

Титульный лист методических рекомендаций
и указаний; методических рекомендаций;
методических указаний



Форма
Ф СО ПГУ 7.18.3/40

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова
Кафедра Электроэнергетика

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам

по дисциплине Автоматика управления и регулирования на электрических станциях

для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Павлодар



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

_____ Пфейфер Н.Э.

«_____» _____ 2011 г.

Составители: старший преподаватель _____ Ашимова А.К.

Кафедра Электроэнергетики

Методические рекомендации и указания

к лабораторным работам

по дисциплине Автоматика управления и регулирования на электрических
станциях

для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Рекомендовано на заседании кафедры

«_____» _____ 20__ г., Протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ Марковский В.П. «_____» _____ 20__ г.

Одобрено УМС энергетического факультета

«_____» _____ 20__ г., Протокол № _____

Председатель УМС _____ Кабдуалиева М.М. «_____» _____ 20__ г.

ОДОБРЕНО:

Начальник ОПиМОУП _____ Варакута А.А. «_____» _____ 20__ г.

Одобрено учебно-методическим советом университета

«_____» _____ 20__ г. Протокол № _____

1 Общие указания по выполнению лабораторных работ

Выполнение лабораторных работ по курсу призвано углубить и обобщить теоретические знания студентов, дать им навыки практической работы в электроустановках, научить работать с измерительной аппаратурой.

На подготовку к лабораторным работам требуется по I часу самостоятельной. Все работы выполняются бригадой студентов, отчеты составляются индивидуально. Порядок выполнения работ устанавливается преподавателем и сообщается студентам на первом занятии. Отчет оформляется на листе А4 по принятой в институте форме.

Методические указания по каждой работе содержат 7 разделов: 1) наименование и номер работы; 2) Цель работы; 3) "Общие сведения"; 4) "Задание"; 5) "Методические указания"; 6) "Содержание отчета"; 7) "Контрольные вопросы". Разделы 1-3 должны быть проработаны во время самостоятельной подготовки, разделы 4 - 5 в лаборатории. Контрольные вопросы, приводимые по каждой теме, служат самостоятельного контроля студентом качества усвоения материала лабораторной работы. Ответьте на эти вопросы при подготовке к лабораторной работе, это поможет оценить уровень знаний.

В разделе 2 приводятся только общие сведения об установке, детальнее ознакомление о ней производится в лаборатории с помощью преподавателя. Отчет по лабораторной работе должен содержать только те сведения (СХЕМЫ, графики, результаты экспериментов) которые указаны в разделе - Содержание отчета.

2 Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

Помещение лаборатории относится к разряду опасных с точки зрения безопасности. Безопасные условия производства работ обеспечиваются соответствующим комплексом организационно-технических мероприятий.

На вводном занятии студенты изучают общую инструкцию по безопасности. Перед выполнением каждой работы изучаются индивидуальные инструкции по технике безопасности при работе на конкретной электрической установке.

Лабораторная работа №1 Автоматическое повторное включение (АПВ)

Цель работы

Изучить классификацию, требования, схемы и принцип действия устройств трехфазного автоматического повторного включения (УАПВ) линии электропередачи с односторонним питанием.

Основные теоретические положения

Автоматика АПВ предназначена для повторного включения элемента электроустановки после его аварийного или ошибочного отключения. Если после включения элемент остается в работе, АПВ называется *успешным*.

Классификация устройств АПВ:

- по виду оборудования (АПВ линий, шин, трансформаторов, электродвигателей);
- по числу коммутируемых фаз (трехфазные ТАПВ и однофазные ОАПВ, комбинированные);

- по числу циклов или кратности действия (в основном АПВ однократного и двукратного действия, реже трехкратные АПВ);
- по элементной базе (комплектные УАПВ в виде одного устройства, схемы, выполненные из отдельных реле, на переменном и постоянном оперативном токе);
- по условиям контроля встречного напряжения на линиях с *двусторонним* питанием (несинхронные НАПВ, быстродействующие БАПВ, с проверкой отсутствия напряжения АПВОН, с проверкой наличия напряжения АПВНН, с ожиданием синхронизма АПВОС, с улавливанием синхронизма напряжений АПВУС, в сочетании с самосинхронизацией генераторов и синхронных компенсаторов АПВС).

Требования к схемам АПВ:

- срабатывать при любых аварийных, ошибочных или самопроизвольных отключениях выключателя, кроме случаев оперативного включения на КЗ с последующим отключением от защиты или предусмотренных блокировок;
- не срабатывать при отключении выключателя персоналом;
- обеспечивать заданное количество циклов работы;
- обеспечивать возможность запрета действия;
- обеспечивать необходимое время бестоковой паузы;
- обеспечивать достаточную длительность команды на включение выключателя;
- выполняться с автоматическим возвратом в состояние готовности к действию;
- не допускать многократное включение на КЗ.

На воздушных линиях успешность АПВ обеспечивается за счет того, что большинство повреждений (гололед, падение деревьев, набросы) самоустраняются за время *бестоковой* паузы, т.е. являются неустойчивыми. Эффективность действия АПВ определяется не только числом удачных повторных включений, но и количеством потребителей, у которых при этом не нарушается нормальная работа.

Пуск АПВ производится либо от *несоответствия* положения выключателя ("Отключен") предшествующей оперативной команде ("Включить"), либо от контактов быстродействующей защиты. Пуск по несоответствию является универсальным, так как, например, охватывает и случаи самопроизвольного отключения выключателя. В электроустановках с постоянным оперативным током устройства АПВ выполняются на базе комплектных реле РПВ-58 (РПВ-01) и РПВ-258 (РПВ-02), обеспечивающих соответственно однократное и двукратное повторное включение, в электроустановках с переменным оперативным током - на основе реле РПВ-358, РПВ-69 или собираются из отдельных реле.

Схемы устройств АПВ

Схемы УАПВ однократного действия

На рисунке 1.1 приведена типовая схема электрического АПВ однократного действия на переменном оперативном токе для присоединений, оборудованных выключателем с пружинным приводом, собранная из отдельных реле.

В положении готовности привода (пружины заведены) контакт SQY готовности привода замкнут, контакт SQM в цепи завода пружины разомкнут. При оперативном включении выключателя ключом SA замыкается специальный аварийный блок-контакт выключателя SQA, который может изменять своё состояние только при оперативных переключениях (от SA или телеуправления).

При отключении выключателя релейной защитой создается цепь пуска АПВ: накладка АПВ SX - блок-контакт SQA (остаётся замкнутым) - обмотка реле времени КТ - контакт выключателя SQK. Через время $t_{АПВ}$ проскальзывающий контакт реле времени КТ.1 замыкается и электромагнит YAC производит включение выключателя. Пружина привода освобождается, поэтому контакт SQY размыкается, контакт SQM замыкается.

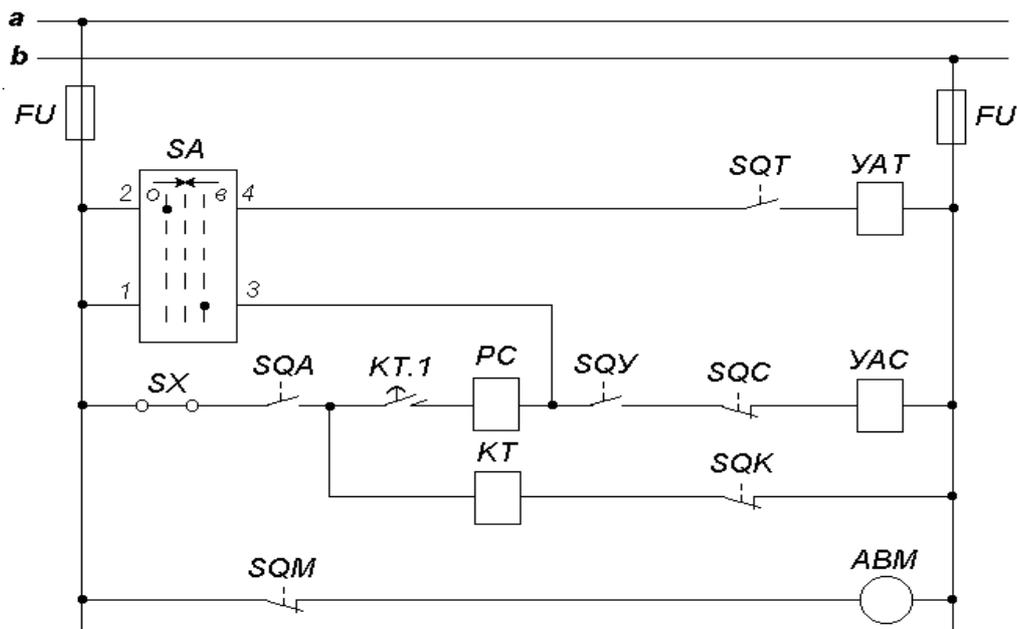


Рисунок 1.1

Если повреждение на линии устранено и АПВ оказалось успешным, автоматический моторный редуктор АВМ заводит пружину и через 6-20 с этот процесс заканчивается: контакт SQM размыкается, SQY замыкается, УАПВ готово к повторному действию.

При неуспешном АПВ выключатель повторно отключается защитой и реле КТ снова замыкает через время $t_{АПВ}$ свой проскальзывающий контакт КТ.1. Однако пружина привода еще не успела завестись и включения не происходит. Для предотвращения многократного включения выключателя на устойчивое КЗ необходимо, чтобы время готовности АПВ (время завода пружины) удовлетворяло условию

$$t_{з.п.} > t_{р3max} + t_{КТ} + t_{зан},$$

где $t_{зан} = 2 - 3$ с. При времени срабатывания защиты $t_{р3max} \leq 2$ с, уставке АПВ $t_{КТ} \leq 2$ с получаем условие $t_{з.п.} \leq 6$ с, что практически выполнимо.

На подстанциях с постоянным дежурством вместо счетчика количества включений РС в цепь АПВ может быть включено указательное реле КН.

2. Устройство двукратного АПВ на реле РПВ-258

На рисунке 1.2 приведена схема двукратного АПВ для телемеханизированной подстанции на постоянном оперативном токе. Особенность данной схемы управления выключателем состоит в использовании ключа управления SA без контактов, фиксирующих предыдущую команду, поэтому для контроля несоответствия состояния выключателя применяется специальное реле фиксации КQQ.

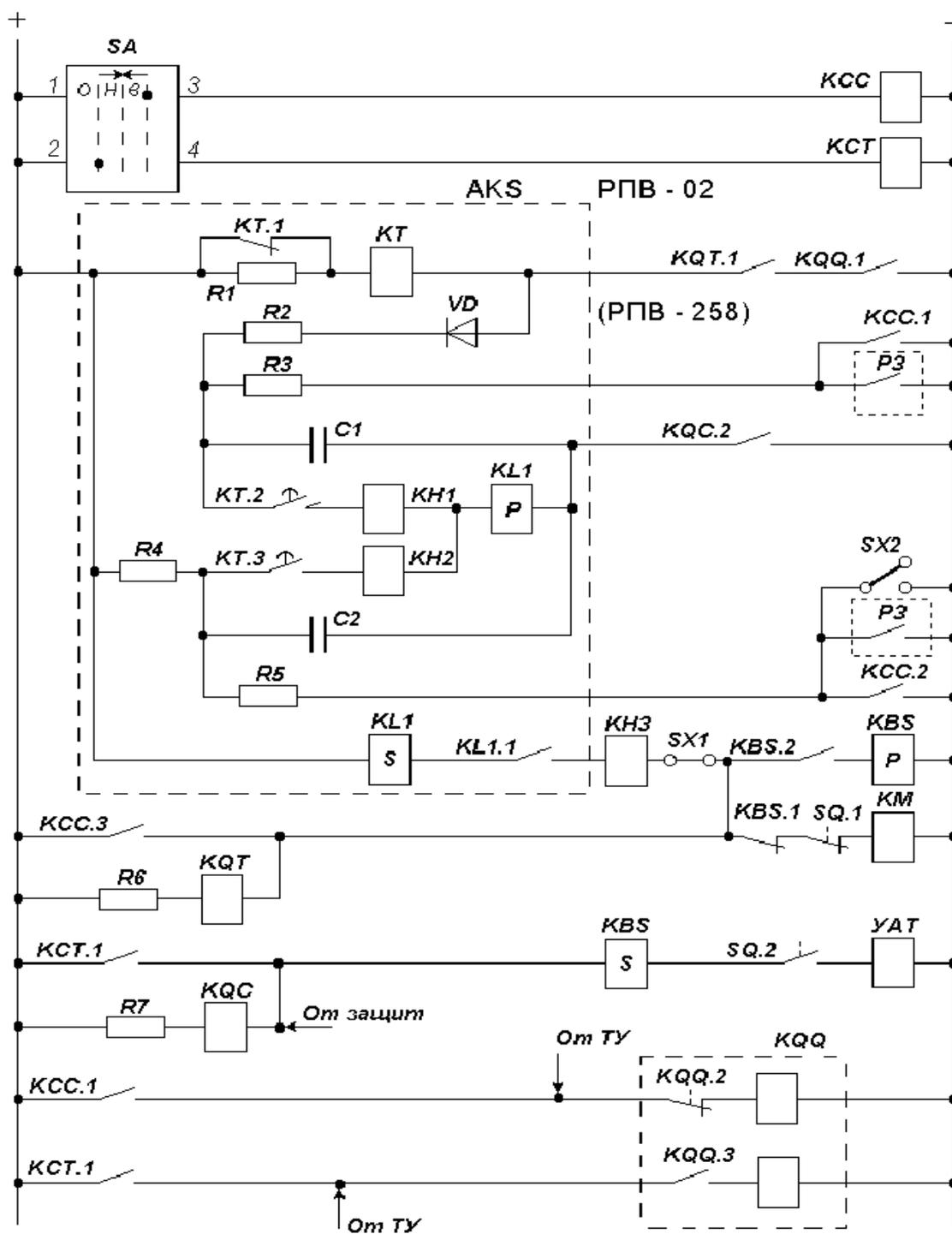


Рисунок 1.2

Рисунок 1.2

Комплектное реле АПВ типа РПВ-258 (АКС) состоит из реле времени КТ с проскальзывающим и упорным контактами (выдержки времени $t_{1\text{АПВ}}$ и $t_{2\text{АПВ}}$ первого и второго циклов), конденсаторов С1 и С2, зарядных R2, R4 и разрядных R3, R5 резисторов, промежуточного реле KL1 с параллельной "р" и последовательной "s" обмотками.

Последовательная обмотка реле KL1 необходима для его самоудерживания током контактора КМ при срабатывании УАПВ, что предотвращает размыкание слабым контактом реле KL1 цепи включения электромагнита УАС и обеспечивает требуемое время команды на включение выключателя. Многократное включение на КЗ предотвращается использованием реле блокировки от прыгания KBS с рабочей (последовательной "s") и удерживающей (параллельной "р") обмотками, входящего в схему управления выключателем.

Подготовка АПВ к действию осуществляется зарядом конденсаторов С1, С2 при включенном состоянии выключателя. В случае КЗ на линии защита отключает выключатель и контактами реле KQQ - реле KQT создается цепь несоответствия, запускается реле времени КТ.

При достижении времени первого цикла АПВ срабатывает выходное реле KL1 за счет разряда на его обмотку "р" конденсатора С1 через контакт КТ.2, выпадает флажок указательного реле КН1. Автоматическое повторное включение во втором цикле (при неуспешном первом) происходит благодаря разряду конденсатора С2 на обмотку "р" реле KL1 через контакт КТ.3, выпадает флажок реле КН2. Если и второй цикл АПВ оказывается неуспешным, выключатель отключается и реле КТ снова последовательно замыкает контакты КТ.2 и КТ.3, однако это не приводит к действию KL1, т.к. оба конденсатора разряжены.

Заряд конденсаторов и подготовка устройства к новому действию в случае успешного АПВ происходит через высокоомные зарядные резисторы R2 и R4. Быстрый разряд конденсаторов при блокировке действия АПВ обеспечивается подключением низкоомных разрядных резисторов R3 и R5 к минусу источника оперативного тока.

Назначение и особенности работы остальных элементов схемы необходимо разобрать самостоятельно с учетом требований, предъявляемых к устройствам АПВ.

Расчет уставок устройства АПВ

1. Время срабатывания устройства однократного АПВ

Повторное включение выключателя желательно производить как можно быстрее, так как этим обеспечивается минимальный перерыв в питании потребителей. Однако это время ограничивается следующими условиями:

- а) деионизацией среды в месте повреждения;
- б) восстановлением способности привода к работе на включение;
- в) восстановлением отключающей способности выключателя;
- г) обеспечением возврата реле защиты, установленной со стороны питания по отношению к месту установки устройства АПВ.

Таким образом, устройство АПВ должно посылать импульс на повторное включение с определенной выдержкой времени. Это выдержка, равная интервалу времени между пуском устройства и моментом подачи импульса на включение, называется временем срабатывания АПВ $t_{АПВ}$.

Устройство АПВ должно автоматически возвращаться в исходное положение и быть готовым к следующему действию через некоторое время, называемое временем возврата $t_{ВАПВ}$.

Ввиду того, что современные выключатели допускают в первом цикле немедленное включение на короткое замыкание, время срабатывания устройства однократного АПВ определяется, как правило, по двум условиям.

а) согласование с временем, необходимым для деионизации среды в месте повреждения:

$$t_{АПВ} \geq t_{д.с.} - t_{в.в.} + \Delta t, \quad (1.1)$$

где $t_{в.в.}$ - время включения выключателя, 0,2 - 0,4 с;

Δt - время запаса, 0,3 - 0,5 с;

$t_{д.с.}$ - время деионизации среды, зависит от рабочего напряжения, абсолютного значения и длительности протекания тока короткого замыкания, а также от метеорологических условий и составляет ориентировочно

0,07-0,08 с - для линий напряжением до 35 кВ;

0,15-0,3 с - для линий 110-220 кВ;

0,35-0,4 с - для линий 330-500 кВ.

б) согласование с временем готовности привода к включению выключателя:

$$t_{АПВ} > t_{з.н} + \square t. \quad (1.2)$$

Время готовности привода к включению выключателя $t_{з.н.}$ зависит от конструкции привода и изменяется в пределах 0,2-1 с для разных типов.

Из двух полученных значений к установке принимается наибольшее. В предельных случаях, когда это диктуется условиями эксплуатации, время $t_{АПВ}$ может быть увеличено до 2-3 с, а иногда и до 5 с.

2 Время срабатывания устройства двукратного АПВ

Время срабатывания в первом цикле $t_{1 АПВ}$ определяется по (1.1)-(1.2).

Время срабатывания во втором цикле $t_{2 АПВ}$ согласуется с временем восстановления отключающей способности выключателя $t_{в.о.с}$ после отключения короткого замыкания в предшествующем первом цикле

$$t_{2 АПВ} \square t_{в.о.с}.$$

Обычно этому условию удовлетворяет время $t_{2 АПВ} > 10-20$ с.

3 Время автоматического возврата устройства АПВ

Выдержка времени на возврат устройства АПВ также выбирается с учетом восстановления отключающей способности выключателя и определяется допустимостью работы выключателя в последующих циклах после успешного АПВ. Так, для однократного АПВ

$$t_{в АПВ} \square t_{в.о.с}. \quad (1.3)$$

В устройствах АПВ, выполненных с помощью реле серии РПВ, время автоматического возврата может не рассчитываться, так как оно определяется временем заряда конденсаторов, которое составляет 20-25 с для реле РПВ-58 и 60-100 с для реле РПВ-258 и, как правило, удовлетворяет неравенству (1.3).

Задание

Изучить схему и принцип действия устройств однократного и двукратного АПВ линии на переменном и постоянном оперативном токе. Объяснить требования к УАПВ, найти по схеме, какими элементами эти требования реализуются. Осуществить настройку УАПВ на реле РПВ-258 согласно указаниям преподавателя. Провести экспериментальные исследования устройства АПВ на панели АПВ, составить отчет по лабораторной работе.

Методические указания

1. Ознакомиться с панелью АПВ линии с односторонним питанием, найти все элементы схемы по рисунку 1.2, записать в отчет их тип и данные по образцу. Найти по справочнику параметры резисторов и конденсаторов комплектного реле АПВ.

Таблица 1.1 - Перечень элементов к панели АПВ

Поз. обозначение	Наименование	Тип	Уставки	Кол-во	Примечание
КА1	Реле тока	РТ-40/10	4А	1	-

В таблице должны быть указаны, помимо уставок, те технические характеристики, которые необходимы для правильного заказа реле.

2. Осуществить настройку уставок комплектного реле повторного включения РПВ-258 согласно предварительному расчету или указаниям преподавателя.

3 Вывести из работы АПВ накладкой SX1, включить питание панели автоматом SF (в шкафу).

4. Проверить работу блокировки от многократных включений на реле KBS, для чего:

- поворотом подвижной части замкнуть контакт реле тока КА, имитируя устойчивое короткое замыкание на линии;

- подать от ключа управления на выключатель команду "Включить" и продолжать удерживать ключ управления в этом положении – выключатель не включается;

- вернуть ключ и реле в исходное положение;

- объяснить поведение реле KBS и выключателя.

5. Квитировать ключ управления в положение "Откл.", ввести АПВ накладкой SX1.

Провести испытания устройства АПВ в следующих режимах:

а) при оперативном отключении выключателя ключом управления;

б) при оперативном включении линии ключом управления на существующее короткое замыкание, имитируемое замыканием контакта реле КА;

в) при аварийном отключении выключателя от релейной защиты в случае неустойчивого и устойчивого короткого замыкания на линии, при выведенном и введенном втором цикле АПВ (накладка SX2). Срабатывание реле тока КА имитируется поворотом его якоря.

6. Измерить время готовности УАПВ к работе (секундомером), построить временную диаграмму работы двукратного АПВ при устойчивом КЗ на линии в реальном масштабе времени.

7. Отключить питание панели АПВ, поднять флажки указательных реле.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.

2. Принципиальные схемы устройств однократного и двукратного АПВ линии.

3. Перечень реле панели АПВ с техническими данными и уставками в виде таблицы; список режимов, в которых произведены испытания УАПВ, с результатами испытаний.

4. Временную диаграмму работы УАПВ.

5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена автоматика АПВ?

2. Классификация устройств АПВ.

3. Требования, предъявляемые к схемам АПВ.

Лабораторная работа №2 Автоматическое включение резерва (АВР)

Цель работы

Изучить классификацию, требования, схемы и принцип действия устройств автоматического включения резервного питания (УАВР).

Основные теоретические положения

Автоматика АВР питания предназначена для переключения потребителя на вспомогательный (*резервный*) источник питания при неисправности основного (*рабочего*) по возможности так, чтобы технологический процесс потребителя при этом не пострадал.

Классификация УАВР производится:

- по типу элементов питания (АВР линий, трансформаторов, собственных нужд и т.д.);
- по направленности действия (одно- и многосторонние). УАВР одностороннего действия производят переключение потребителя только в одном направлении, например, всегда с первой линии на вторую, но не способны конструктивно совершить переключение со второй линии на первую;
- по характеру резерва (АВР с явным и неявным резервом). Питающий элемент относится к явному резерву, если до действия АВР он не нес никакой нагрузки;
- по виду оборудования (АВР на выключателях, отделителях, на постоянном или переменном оперативном токе);
- по способу возврата (АВР с ручным, телемеханическим и автоматическим возвратом первичной схемы к нормальному состоянию);
- по локальности размещения (местные и сетевые АВР). Местные АВР располагаются в пределах одной электроустановки (подстанции), хотя может быть и на разных панелях.

Требования к устройствам АВР:

- приходить в действие при исчезновении напряжения у потребителя по любой причине, включая КЗ. Пуск АВР производится либо от блок-контактов рабочего выключателя при его отключении, либо от специального пускового органа (ПО);
- включение резервного источника производится без дополнительной задержки, обязательно после отключения рабочего ввода;
- действие АВР должно быть однократным;
- для ускорения отключения резервного источника при включении на неустранившееся КЗ должно предусматриваться ускорение защиты резервного источника после АВР.

Пусковой орган минимального напряжения (ПОН АВР) включает обычно реле контроля исчезновения рабочего напряжения, реле контроля наличия резервного напряжения и реле времени, обеспечивающее недействие АВР при кратковременных перерывах электроснабжения. ПО не должны срабатывать при неисправностях в цепях напряжения.

Однократность действия АВР обеспечивается обычно разрывом цепи включения с помощью контакта реле однократности, использованием импульсного контакта реле времени, заводом пружины привода выключателя только при его включенном положении.

Схемы устройств АВР

1. Схема УАВР линии на постоянном оперативном токе

Схема устройства АВР линии одностороннего действия с явным резервом на постоянном оперативном токе приведена на рисунке 2.1. В нормальном режиме подстанция Б питается по рабочей линии W1 от подстанции А, выключатель Q3 отключен. Со стороны подстанции В линия W2 постоянно включена и находится под напряжением.

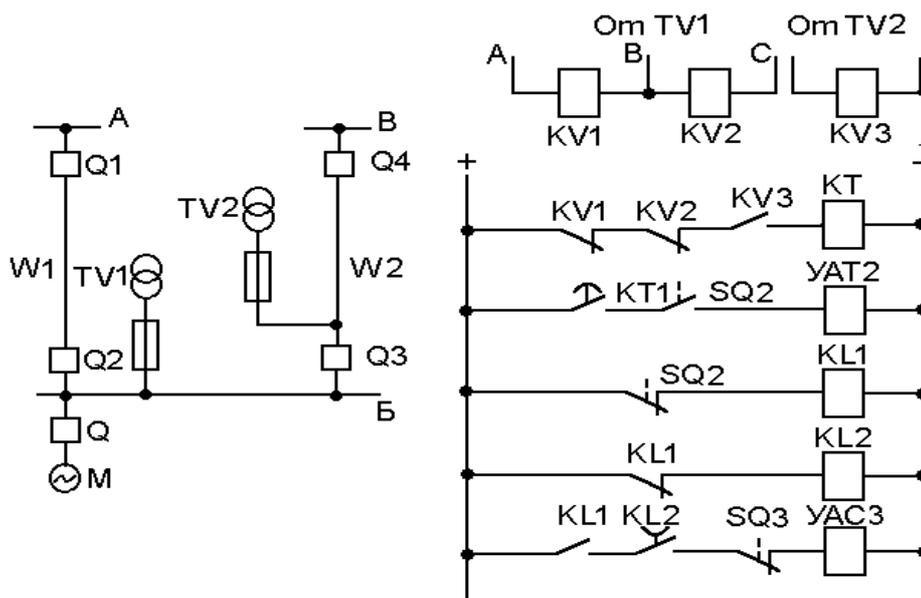


Рисунок 2.1

Пуск устройства АВР и подача сигнала на включение резервной линии (выключателя Q3) производится от блок-контактов выключателя Q2 рабочей линии W1. Для обеспечения действия устройства АВР в тех случаях, когда питание потребителей прекращается при включенном выключателе на вводе от рабочего источника (например, при повреждениях в питающей сети за пределами резервируемого объекта), в схеме предусматривается специальный пусковой орган - минимальный пусковой орган напряжения (ПОН). В задачу ПОН входит отключение выключателя Q2 рабочей линии при устойчивом исчезновении напряжения на шинах подстанции Б, после чего немедленно происходит включение резервной линии.

Для того, чтобы исключить многократное включение резервирующего выключателя на КЗ в рабочем источнике действием АВР, используется промежуточное реле однократности включения KL2 с задержкой на возврат. При отключении выключателя Q2 рабочей линии по любой причине реле KL2 обесточивается, но через замкнувшийся контакт реле KL1 и временно замкнутый контакт реле KL2 продолжает проходить сигнал на включение выключателя резервной линии. Выдержка времени на возврат реле KL2 должна быть достаточной для однократного надежного включения выключателя резервной линии.

В устройстве АВР применен ПОН с блокировкой по напряжению на резервной линии W2. Пусковой орган состоит из двух минимальных реле напряжения KV1 и KV2, определяющих исчезновение рабочего питания, контакты реле для надежности включены последовательно. Проверка наличия напряжения на резервной линии осуществляется с помощью реле максимального напряжения KV3. Реле времени KT необходимо для отстройки по времени ПОН от внешних коротких замыканий, отключаемых соответствующими защитами и не приводящих к полной потере рабочего питания.

С исчезновением напряжения на шинах подстанции Б срабатывают минимальные реле KV1 и KV2 и при наличии напряжения на линии W2 (контакт блокирующего реле KV3 замкнут) пускают реле времени KT, которое через заданную выдержку времени производит отключение выключателя Q2. Далее схема работает, как рассмотрено выше.

Эффективность работы устройства АВР определяется тем, как быстро после подачи напряжения будут достигнуты нормальные параметры производственного процесса. Это в свою очередь, зависит от времени КЗ, времени перерыва питания и от того, произойдет ли после восстановления питания самозапуск электродвигателей с достижением доаварийной производительности. При перерывах электропитания более 0,5 с, что имеет место при работе устройства АВР, асинхронные двигатели могут заметно затормозиться и даже остановиться.

При восстановлении напряжения двигатели начинают разворачиваться, потребляя при этом увеличенный ток самозапуска. В результате по питающим линиям, как правило, проходит ток, превосходящий нормальный. Увеличение тока оценивается коэффициентом пуска K_n , величина которого зависит от состава нагрузки и наличия у двигателей защиты, отключающей их при понижении напряжения. Защита минимального напряжения устанавливается на менее ответственных агрегатах, отключаемых для облегчения пуска двигателей ответственных механизмов, по условиям технологии или техники безопасности.

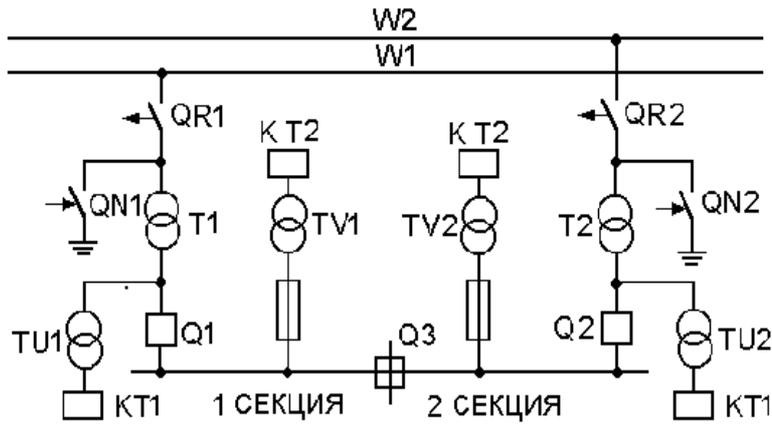
Длительность процесса самозапуска зависит от величины напряжения на зажимах двигателя после успешного действия АВР, момента сопротивления приводимого механизма и величины скольжения, до которой затормозился двигатель ко времени повторной подачи напряжения.

Если двигатель остановился, то после подачи напряжения он сможет развернуться и достичь нормального скольжения только в том случае, если момент M_d , развиваемый двигателем, будет больше момента сопротивления M_c нагрузки. Величина момента, развиваемого двигателем, пропорциональна квадрату напряжения на его зажимах, остаточное напряжение на зажимах двигателей, при котором еще обеспечивается самозапуск, составляет $(0,55 - 0,66) U_{ном}$.

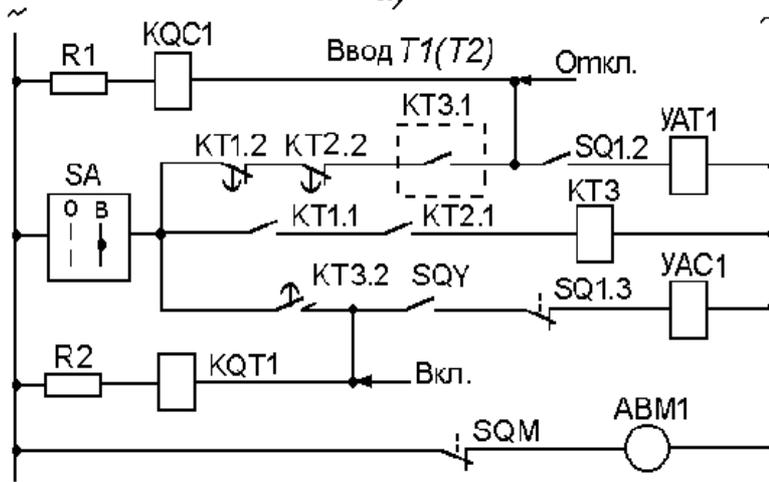
2. Схема УАВР трансформаторов

На рисунке 2.2 приведена схема АВР секционного выключателя на переменном оперативном токе для подстанции с двумя трансформаторами, питающимися ответвлениями от двух линий без выключателей на стороне высшего напряжения. Секционный выключатель Q3 нормально отключен. Оперативный ток для питания схемы автоматики подается от трансформаторов собственных нужд TU1 и TU2. Особенностью схемы является то, что при исчезновении напряжения на одной из линий (W1 или W2) устройство АВР включает секционный выключатель, а при восстановлении напряжения на линии автоматически восстанавливает нормальную схему подстанции.

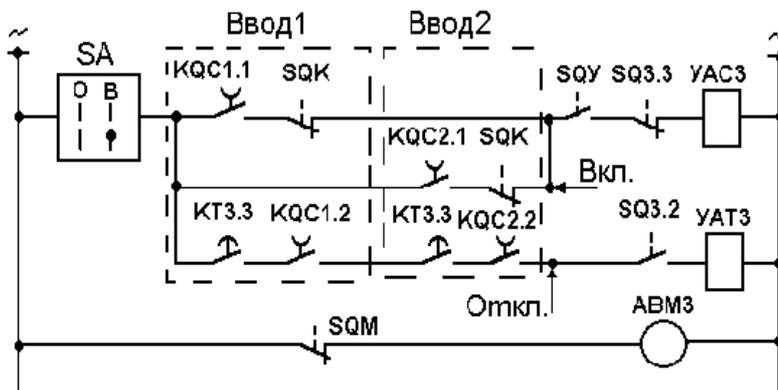
Основой пускового органа являются реле времени КТ1 и КТ2 типа РВ-215 (РВ-03), контакты которых КТ1.2 и КТ2.2 включены в цепь электромагнита отключения УАТ первого ввода последовательно с мгновенным контактом КТ3.1 реле времени КТ3 трансформатора Т2, которое контролирует наличие напряжения на этом трансформаторе. Обмотки реле КТ1 и КТ2 включены на разные трансформаторы (ТСН и ТН), что исключает ложное действие пускового органа из-за неисправности в цепях напряжения одного из них.



а)



б)



в)

Рисунок 2.2

а) поясняющая схема, б) цепи ввода 1, в) цепи секционного выключателя
Рисунок 2.2

Реле KT1, подключенное к трансформатору собственных нужд TU1, установленному до выключателя трансформатора T1, используется также для контроля за появлением напряжения на трансформаторе T1 при включении линии W1. В случае исчезновения напряжения на линии W1 запускаются реле времени KT1 и KT2 и размыкают свои мгновенные

контакты КТ1.1 и КТ2.1, снимая напряжение с обмотки реле времени КТ3 типа РВ-248. Это реле при снятии напряжения мгновенно возвращается в исходное положение, а при подаче напряжения срабатывает с установленной выдержкой времени.

Если действием АПВ линии напряжение не будет восстановлено (например, вследствие устойчивого КЗ на линии), то с заданной выдержкой времени (большей времени АПВ линии) замкнутся контакты реле времени КТ1.2 и КТ2.2 и создадут цепь на катушку отключения УАТ выключателя Q1. При отключении выключателя Q1 замкнется его вспомогательный контакт SQK в цепи катушки включения УАСЗ секционного выключателя Q3 и подаст ток через еще замкнутый контакт KQC1.1 реле однократности включения. Секционный выключатель включится и подаст напряжение на первую секцию подстанции. При этом подтянется реле времени КТ2, замкнет контакт КТ2.1 и разомкнет КТ2.2. Реле КТ1 останется без напряжения. Поэтому его контакт КТ1.1 останется разомкнутым, а реле времени КТ3 будет по-прежнему находиться в исходном положении, держа разомкнутыми все свои контакты. При восстановлении напряжения на линии W1 напряжение появится и на трансформаторе Т1, поскольку его отделитель оставался включенным. Реле КТ1 подтянется, замкнет контакт КТ1.1 и разомкнет КТ1.2. При замыкании контакта КТ1.1 начнет работать реле времени КТ3, которое своим проскальзывающим контактом КТ3.2 создает цепь на включение выключателя Q1, а упорным контактом КТ3.3 - на отключение секционного выключателя Q3, чем автоматически восстанавливается исходная схема подстанции. При этом цепь на отключение секционного выключателя создается только при условии, что включен выключатель Q2 трансформатора Т2.

Для действия автоматики все выключатели должны быть оснащены пружинными приводами, взводимыми с помощью двигателя АВМ через вспомогательные контакты SQM, при готовности привода замыкается контакт SQY.

Расчет уставок устройства АВР

Выдержка времени на возврат реле однократности включения KQC выбирается из условия обеспечения однократного включения выключателя резервной линии

$$t_{KQC} \geq t_{в.в.} + \Delta t;$$

где $t_{в.в.}$ - время включения выключателя; Δt - время запаса, обычно время t_{KQC} равно 0,5 - 1,0 с, $\Delta t = 0,3 - 0,5$ с.

Напряжение срабатывания (отпадания) минимальных реле напряжения KV1 и KV2 (рисунок 2.1) выбирается в интервале $(0,25-0,4)U_{ном}$ и проверяется по следующим двум условиям.

а) отстройка от минимального остаточного напряжения при трехфазных коротких замыканиях за сопротивлением реактора и (или) трансформатора в зоне действия защит на головной и данной подстанциях

$$U_{cp} \leq \frac{U_{ocm.min}}{k_n}, \quad (2.1)$$

где k_n - коэффициент надежности, $k_n = 1,2 - 1,3$.

б) отстройка от минимального напряжения при самозапуске электродвигателей на рабочей секции после отключения короткого замыкания или после подключения рабочей секции с двигателями на резервную секцию

$$U_{cp} \leq \frac{U_{c3n.min}}{k_n}, \quad (2.2)$$

Из полученных по формулам (2.1),(2.2) значений k установке принимается меньшее, но обычно не более 25-40% номинального напряжения.

Напряжение возврата блокирующего максимального реле напряжения KV3, контролирующего напряжение на резервной линии, обычно равно $0,65 U_{ном}$ и проверяется по условию отпадания при минимальном рабочем напряжении

$$U_{в} \geq \frac{U_{раб.мин.}}{K_{н} K_{в}}$$

где $U_{раб.мин.}$ - минимальное рабочее напряжение, обычно $0,9 U_{ном}$; $K_{в} = 1,25$, коэффициент возврата реле, $K_{н} = 1,1 - 1,2$ - коэффициент надежности.

Тогда его напряжение срабатывания (притягивания) равно $U_{ср} = 0,8 U_{ном}$.

В схемах ПОН на реле времени с отпадающим якорем типа РВ-215 ... РВ-245 уставки по напряжению не рассчитываются и не настраиваются, но при наладке проверяется напряжение отпадания, которое не должно быть выше $0,55 U_{ном}$.

Выдержка времени реле времени КТ выбирается на ступень селективности $\Delta t = 0,5с$ больше максимальной выдержки времени защиты, действующей при коротком замыкании на присоединениях, отходящих от шин головной подстанции

$$t_{кт} \geq t_{рз1} + \Delta t, \quad (2.3)$$

а также на ступень селективности больше максимальной выдержки времени защиты, действующей при коротком замыкании на присоединениях, отходящих от шин обслуживаемой подстанции

$$t_{кт} \geq t_{рз2} + \Delta t.$$

При наличии на питающей линии устройства АПВ его выдержка времени добавляется к значению $t_{кт}$ по формуле (2.3). К установке принимается наибольшая выдержка времени.

Методические указания

1. Ознакомиться со схемой панели АВР (рисунок 2.2); найти все элементы ПОН, записать в отчет тип реле, их данные и уставки в виде таблицы согласно примеру.

Таблица 2.1 - Перечень элементов к панели АВР

Поз. обозначение	Наименование	Тип	Уставки	Кол-во	Примечание
КТ1, КТ2	реле времени	РВ - 215	2с	2	220 В

2. Отключить питание панели автоматами SF1 - SF3 (в шкафу), настроить реле согласно предварительному расчету или указаниям преподавателя.

Вывести АВР из работы переключателем SA. Подать питание на панель от внешних линий автоматами SF1 - SF2, оперативный ток автоматом SF 3 (сбоку). Установить нормальный режим работы подстанции (выключатели вводов Q1 и Q2 включены, секционный выключатель Q3 отключен), пользуясь кнопками управления.

3. Ввести в работу АВР переключателем SA. Провести испытание УАВР в следующих режимах:

- при оперативных переключениях выключателей Q1 - Q3 (АВР введено, выведено);
- при поочередном исчезновении-восстановлении напряжения питающей линии W1 и W2, имитируемой автоматом SF1 (SF2);
- при одновременном и разновременном исчезновении напряжения на обеих линиях.

4. Построить временные диаграммы работы элементов УАВР для режимов снятия-поддачи напряжения источника автоматом SF1 (SF2) в реальном масштабе времени.

5. Вывести панель АВР из работы автоматами SF1 - SF3, поднять флажки указательных реле.

Содержание отчета

1. Цель работы и задание.
2. Принципиальные схемы устройств АВР на постоянном и переменном оперативном токе; перечень реле УАВР с техническими данными и уставками в виде таблицы;
3. Перечень режимов, в которых произведено опробование УАВР, с результатами испытаний.
4. Временную диаграмму работы УАВР.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена автоматика АВР?
2. Классификация устройств АВР.
3. Требования, предъявляемые к схемам АВР.

Лабораторная работа №3 Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)

Цель работы

Изучить классификацию, требования, схемы и принцип действия устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР) и частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ).

Основные теоретические положения

Установившийся режим работы любой энергосистемы характеризуется равенством $P_{\Gamma} = P_{\text{н}}$ генерируемой P_{Γ} и потребляемой $P_{\text{н}}$ (включая потери в передаче) активных мощностей. Угловая частота вращения турбин и частота переменного тока в энергосистеме поддерживаются при этом постоянными.

При внезапном изменении мощности P_{Γ} или $P_{\text{н}}$ приведенное выше равенство нарушается, так как нарушается равенство механической мощности турбины $P_{\text{т}}$ и электрической мощности генератора P_{Γ} и частота переменного тока в энергосистеме изменяется. Отключение части генерируемой мощности или подключение потребителей вызовет появление дефицита мощности в системе. Оставшиеся в работе генераторы начнут тормозиться током нагрузки и частота в энергосистеме будет снижаться. Регуляторы частоты и скорости турбин при этом придут в действие, мобилизуя вращающийся резерв генераторной мощности $P_{\text{рез}}$. Если резерв генераторной мощности достаточен для компенсации отключившейся мощности, то через некоторое время частота в системе восстановится до нормальной. Если же резерв генераторной мощности недостаточен, то вследствие дефицита мощности равновесие установится при каком-то новом сниженном значении частоты, соответствующем мощности, потребляемой нагрузкой.

Мощность $P_{\text{н}}$, потребляемая приемниками электрической энергии, зависит от частоты. Для различных групп потребителей эта зависимость различна. Уменьшение мощности, потребляемой нагрузкой при снижении частоты (регулирующий эффект нагрузки), характеризуется коэффициентом

$$k_n = \frac{\frac{P_{н,ном} - P_n}{P_{н,ном}}}{\frac{f_{ном} - f}{f_{ном}}} = \frac{\Delta P_n \cdot f_{ном}}{\Delta f \cdot P_{н,ном}},$$

где $\Delta P_n = P_{н,ном} - P_n$; $\Delta f = f_{ном} - f$, а $P_{н,ном}$ и $f_{ном}$ - соответственно номинальные мощность нагрузки и частота.

Коэффициент регулирующего эффекта нагрузки k_n показывает, на сколько процентов уменьшается потребление активной мощности нагрузкой на каждый процент снижения частоты.

Новое значение частоты f_1 (Гц), при которой вновь устанавливается равновесие в энергосистеме,

$$f_1 = f_0 \left[1 - \frac{\Delta P_z - \Delta P_n}{(P_{н,ном} - \Delta P_n) k_n} \right],$$

где ΔP , P_n - в любых одинаковых единицах, а время, за которое частота снизится от f_0 до f_1 при дефиците ΔP_r , равно

$$t = \tau_f \cdot \ln \frac{\Delta f}{f_0 - f_1 + \Delta f},$$

где τ_f - частотная постоянная энергосистемы.

Для восстановления частоты в энергосистеме необходимо устранить дефицит мощности путем мобилизации резерва располагаемой мощности генераторов или отключения части потребителей ΔP_n . Автоматическое отключение потребителей в таких случаях называется аварийной частотной разгрузкой (АЧР).

Понижение частоты уменьшает производительность механизмов собственных нужд тепловых электростанций, что в свою очередь влечет за собой уменьшение генерируемой мощности и дальнейшее снижение частоты. Поэтому отключение потребителей необходимо в первую очередь для того, чтобы предотвратить "лавину" частоты и развитие аварий, приводящих к останову электростанции и потере питания механизмов собственных нужд.

Системы АЧР разбиваются на три категории:

а) АЧР I - быстродействующая разгрузка, имеющая различные уставки по частоте и практически одинаковую по времени, предназначена для предотвращения снижения частоты.

б) АЧР II - разгрузка с выдержкой времени, имеющая практически общую уставку по частоте и различные уставки по времени, предназначена для подъема частоты после действия АЧР I, предотвращения зависания частоты или ее снижения при сравнительно медленном аварийном увеличении дефицита мощности.

в) дополнительная разгрузка, действующая при местном дефиците мощности по дополнительным признакам аварийной ситуации (снижению напряжения, отключению выключателя связи с другой системой, скорости снижения частоты), предназначена для ускорения разгрузки и увеличения ее объема при больших (порядка 45% и более) дефицитах мощности, а также в случае опасных дефицитов реактивной мощности ("лавине" напряжения).

Выполненная таким образом система АЧР органически согласована с процессом изменения частоты. По мере снижения частоты срабатывают устройства АЧР I со все более низкими уставками по частоте или устройства АЧР II со все более дальними уставками по времени. Это позволяет осуществить "самонастраивающуюся" систему АЧР, обеспечивающую отключение потребителей, суммарная мощность которых практически во

всех случаях соответствует величине возникшего дефицита. Чем больше число очередей и, следовательно, меньше величина нагрузки, отключаемой каждой очередью, тем более гибкой становится вся система разгрузки. Одно устройство АЧР содержит, как правило, одну очередь каждой из категорий АЧРІ, АЧРІІ и схему автоматического повторного включения (ЧАПВ) потребителей, отключённых действием АЧР.

При восстановлении частоты напряжения энергосистемы до 49-49,5 Гц производится автоматическое повторное включение потребителей, отключенных от АЧР, действием устройств ЧАПВ.

Схемы АЧР с ЧАПВ выполняются в виде центральных устройств, общих для секции шин, нескольких секций или отдельных подстанций, и индивидуальных цепей, устанавливаемых на отдельных присоединениях. Выходные цепи центральных устройств АЧР и ЧАПВ выполняются в виде центральных шинок ШАЧР и ШЧАПВ, к которым подключаются исполнительные реле устройств АЧР и ЧАПВ присоединений.

Схемы устройств АЧР с ЧАПВ

1. Схема УАЧР на реле ИВЧ-3 с одной очередью

Схема центрального устройства АЧР с ЧАПВ на переменном оперативном токе с одним индукционным реле частоты типа ИВЧ-3 приведена на рисунке 3.1.

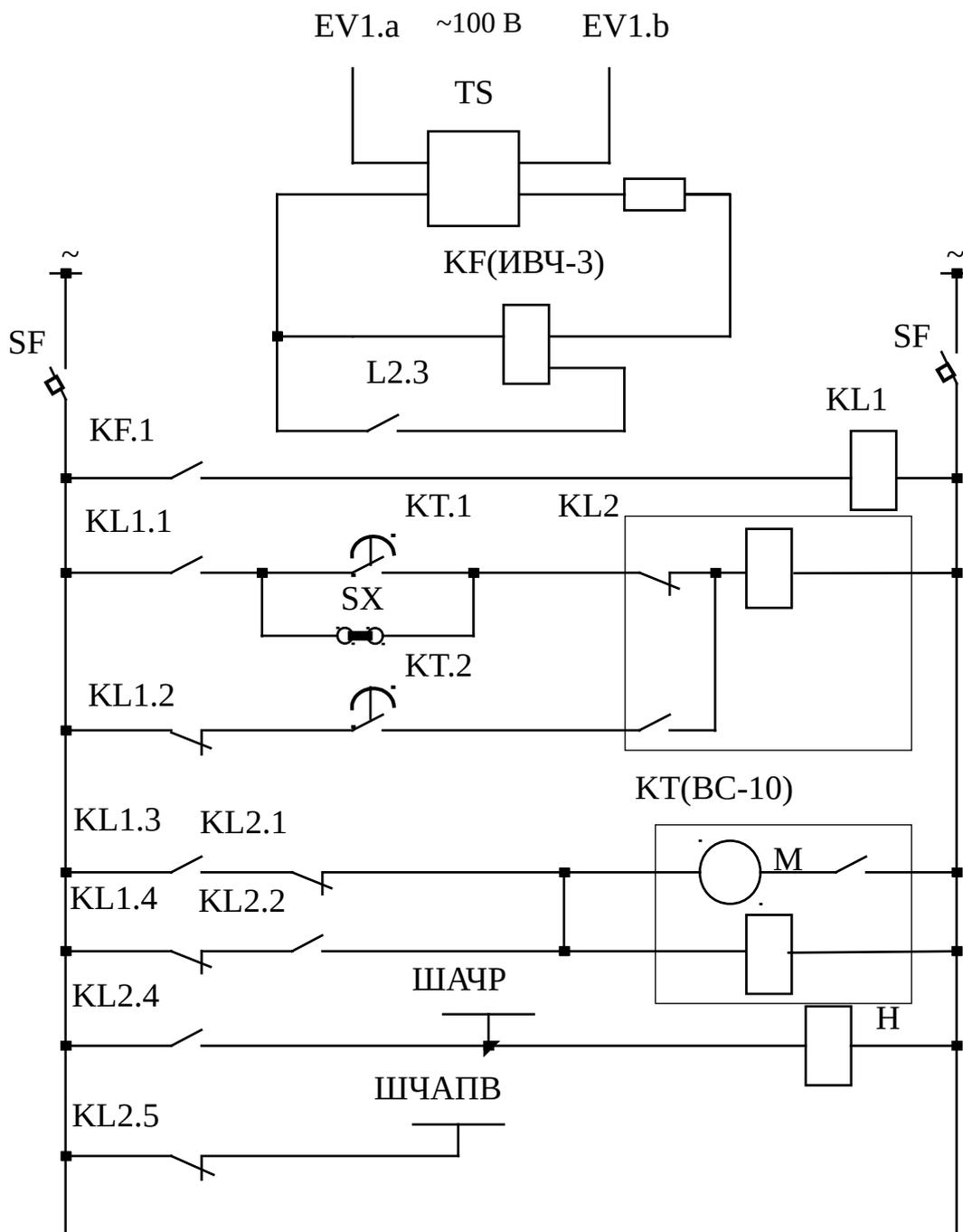


Рисунок 3.1

Для создания выдержки времени очереди категории АЧРІІ и ЧАПВ в схеме используется программное реле времени КТ (реле ВС-10 с микродвигателем) с питанием от сети напряжением 220В. При снижении частоты до уставки срабатывания реле частоты КF замыкается его контакт КF.1 и срабатывает реле КL1. В дальнейшем действие схемы зависит от выбора категории разгрузки. Если накладка SX снята, то выходное двухпозиционное реле КL2 срабатывает через выдержку времени реле КТ (контакт КТ.1), то есть осуществляется действие разгрузки АЧРІІ. При установленной накладке SX реле КL2 срабатывает сразу же после реле КL1 и подает контактом КL2.4 напряжение на шинку ШАЧР. Устройство сработает как АЧРІ, индикация срабатывания производится указательным реле КН.

После срабатывания реле КL2 контактом КL2.3 изменяется уставка реле частоты (увеличивается частота возврата), и реле КF переключается на уставку ЧАПВ; контактом КL2.1 разрывается цепь питания микродвигателя реле времени КТ, которое возвращается в исходное состояние.

При увеличении частоты до уставки ЧАПВ отпадают реле KF и KL1. Последнее контактом KL1.4 пускает реле времени и через выдержку времени ЧАПВ (контакт КТ.2) реле KL2 переключается и подает питание на шинку ШЧАПВ контактом KL2.5.

Уставка реле ИВЧ-3 зависит от величины контролируемого напряжения, поэтому его вход подключен к трансформатору напряжения через стабилизатор напряжения TS.

Организация цепей АЧР-ЧАПВ в ячейках отходящих присоединений осуществляется обычно двумя способами: с помощью обычного промежуточного (рисунок 3.2, а) или двухпозиционного реле (рисунок 3.2, б)

В случае применения обычного промежуточного реле шинки ШЧАПВ не используются и ЧАПВ выполняется при снятии напряжения с шинок ШАЧР и возврате реле

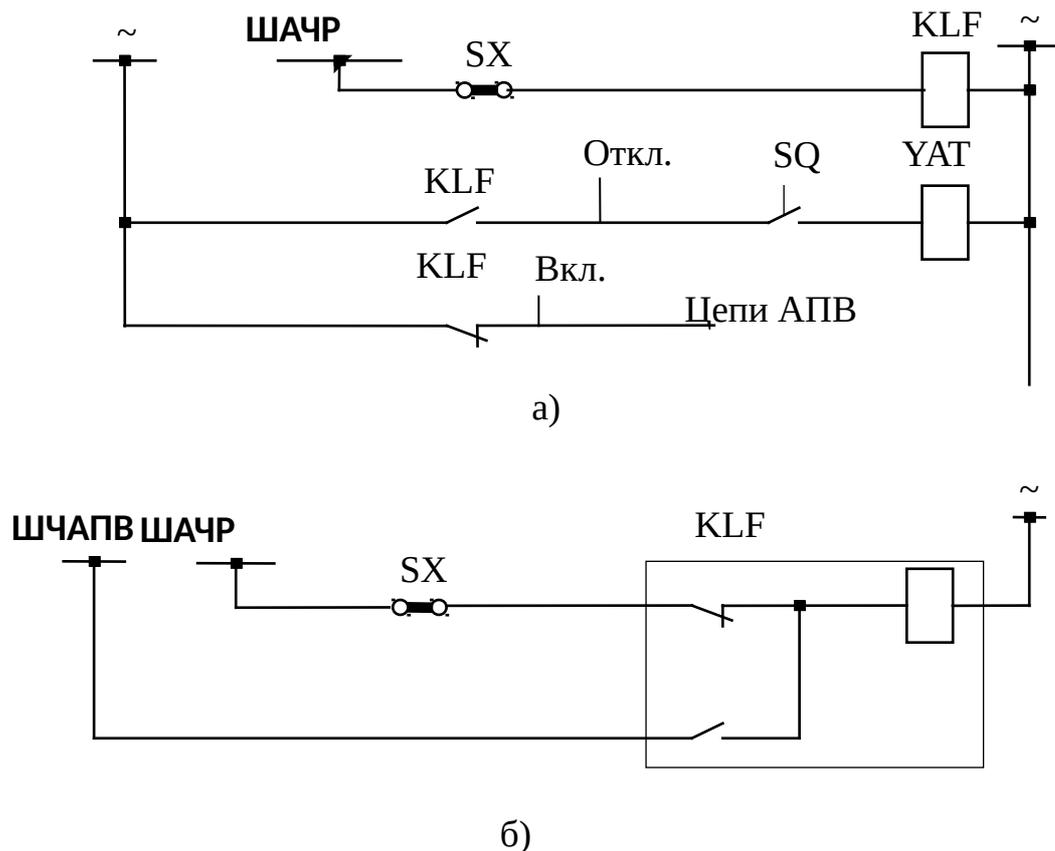


Рисунок 3.2

KLF. Если же применяется двухпозиционное реле, то повторное включение осуществляется лишь после подачи напряжения на шинку ШЧАПВ и возврата реле KLF в исходное состояние.

При появлении напряжения на шинке ШАЧР срабатывает индивидуальное реле KLF, одним контактом замыкая цепь отключения выключателя, а другим разрывая цепь пуска реле АПВ. После возврата реле KLF в исходное состояние его размыкающий контакт подает сигнал на пуск комплектного реле АПВ, выполняющего автоматическое повторное включение выключателя. Если отключение линии от АЧР не предусмотрено, накладка SX в ячейке должна быть разомкнута.

2 Панель АЧР на постоянном оперативном токе

Устройство содержит два реле частоты KF1 и KF2, обеспечивающих одну очередь АЧР I и одну очередь АЧР II с общим ЧАПВ (рисунок 3.3). При аварийном снижении частоты первым срабатывает реле KF2 с более высокой уставкой и через повторитель KL4 запускает

реле времени КТ2. Если частота продолжает снижаться и достигает уставки КФ1, через повторитель КЛ3 включается двухпозиционное реле КЛ1. Одним контактом этого реле подается напряжение на шинку АЧР1, к которой подключены индивидуальные реле питающих линий, другим производится переключение КФ1 на уставку ЧАПВ.

Если частота продолжает оставаться ниже уровня уставки реле КФ2, срабатывает КТ2 и переключает двухпозиционное реле КЛ2. Последнее одним контактом запитывает шинку АЧР2, а вторым переводит на уставку ЧАПВ реле КФ2. Следующий этап работы устройства реализуется только после подъема частоты до уставки ЧАПВ и выше. В этом случае реле понижения частоты КФ1 и КФ2 размыкают контакты, реле повторители КЛ3 и КЛ4 обесточиваются, запуская своими контактами реле времени ЧАПВ КТ3. По истечении заданной уставки по времени реле КТ3 возвращает в исходное положение двухпозиционные реле КЛ1 и КЛ2, снимающие напряжение с шинок АЧР. Благодаря этому отпадают индивидуальные реле АЧР в ячейках отходящих линий и производится частотное АПВ. Одновременно контакты реле КЛ1(КЛ2) переводят реле КФ1(КФ2) на уставку очереди АЧР I (АЧР II).

Расчет уставок устройств АЧР с ЧАПВ

1. Уставки устройств АЧР

Верхний предел уставок по частоте для устройства категории АЧР1 принят 48,5 Гц, нижний - 46,5 Гц. В указанном диапазоне частот очереди АЧР1 распределяются примерно

равномерно с шагом по частоте не менее $\Delta f = 0,1$ Гц. Для всех очередей устройств категории АЧРІІ принимается единая уставка по частоте, равная верхнему пределу уставок устройств

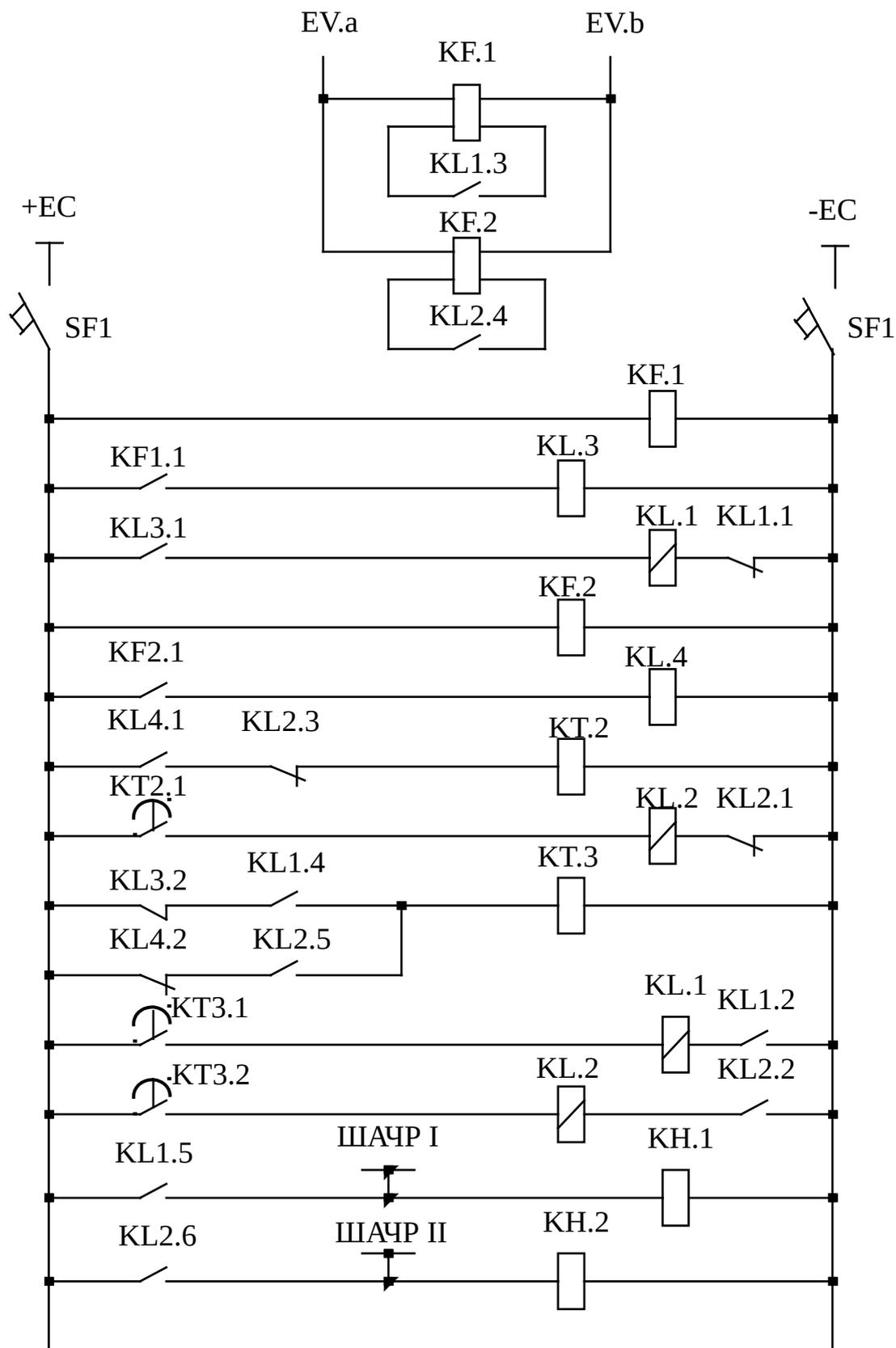


Рисунок 3.3

АЧРІ или несколько больше (до 0,5 Гц), но не выше 48,8 Гц.

Выдержка времени устройств быстродействующей категории разгрузки АЧР I с реле РЧИ выбирается минимальной по условиям предотвращения ложной работы (клевков) реле частоты при подаче и снятии напряжения. Для этого достаточна выдержка времени 0,15-0,3 с. Минимальная начальная уставка по времени устройств АЧР II составляет 5-10 с, максимальная конечная-60 с, а в условиях возможной мобилизации мощности на ГЭС - 70-90 с. Интервалы выдержек времени между смежными очередями АЧР II принимаются не менее $t = 3с$.

Мощность нагрузки, подключаемой к устройствам АЧР I и АЧР II, должна быть достаточной для ликвидации любого реально возможного дефицита мощности.

Мощность нагрузки, подключаемой к устройствам АЧР I, определяется по максимальному дефициту мощности с учетом 5%-ного запаса:

$$P_{ачрI} \leq P_{д.м.} + 0,05 P_{н ном} - P_{г.р.},$$

где $P_{д.м.}$ - максимальный дефицит мощности;

$P_{н ном}$ - мощность нагрузки в исходном режиме до возникновения дефицита мощности;

$P_{г.р.}$ - величина учитываемой части гарантированного резерва мощности на ТЭС, обеспечиваемого производительностью парогенераторов.

Мощность нагрузки, подключаемой к устройствам АЧР II, с учетом рекомендуемых запасов принимается равной

$$P_{ачрII} \leq 0,4 P_{ачрI},$$

но не менее $0,1 P_{н ном}$. Возможность мобилизации на ГЭС, как правило, не учитывается и идет в запас. Исключение составляет гарантированный запас мощности на ГЭС, который принимается во внимание с учетом фактического времени его мобилизации.

При совмещенном действии АЧР I и АЧР II на отключение одного и того же потребителя суммарный объем отключаемой нагрузки

$$P_{ачр} = (P_{д.м.} + 0,05) + 0,1 = P_{д.м.} + 0,15.$$

Таким образом, совмещение действия очередей позволяет при больших расчетных дефицитах существенно сохранить объем нагрузки, подключаемой к АЧР.

Выбранные объемы мощности нагрузки распределяются примерно равномерно по очередям в принятых диапазонах уставок по частоте (для АЧР I) и времени (для АЧР II) с учетом степени ответственности потребителей: менее ответственная нагрузка подключается к более ранним очередям АЧР I или АЧР II.

Уставки устройств ЧАПВ

Частотное АПВ выполняется однократным в виде нескольких очередей как с единой уставкой по частоте, так и с различными в диапазоне 49,2-50 Гц. При использовании АЧР для обеспечения результирующей устойчивости энергосистемы частота срабатывания ЧАПВ принимается ближе к 50 Гц, т.е. выше частоты ресинхронизации. В случае различных уставок устройств ЧАПВ по частоте более высоким уставкам должны соответствовать большие выдержки времени.

Минимальная начальная уставка устройств ЧАПВ по времени равна 10-20с. Максимальная конечная выбирается, исходя из конкретных условий работы энергосистемы и возможности ликвидации дефицита мощности. Минимальный интервал по времени между смежными очередями ЧАПВ в пределах энергосистемы или отдельного узла принимается 5 с.

Нагрузка распределяется между очередями ЧАПВ по возможности равномерно с учетом ответственности потребителей: более ответственная нагрузка должна включаться раньше.

Задание

Изучить схему и принцип действия устройств АЧР на переменном и постоянном оперативном токе. Объяснить поведение оборудования и автоматики в режимах дефицита

мощности в энергосистеме. Осуществить настройку уставок АЧР-ЧАПВ на реле РЧ-I согласно указаниям преподавателя, найти по схеме и на панели все элементы УАЧР.

Провести экспериментальные исследования устройства АЧР на панели, составить отчет по лабораторной работе.

Методические указания

1. Ознакомиться с панелью АЧР, найти все элементы схемы (рисунок 3.3), записать в отчет их тип и данные в виде таблицы.

Таблица 3.1 - Перечень элементов к панели АЧР

Поз. обозначение	Наименование	Тип	Уставки	Кол-во	Примечание
KF1	реле частоты	РЧ-1	47,5Гц/49,2Гц 0,3 с	1	220В
KF2	реле частоты	РЧ-1	48,5Гц/49,2Гц 0,3 с	1	220В

2. Осуществить настройку уставок УАЧР согласно расчету или указаниям, ознакомиться с органами управления генератора технической частоты ГТЧ-1 (смотри приложение А).

3. Включить питание панели (автомат SF), включить ГТЧ, подать напряжение 100 В, 50 Гц от генератора на входные цепи реле частоты.

4. Произвести опробование работы реле частоты встроенными кнопками при частоте сети 50 Гц, убедиться в действии элементов соответствующих схем АЧР-I, АЧР-II, ЧАПВ.

5. Задав на ГТЧ скорость изменения частоты, произвести автоматическое опробование работы панели АЧР при снижении и повышении частоты напряжения в двух режимах - при минимальной и максимальной скорости изменения частоты.

6. Построить временные диаграммы работы реле устройства АЧР и ЧАПВ для исследованных режимов максимального и минимального дефицита активной мощности в реальном масштабе времени.

7. Отключить питание панели АЧР, поднять флажки указательных реле.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Принципиальные схемы устройств АЧР на переменном и постоянном оперативном токе.
3. Перечень реле панели АЧР с техническими данными и уставками в виде таблицы.
4. Временные диаграммы работы УАЧР для двух режимов.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена автоматика АЧР?
2. Категории систем АЧР.
3. Схемы устройств АЧР с ЧАПВ, принцип действия.

Список литературы

Основная:

1 Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем.- М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 504 с.

Дополнительная:

2 Автоматика электроэнергетических систем. Учебное пособие. О.П. Алексеев, В.Е. Казанский, В.Г. Козис и др. Под ред. В.Л. Козиса и Н.И. Овчаренко -М.:Энергоиздат, 1981 – 480 с.

3 Беркович М.А., Гладышев В.А., Семенов В.А. Автоматика энергосистем. – М.: Энергоиздат, 1991 – 240 с.

4 Электротехнический справочник. Под общ.ред. профессоров МЭИ (гл.ред.Орлов) в 3 т. Т.3 в 2 кн. Кн. 1, 1988.

5 Барзам А.Б. Системная автоматика. – М.: Энергоиздат, 1989 – 446 с.

6 Релейная защита и автоматика питающих нужд тепловых электростанций. Байтер И.И., Богданова Н.А., - М.: Энергоатомиздат, 1989.