токовые			
Оперативные			
Сигнализации			

## 4. Проверка электрических характеристик реле РНТ

### 4.1. Проверка исполнительного органа при отключенном НТТ

Обозначение реле	Напряжение срабатывания, В	Ток, А		Коэффициент возврата
		срабатывания	возврата	

### 4.2. Проверка правильности выполнения короткозамкнутых обмоток реле

Обозначение реле	Число витков рабочей обмотки	Параметры срабатывания реле при $R_{кз} =$				Ток коротко-замкнутого контура реле при $R_{кз}$
		$R_{кз} =$		$R_{кз} =$		
		$I_{ср}, А$	$F_{ср}, А$	$I_{ср}, А$	$F_{ср}, А$	

#### 4.3. Проверка МДС срабатывания и тока срабатывания реле на рабочих уставках

Обозначение реле	Плечо защиты	Рабочая обмотка реле	Число витков	Ампер-витки срабатывания реле, А	Ток, А		Коэффициент возврата
					срабатывания	возврата	

#### 4.4. Проверка коэффициента надежности

Обозначение реле	Ток в обмотке исполнительного органа, А при токе в первичной обмотке			Коэффициент надежности	
	$I_{cp}$	$2I_{cp}$	$5I_{cp}$	$K_{н2}$	$K_{н5}$

#### 4.5. Проверка надежности работы контактов реле

При напряжении оперативного тока, соответствующем  $(1,0 \div 1,1)U_{ном}$  проверено отсутствие вибрации и искрения контактов исполнительного органа как при плавном изменении первичных ампер-витков от 1,05 до  $5,0I_{cp}$ , так и при подаче токов разных значений в указанном диапазоне толчком. Вибрация и искрение контактов отсутствуют, параметры настройки реле до и после проверки не изменились.

#### 5. Комплексная проверка защиты

##### 5.1. Опробование защиты в полной схеме присоединения

Проверено взаимодействие реле ДЗ при  $U_{ном}$  и  $0,8U_{ном}$ . Взаимодействие соответствует принципиальной схеме.

##### 5.2. Проверка токов срабатывания дифференциальных реле в полной схеме защиты

Обозначение ТТ плеча защиты	Обозначение реле	Обмотка реле		Ток подан на зажимы панели (ИБ)	Ток срабатывания, А



5.3. Определение времени срабатывания защиты при  $I_p = 2I_{cp} = \underline{\hspace{2cm}}$  А (ток подавался на зажимы панели).

Ток подан на реле			
Время действия защиты, С			

6. Проверка защиты рабочим током  $I_{ном} = \underline{\hspace{2cm}}$  А со стороны  $\underline{\hspace{2cm}}$  кВ

6.1. Проверена отстройка защиты от бросков тока намагничивания: при  $\underline{\hspace{2cm}}$  кратном включении на напряжение  $\underline{\hspace{2cm}}$  кВ контакты всех дифференциальных реле оставались неподвижными.

6.2. Снятие векторной диаграммы токов на напряжение подавалось со стороны  $\underline{\hspace{2cm}}$  кВ.

Обозначение ТТ плеча защиты	Фаза	Токи в цепях защиты	
		Значение, А	Угол, эл.град.
	А		
	В		
	С		
	О		
	А		
	В		
	С		
	О		
	А		
	В		
	С		
	О		

6.3. Проверено выравнивание ампер-витков дифференциальных реле

Исключены токи плеча защиты	Снят испытательный блок	Реле	Напряжение на обмотке исполнительного органа, В

6.4. Проверено напряжение небаланса

Обозначение реле	Напряжение небаланса, мВ

5. Заключение:

Проверку производил  $\underline{\hspace{2cm}}$

Руководитель работ  $\underline{\hspace{2cm}}$

## Приложение 2

### ПРОТОКОЛ

#### проверки при профконтроле дифференциальной защиты с реле серии ДЗТ-10

#### 1. Основные технические данные

##### 1.1. Защиты

Назначение	Место установки	Обозначение на схеме	Фаза	Год выпуска	Тип	Заводской номер

##### 1.2. Защищаемого объекта

##### 1.2.1. Данные трансформатора (автотрансформатора, реактора)

Тип	Мощность, МВА			Напряжение, кВ			Номинальный ток, А		
	ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	ВН	СН	НН

##### 1.2.2. Данные генератора (синхронного компенсатора, электродвигателя)

Тип	Мощность, МВт	Напряжение, кВ	Коэффициент мощности	КПД, %	Номинальный ток, А

##### 1.2.3. Данные системы шин

Напряжение, кВ	Количество присоединений	Максимальный ток нагрузки, А

##### 1.3. Данные трансформаторов тока защиты

Обозначение на схеме	Тип	Место установки	Номинальный ток, А		Коэффициент трансформации	Схема соединения ТТ

#### 2. Уставка защиты

##### 2.1. Параметры срабатывания

Плечо защиты	Ток срабатывания, А		Обозначение обмотки и число витков	$R_{кз}$ , Ом
	первичный	вторичный		

## 2.2. Дополнительные указания

Уставки заданы (кем, когда номер документа)

## 3. Проверка состояния устройства защиты

3.1. Осмотр, проверка механической части и проверка изоляции дифференциальных реле

Обозначение реле	Состояние реле и контактных поверхностей по результатам осмотра и механической регулировки	Сопротивление изоляции обмоток и контактов на корпус и между собой, МОм, не менее

## 3.2. Измерены сопротивления изоляции ДЗ и ее внешних цепей

Цепи	Сопротивление изоляции относительно цепей, МОм, не менее		
	корпуса	токовых	оперативных
Токовые			
Оперативные			
Сигнализации			

## 3.3. Испытана изоляция ДЗ

Изоляция всех токоведущих цепей защиты по отношению к корпусу испытана переменным напряжением 1000 В, 50 Гц в течение 1 мин.

Повторно произведена проверка сопротивления изоляции защиты согласно требованиям 3.2.

Сопротивление изоляции:

## 4. Проверка электрических характеристик реле ДЗТ

### 4.1. Проверка исполнительного органа при отключенном НТТ

Обозначение реле	Напряжение срабатывания, В	Ток, А		Коэффициент возврата
		срабатывания	возврата	

4.2. Проверка отсутствия взаимной индукции между тормозной и вторичной обмотками. Снята перемычка 11-12. На тормозной обмотке установлено максимальное число витков.

Обозначение реле	Ток подан на зажимы реле	Значение тока в тормозной обмотке, А	Напряжение на вторичной обмотке, В

#### 4.3. Проверка МДС срабатывания и тока срабатывания реле на рабочих уставках

Обозначение реле	Плечо защиты	Рабочая обмотка реле	Число витков	Ампер-витки срабатывания реле, А	Ток, А		Коэффициент возврата
					срабатывания	возврата	

#### 4.4. Проверка коэффициента надежности

Рабочая и тормозная обмотки соединены последовательно.

Проверка производится для двух случаев:

- число витков рабочих и тормозных обмоток установлены по условию  $K_T = 0,35$ ;
- на рабочих и тормозных обмотках установлено заданное число витков (уставки).

Обозначение реле	Рабочая обмотка		Ток в обмотке исполнительного органа, А, при токе в первичной обмотке			Коэффициент надежности	
	обозначение	число витков	$I_{cp}$	$2I_{cp}$	$5I_{cp}$	$K_{н2}$	$K_{н5}$

#### 4.5. Проверка тормозных характеристик

Параметры проверки	Значение параметров при торможении						
	наибольшем $I_T I_p = 0^\circ$				наименьшем $I_T I_p = 90^\circ$		
Обозначение реле:							
$I_T, A$							
$I_T W_T, A$							
$I_D, A$							
$I_D W_D, A$							
Обозначение реле:							
$I_T, A$							
$I_T W_T, A$							
$I_D, A$							
$I_D W_D, A$							
Обозначение реле:							
$I_T, A$							
$I_T W_T, A$							
$I_D, A$							
$I_D W_D, A$							

4.6. Определение коэффициента торможения на рабочих уставках при наименьшем торможении

Обозначение реле	Значение параметров проверки						Коэффициент торможения
	Цепь торможения			Рабочая цепь			
	$W_T$	$I_T, A$	$F_T, A$	$W_D$	$I_{cp}, A$	$F_{cp}, A$	

4.7. Проверка надежности работы контактов реле

При напряжении оперативного тока, соответствующем  $(1,0 - 1,1)U_{ном}$  проверено отсутствие вибрации и искрения контактов исполнительного органа как при плавном изменении первичных ампер-витков от 1,05 до  $5,0F_{cp}$ , так и при подаче токов разных значений в указанном диапазоне толчком.

Вибрация и искрение контактов отсутствуют, параметры настройки реле до и после проверки не изменились.

5. Комплексная проверка защиты

5.1. Опробование защиты в полной схеме присоединения

Проверено взаимодействие реле ДЗ при  $U_{ном}$  и  $0,8U_{ном}$ . Взаимодействие соответствует принципиальной схеме.

5.2. Проверка токов срабатывания дифференциальных реле в полной схеме защиты

Обозначение ТТ плеча защиты	Обозначение реле	Обмотка реле		Ток подан на зажимы панели (ИБ)	Ток срабатывания, А

5.3. Определение времени срабатывания защиты при  $I_p = 2I_{cp} = \underline{\hspace{2cm}} A$  (ток подавался на зажимы панели).

Ток подан на реле			
Время действия защиты, С			

6. Проверка защиты рабочим током  $\underline{\hspace{2cm}} I_{ном} = \underline{\hspace{2cm}} A$  со стороны  $\underline{\hspace{2cm}} kV$

6.1. Проверена отстройка защиты от бросков тока намагничивания: при  $\underline{\hspace{2cm}}$  кратном включении на напряжение  $\underline{\hspace{2cm}} kV$  контакты всех дифференциальных реле оставались неподвижными.

6.2. Снятие векторной диаграммы токов напряжение подавалось со стороны \_\_\_\_\_ кВ.

Обозначение ТТ плеча защиты	Фаза	Токи в цепях защиты	
		Значение, А	Угол, эл.град.
	А		
	В		
	С		
	О		
	А		
	В		
	С		
	О		
	А		
	В		
	С		
	О		

6.3. Проверено выравнивание ампер-витков дифференциальных реле

Исключены токи плеча защиты	Снят испытательный блок	Реле	Напряжение на обмотке исполнительного органа, В

6.4. Проверено напряжение небаланса

Обозначение реле	Напряжение небаланса, мВ

Примечание:

7. Заключение:

Проверку производил \_\_\_\_\_

Руководитель работ \_\_\_\_\_

Учебное издание

ЮДИН Святослав Михайлович  
ШЕСТАКОВА Вера Васильевна  
ПАШКОВСКИЙ Сергей Николаевич  
ПОНАМАРЕВ Евгений Алексеевич

**ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СЕРИИ «РЕТОМ»  
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ  
ДЛЯ ПРОВЕРКИ УСТРОЙСТВ  
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ**

Учебное пособие

Научный редактор *доктор технических наук,  
профессор Б.В. Лукутин*

Компьютерная верстка *Е.А. Понамарев*

Дизайн обложки *С.Н. Пашковский*

Подписано к печати 00.00.2011. Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл. печ. л. 8,31. Уч.-изд. л. 7,53.


Заказ . Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел/факс: +7 (3822) 56-35-35, www.tpu.ru