



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Энергетика, автоматика и системы коммуникаций»

Сборник задач по дисциплине

«Технологическая и противоаварийная автоматика в электроэнергетических системах»

Автор
Шелест В.А.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для подготовки магистров заочной формы обучения по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и ОПОП «Интеллектуальные электроэнергетические системы».

Рецензент: д.т.н., профессор Цыгулев Н.И.

Автор

к.т.н., доцент, профессор кафедры «ЭАиСК» Шелест В.А.



Оглавление

Введение.....	4
Общий порядок проведения лабораторных работ	5
Лабораторная работа № 1 АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.....	6
Лабораторная работа № 2 АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА.....	10
Лабораторная работа № 3 АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЗЕРВА	14
ПИТАЮЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ.....	14
Лабораторная работа № 4 АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА.....	18
Лабораторная работа №5 УСТРОЙСТВО ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ГЕНЕРАТОРОВ	23
Лабораторная работа №6 УСТРОЙСТВА ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА	27
Список использованных источников	35

ВВЕДЕНИЕ

В настоящих указаниях рассматриваются принципы работы технологической автоматики, управляющей процессом производства и распределения электрической энергии. Рассматриваются вопросы регулирования на электростанции активной и реактивной мощностей, частоты и напряжений на сборных шинах.

Изучаются методы автоматического восстановления электроснабжения потребителей при повреждениях на линиях электропередач и электрических подстанциях.

Успешному выполнению лабораторных работ способствует знание основ электроники и релейной защиты.

Исследования с целью изучения принципов работы автоматических устройств выполняются на лабораторных стендах.

Лабораторные стенды соответствуют современным требованиям к учебному лабораторному оборудованию и позволяют студентам получить необходимые знания в рамках рабочей программы.

Методика проведения лабораторных работ содержит элементы научных исследований.

В методических указаниях обозначается цель выполняемой работы, даются общие сведения по теме лабораторной работы, подробно изложен порядок выполнения эксперимента, указаны требования к содержанию отчета и приведены контрольные вопросы.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Необходимо знать и строго выполнять все правила техники безопасности при работе в лаборатории.
2. Выполнению лабораторной работы предшествует предварительная подготовка, включающая ознакомление с содержанием работы и изучение теоретического материала.
3. Следующим этапом является получение допуска к выполнению лабораторной работы. Допускаются к работе студенты, представившие оформленный отчет по предыдущей работе, а также показавшие достаточную подготовку к следующей лабораторной работе.
4. По окончании работы на стенде студент сообщает преподавателю полученные результаты, чтобы при необходимости можно было повторить опыт или внести необходимые коррективы.
5. При получении зачета по лабораторной работе студент предъявляет преподавателю индивидуальный отчет, выполненный в Word и оформленный в соответствии с существующими требованиями. Затем отвечает на вопросы типа: «что делал?, как делал? , какой получил результат? и какие сделали выводы?»
6. Студенты, не получившие допуск или не участвующие активно в проведении лабораторной работы, отстраняются от дальнейшего ее выполнения. Эти студенты и студенты, которые пропустили лабораторные занятия, пишут реферат по теме лабораторной работы, получают у преподавателя допуск и отрабатывают лабораторную работу под контролем учебно-вспомогательного персонала.
7. Студент может проявить инициативу и предложить дополнительные исследования по тематике лабораторных работ. Интересные результаты можно доложить на конференции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

1. Цель работы

В процессе выполнения работы изучить принцип действия и схемы типового устройства релейной защиты и автоматики линии электропередачи, содержащего максимальную токовую защиту с независимой выдержкой времени и устройство автоматического повторного включения.

2. Общие сведения

Устройства автоматического повторного включения линий электропередач получили широкое распространение в распределительных сетях систем электроснабжения. В первую очередь это вызвано тем, что по статистическим данным около 60% коротких замыканий на воздушных линиях электропередач являются самоустраняющимися. В этой ситуации, повторное включение электропередачи, отключенной действием релейной защиты, в большинстве случаев приводит к восстановлению нормального режима работы. При этом, перерыв электроснабжения потребителей определяется только быстродействием релейной защиты и АПВ.

Требования к АПВ:

а) АПВ должны выполняться с выдержкой времени, чтобы создать бестоковую паузу после отключения линии устройством релейной защиты, что обеспечивает благоприятные условия для деионизации дугового промежутка в месте повреждения;

б) АПВ должно выполняться с фиксированной кратностью действия для предотвращения многократного включения электропередачи на устойчивое короткое замыкание;

в) АПВ должно выполняться с автоматическим возвратом для обеспечения автоматической готовности АПВ к следующим циклам работы в случаях его успешного действия (самоустраняющегося короткого замыкания);

г) АПВ должно учитывать положение ключа управления выключателем для предотвращения срабатывания АПВ при отключении электропередачи оперативным персоналом и т.д.

Для обеспечения этих и других требований в устройствах АПВ применяются специализированные реле повторного включения типа РПВ-01 и т.п.

В лабораторной работе предлагается исследовать простейшую схему АПВ, реализованную с применением типовых реле. При этом схема не обеспечивает того многообразия функций, которые реализованы в специализированных реле, но позволяет наглядно представить принцип действия рассматриваемого вида противоаварийной автоматики.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с принципом действия и схемами максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени и автоматики повторного включения линий электропередач с односторонним питанием.

3.2. Ответить на контрольные вопросы.

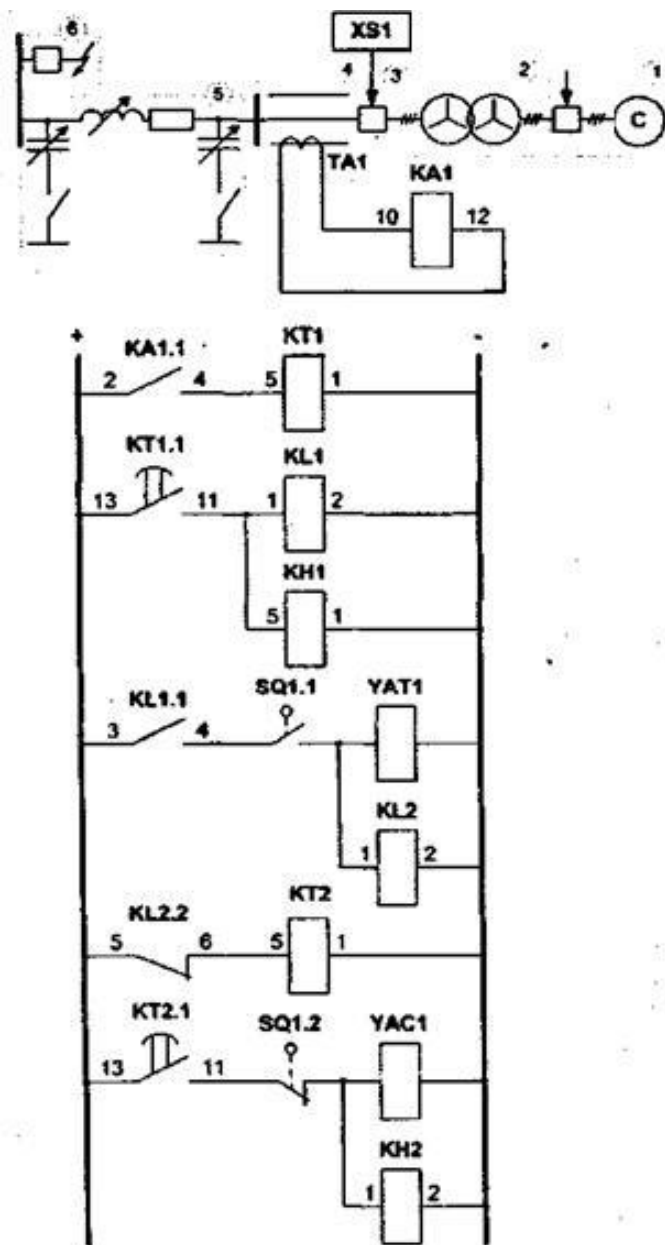


Рис. 1.1 - МТЗ и АПВ электропередачи с односторонним питанием

3.3.Собрать схему испытания защиты, показанную на рис. 1.1. Схема защищаемого объекта представляет собой трехфазный источник питания 1 (модуль трехфазной сети) через трансформатор связи 2, выключатель 3 и измерительный трансформатор тока 4, запитывающий линию электропередачи 5. Трехфазное короткое замыкание в конце линии создается с помощью выключателя 6. Схема релейной защиты и автоматики содержит пусковое реле тока KA1, включенное на ток вторичной обмотки измерительного трансформатора TA1. В качестве источника оперативного тока (клеммы «+» и «-») используются клеммы оперативного тока, расположенные модуле питания стенда. Промежуточные реле KL1, KL2, указательные реле KH1, KH2 и реле времени KT2 находятся в модуле «Дополнительные реле». В качестве реле времени KT1 используется модуль «Реле времени», содержащий физическое реле типа РВ-01. Обмотки электромагнитов включения YAC1 и отключения YAT1, а также блок-контакты выключателя SQ1.1, SQ1.2 находятся на модуле управления выключателями. Модуль управления выключателями обеспечивает ручное и/или автоматическое управление

трехфазными выключателями стенда. Для использования данного модуля необходимо соединить разъем XS1 выключателя с соответствующим разъемом XS1 или XS2 модуля управления выключателями стандартным кабелем DB9-DB9 и перевести переключатель режима управления выключателем в положение «Авт». После этого, можно подавать команды на включение/отключение выключателя вручную кнопками с модуля управления выключателями или автоматически, подавая ток в электромагниты включения/отключения, расположенные на этом же модуле.

3.4. Переключатели режима управления выключателями модулей 1, 3 и 6 перевести в положение «Руч». Установить параметры линии электропередачи: максимальное значение продольной составляющей (переключатель SA1 в положение 3); минимальное значение поперечной составляющей (переключатель SA2 в положение 2).

3.5. На лицевой панели реле тока KA1 установить минимальный ток срабатывания реле. На лицевой панели реле времени KT1 установить выдержку времени МТЗ 3,5 с. На лицевой панели реле времени KT2 установить выдержку времени АПВ 6 с.

3.6. Включить питание стенда автоматом QF1 модуля питания стенда. Включить питание модуля трехфазной сети переключателем SA1 «Сеть». Включить выключатель модуля трехфазной сети. Включить питание модуля реле тока переключателем «Питание» на лицевой панели модуля. Подать команду на включение выключателя линии электропередачи кнопкой «Вкл», расположенной на модуле выключателя 3.

3.7. Ввести в действие устройство релейной защиты и автоматики. Для этого, переключатель SA2 на модуле выключателя 3 перевести в положение «Авт». Сбросить состояние указательных реле КН1 и КН2 кнопками «Возврат» на модуле дополнительных реле.

3.8. Создать короткое замыкание, включив выключатель 6. При правильно выбранных уставках реле, защита должна сработать через 3,5 с отключив выключатель 3. При этом, срабатывает указательное реле КН1, показывая, что сработала защита.

3.9. Сразу же после срабатывания защиты отключить выключатель 3, для имитации само устраняющегося короткого замыкания. Через 6с срабатывает АПВ, автоматически включая выключатель 3. При этом, срабатывает указательное реле КН2, показывая, что сработало АПВ.

3.10. Создать короткое замыкание, включив выключатель 6 для имитации устойчивого короткого замыкания. Наблюдать за действиями релейной защиты и автоматики в течении нескольких циклов работы (включения/отключения выключателя 3).

3.11. Отключить короткое замыкание, отключив выключатель 6.

3.12. После срабатывания АПВ вывести устройство релейной защиты и автоматики из работы. Для этого, переключатель SA2 на модуле выключателя 3 перевести в положение «Руч».

3.13. Подать команду на отключение выключателя линии электропередачи кнопкой «Откл», расположенной на модуле выключателя 3. Отключить выключатель модуля трехфазной сети. Отключить питание модуля реле тока переключателем «Питание» на лицевой панели модуля. Отключить питание модуля трехфазной сети переключателем SA1 «Сеть». Отключить питание стенда автоматом QF1 модуля питания стенда

3.14. Сделать выводы о недостатках исследуемой схемы. Оформить отчет по лабораторной работе.

4 Содержание отчета

- 4.1. Наименование и цель лабораторной работы.
- 4.2. Схема АПВ ЛЭП.
- 4.3. Краткие ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Назначение АПВ.
- 5.2. Как требования предъявляются к устройствам АПВ?
- 5.3. Для чего АПВ выполняется с выдержкой времени?
- 5.4. Почему АПВ имеют заданную кратность действия?
- 5.5. Как влияет положение ключа управления выключателем на АПВ?
- 5.6. Как работает схема максимальной токовой защиты ЛЭП?
- 5.7. Как работает схема АПВ ЛЭП.
- 5.8. Как выбираются уставки АПВ?
- 5.9. Зачем в формуле расчета тока срабатывания измерительного органа защиты используется коэффициент схемы?
- 5.10. Для каких линий используют устройства АПВ?
- 5.11. Сколько повторных включений обеспечивают устройства АПВ воздушных ЛЭП?
- 5.12. Какие элементы схемы управления выключателем защищаемого присоединения являются пусковыми для схемы АПВ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА

1. Цель работы

В процессе выполнения работы изучить принцип действия и схемы типового устройства релейной защиты и автоматики силовых трансформаторов, содержащего максимальную токовую защиту с независимой выдержкой времени и устройство автоматического повторного включения, выполненного на релейно-контактной схеме.

2. Общие сведения

Устройства автоматического повторного включения трансформаторов применяются на однострансформаторных подстанциях и обеспечивают существенное сокращение времени перерыва электроснабжения потребителей. Вероятность успешной работы АПВ трансформатора существенно ниже по сравнению с линиями электропередач, так как существенный процент повреждений силовых трансформаторов вызван внутренними повреждениями (межвитковые короткие замыкания и др.) относящимися к устойчивым видам коротких замыканий. Однако, на подстанциях расположенных в удаленных и труднодоступных местах применение АПВ — это единственный способ минимизировать ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителям.

В дополнение к основным требованиям, предъявляемым к АПВ (АПВ линий электропередач), АПВ трансформаторов должны предусматривать блокировку при срабатывании специфических защит, таких как газовая защита трансформатора. Кроме того, АПВ трансформатора выполняется однократным.

Основным условием для обеспечения эффективности действия АПВ является необходимость в бестоковой паузе после отключения трансформатора действием релейной защиты, что обеспечивает благоприятные условия для деионизации дугового промежутка в месте повреждения. С этой целью устройства АПВ выполняются с выдержкой времени, которая должна быть больше времени деионизации.

В лабораторной работе предлагается исследовать простейшую схему АПВ, реализованную с применением типовых реле. При этом схема не обеспечивает того многообразия функций, которые реализованы в специализированных реле, но позволяет наглядно представить принцип действия рассматриваемого вида противоаварийной автоматики.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомиться с принципом действия и схемами максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени и автоматики повторного включения силовых трансформаторов на однострансформаторных подстанциях.

3.2. Ответить на контрольные вопросы.

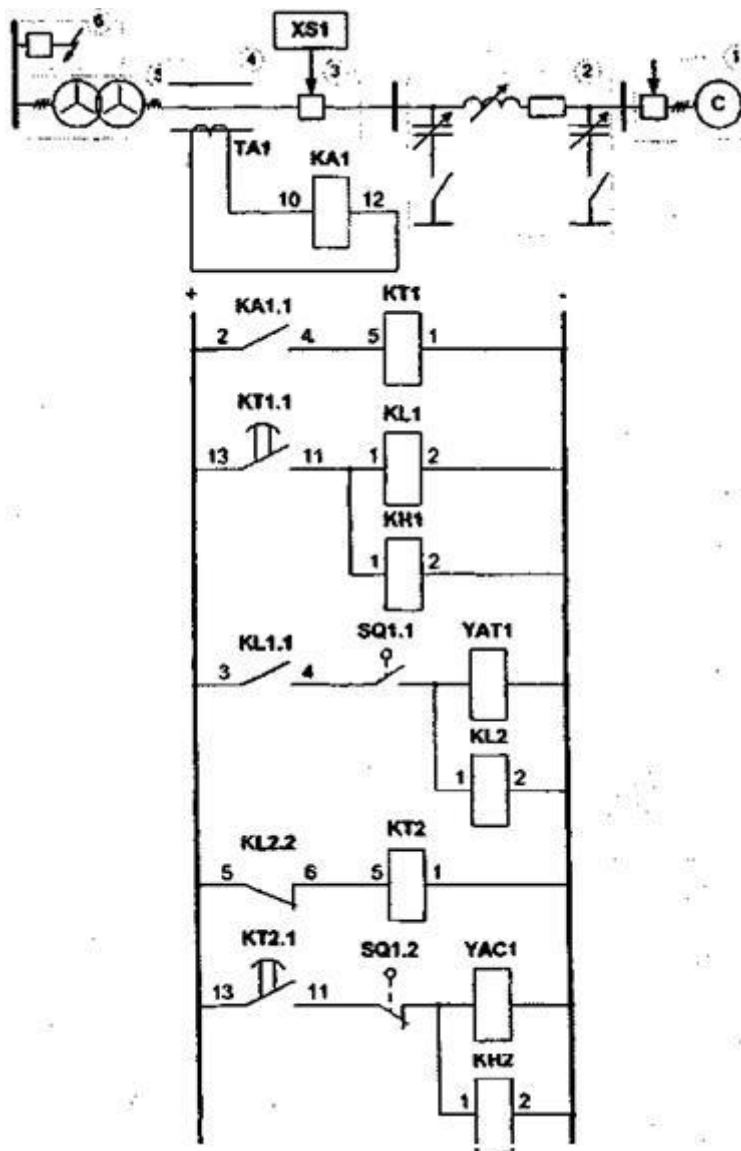


Рис. 2.1. Максимальная токовая защита и автоматическое повторное включение силового трансформатор

3.3.Собрать схему испытания защиты, показанную на рис. 2.1. Схема защищаемого объекта представляет собой трехфазный источник питания 1 (модуль трехфазной сети), запитывающий линию электропередачи 2, которая обеспечивает электроснабжение однострансформаторной подстанции, содержащей выключатель 3, измерительный трансформатор 4 и силовой трансформатор 5. Трехфазное короткое замыкание со стороны обмотки низкого напряжения трансформатора 5 создается с помощью выключателя 6. Схема релейной защиты и автоматики содержит пусковое реле тока KA1, включенное на ток вторичной обмотки измерительного трансформатора TA1. В качестве источника оперативного тока (клеммы «+» и «-») используются клеммы оперативного тока, расположенные на модуле питания стенда. Промежуточные реле KL1, KL2, указательные реле KH1, KH2 и реле времени KT2 находятся в модуле «Дополнительные реле». В качестве реле времени KT1 используется модуль «Реле времени», содержащий физическое реле типа РВ-01. Обмотки электромагнитов включения YAC1 и отключения YAT1, а также блок-контакты выключателя SQ1.1, SQ1.2 находятся на модуле управления выключателями. Модуль управления выключателями, обеспечивает ручное и/или автоматическое управление трехфазными выключателями стенда. Для использования данного модуля необходимо соединить разъем XS1 выключателя с соответствующим разъемом XS1 или XS2

модуля управления выключателями стандартным кабелем DB9-DB9 и перевести переключатель режима управления выключателем в положение «Авт». После этого можно подавать команды на включение/отключение выключателя вручную кнопками с модуля управления выключателями или автоматически, подавая ток электромагниты включения/отключения, расположенные на этом же модуле.

3.4. Переключатели режима управления выключателями модулей 1, 3 и 6 перевести в положение «Руч». Установить параметры линии электропередачи: максимальное значение продольной составляющей (переключатель SA1 в положение 3); минимальное значение поперечной составляющей (переключатель SA2 в положении 2).

3.5. На лицевой панели реле тока KA1 установить минимальный ток срабатывания реле. На лицевой панели реле времени KT1 установить выдержку времени МТЗ 3,5 с. На лицевой панели реле времени KT2 установить выдержку времени АПВ 6 с.

3.6. Включить питание стенда автоматом QF1 модуля питания стенда. Включить питание модуля трехфазной сети переключателем SA1 «Сеть». Включить выключатель модуля трехфазной сети. Подать команду на включение выключателя силового трансформатора кнопкой «Вкл», расположенной на модуле выключателя 3.

3.7. Ввести в действие устройство релейной защиты и автоматики. Для этого, переключатель SA2 на модуле выключателя 3 перевести в положение «Авт». Сбросить состояние указательных реле КН1 и КН2 кнопками «Возврат» на модуле дополнительных реле.

3.8. Создать короткое замыкание, включив выключатель 6. При правильно выбранных уставках реле, защита должна сработать через 3,5 с отключив выключатель 3. При этом, срабатывает указательное реле КН1, показывая, что сработала защита.

3.9. Сразу же после срабатывания защиты отключить выключатель 3, для имитации самоустраняющегося короткого замыкания. Через 6 с срабатывает АПВ, автоматически включая выключатель 3. При этом, срабатывает указательное реле КН2, показывая, что сработало АПВ.

3.10. После срабатывания АПВ вывести устройство релейной защиты и автоматики из работы. Для этого, переключатель SA2 на модуле выключателя 3 перевести в положение «Руч».

3.11. Подать команду на отключение выключателя силового трансформатора кнопкой «Откл», расположенной на модуле выключателя 3. Выключить выключатель модуля трехфазной сети. Отключить питание модуля реле тока переключателем «Питание» на лицевой панели модуля. Отключить питание модуля трехфазной сети переключателем SA1 «Сеть». Отключить питание стенда автоматом QF1 модуля питания стенда.

3.12. Перечислить функции, которые необходимо добавить к исследуемой схеме АПВ, предложить варианты их реализации. Оформить отчет по лабораторной работе.

4 Содержание отчета

- 4.1. Наименование и цель лабораторной работы.
- 4.2. Схема АПВ трансформатора.
- 4.3. Краткие ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Назначение АПВ трансформатора.
- 5.2. Как требования предъявляются к устройствам АПВ трансформатора?

- 5.3. Для чего АПВ трансформатора выполняется с выдержкой времени?
- 5.4. Почему АПВ трансформатора однократное?
- 5.5. Почему АПВ трансформаторов должно предусматривать блокировку при срабатывании газовой защиты?
- 5.6. Как влияет положение ключа управления выключателем на АПВ трансформатора?
- 5.7. Как работает схема максимальной токовой защиты трансформатор?
- 5.8. Как работает схема АПВ трансформатора.
- 5.9. На каких электроэнергетических объектах предусматривается использование АПВ силовых трансформаторов?
- 5.10. Почему на двух трансформаторных подстанциях можно обойтись без АПВ трансформаторов?
- 5.11. Показать на схеме, куда и как можно включить цепь блокировки действия УАПВ при срабатывании газовой защиты. Что собой должна представлять эта цепь?
- 5.12. Должно ли блокироваться АПВ при срабатывании дифференциальной защиты ошиновки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЗЕРВА ПИТАЮЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ

1. Цель работы

В процессе выполнения работы изучить принцип действия и схему реализации автоматического включения резерва питающего присоединения выполненную на релеино-контактной элементной базе.

2. Общие сведения

Высокую степень надежности электроснабжения потребителей обеспечивают схемы питания одновременно от двух и более источников питания, поскольку аварийное отключение одного из них не приводит к нарушению питания потребителей. Несмотря на эти очевидные преимущества многостороннего питания потребителей, большое количество подстанций, имеющих два и более источников питания, работают по схеме одностороннего питания. Одностороннее питание имеют также секции шин собственных нужд электростанций. Применение такой менее надежной, но более простой схемы электроснабжения во многих случаях оказывается целесообразным для снижения токов КЗ, уменьшения потерь электроэнергии в питающих трансформаторах, упрощения РЗ, создания необходимого режима по напряжению, перетокам мощности. При развитии электрической сети одностороннее питание часто является единственно возможным решением, так как ранее установленное оборудование и РЗ не позволяют осуществить параллельную работу источников питания.

Используются две основные схемы одностороннего питания потребителей при наличии двух или более источников. В первой схеме один источник включен и питает потребителей, а второй отключен и находится в резерве. Соответственно, первый источник называется *рабочим*, а второй *резервным*. Во второй схеме все источники включены, но работают раздельно на выделенных потребителях. Деление осуществляется на одном из выделенных выключателей.

Недостатком одностороннего питания является то, что аварийное отключение рабочего источника приводит к прекращению питания потребителей. Этот недостаток может быть устранен быстрым автоматическим включением резервного источника или включением выключателя, на котором осуществлено деление сети. Для выполнения этой операции широко используются специальные автоматические устройства, получившие наименование *автоматов включения резерва* (АВР). При наличии АВР время перерыва питания потребителей в большинстве случаев определяется лишь временем включения выключателей резервного источника и составляет 0,3-0,8 с.

Устройства АВР должны удовлетворять следующим основным требованиям:

а) схема АВР должна приходить в действие в случае исчезновения напряжения на шинах потребителей по любой причине, в том числе при аварийном, ошибочном или самопроизвольном отключении выключателей рабочего источника питания, а также при исчезновении напряжения на шинах, от которых осуществляется питание рабочего источника. Включение резервного источника питания допускается также при КЗ на шинах потребителя;

б) для того чтобы уменьшить длительность перерыва питания потребителей, включение резервного источника питания должно производиться, возможно, быстрее, сразу же после отключения рабочего источника;

- в) действие АВР должно быть однократным, чтобы не допускать нескольких включений резервного источника на не устранившееся КЗ;
- г) схема АВР не должна приходить в действие до отключения выключателя рабочего источника, чтобы избежать включения резервного источника на КЗ в не отключившемся рабочем источнике, выполнение этого требования исключает также в отдельных случаях несинхронное включение двух источников питания;
- д) для того чтобы схема АВР действовала при исчезновении напряжения на шинах, схема АВР должна дополняться специальным пусковым органом минимального напряжения;
- е) для ускорения отключения резервного источника при его включении на не устранившееся КЗ должно предусматриваться ускорение защиты резервного источника после АВР.

3. Порядок выполнения работы

- 3.1. Ознакомиться с принципом действия и схемами реализации АВР в системах электроснабжения.
- 3.2. Ответить на контрольные вопросы.
- 3.3. Собрать схему испытания защиты, показанную на рис. 3.1. Схема защищаемого объекта представляет собой трехфазный источник питания 1 (модуль трехфазной сети), запитывающий линию электропередачи 2 и силовой трансформатор 4. Основным (рабочим) источником питания подстанции является линия электропередачи 2. Резервным источником питания является силовой трансформатор 4. Выключатель 3 является выключателем рабочего источника питания, выключатель 5 является выключателем резервного источника питания. Схема АВР содержит пусковое реле напряжения KV1, включенное на напряжение вторичной обмотки измерительного трансформатора напряжения TV1, который в свою очередь включен на линейное напряжение на шинах потребителей рассматриваемой подстанции. В качестве источника оперативного тока (клеммы «+» и «-») используются клеммы оперативного тока, расположенные на модуле питания стенда. Указательное реле KH1 находится в модуле «Дополнительные реле». Обмотки электромагнитов включения YAC2 и отключения YAT1, а также блок-контакты выключателей SQ1.1, SQ1.2 и SQ2.2 находятся на модуле управления выключателями. Модуль управления выключателями обеспечивает ручное и/или автоматическое управление трехфазными выключателями стенда. Для использования данного модуля необходимо соединить разъем XS1 выключателя с соответствующим разъемом XS1 или XS2 модуля управления выключателями стандартным кабелем DB9-DB9 и перевести переключатель режима управления выключателем в положение «Авт». После этого, можно подавать команды на включение/отключение выключателя вручную кнопками с модуля управления выключателями или автоматически, подавая ток в электромагниты включения/отключения, расположенные на этом же модуле.
- 3.4. Переключатели режима управления выключателями модулей 1, 3 и 5 перевести в положение «Руч». Установить параметры линии электропередачи: максимальное значение продольной составляющей (переключатель SA1 в положение 3); минимальное значение поперечной составляющей (переключатель SA2 в положение 2).
- 3.5. Включить питание стенда автоматом QF1 модуля питания стенда. Включить питание модуля трехфазной сети переключателем SA1 «Сеть». Включить выключатель модуля трехфазной сети. Подать команду на включение выключателя рабочего источника питания кнопкой «Вкл», расположенной на модуле выключателя

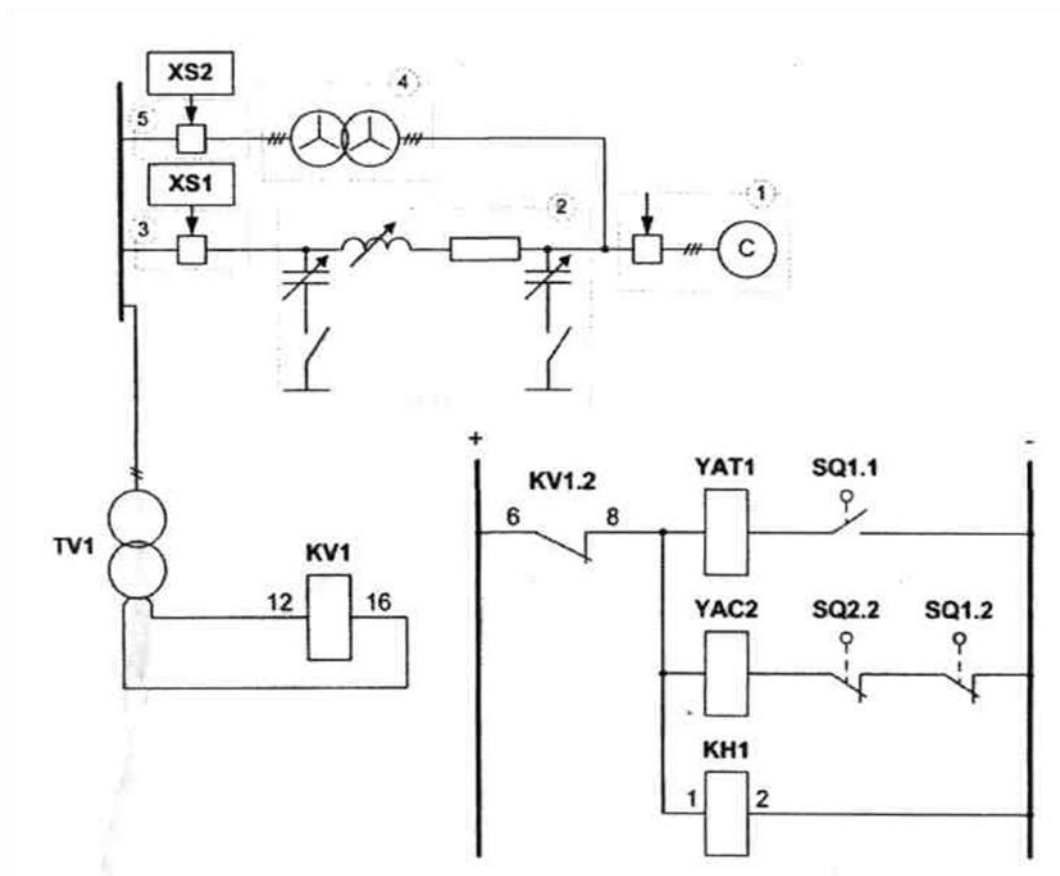


Рис. 3.1. Автоматическое включение резерва питающего присоединения

3. По показаниям датчика измерительного трансформатора напряжения TV1 определить величину напряжения $U_{\text{раб.мин}}$ на шинах потребителя в нормальном режиме. Рассчитать напряжение срабатывания реле напряжения по формуле:

$$U_{\text{ср}} = U_{\text{раб.мин}} * K_{\text{отс}} / (K_{\text{воз}} n_n)$$

Коэффициент отстройки $K_{\text{отс}}$ принять равным 0,8. Коэффициент возврата реле напряжения $K_{\text{воз}}$ принять равным 1,05. Коэффициент трансформации трансформатора напряжения n_n принять равным 2. Определить уставку срабатывания пускового реле напряжения, выбрав ближайшее меньшее значение из диапазона возможных уставок реле. На лицевой панели реле напряжения KV1 установить выбранное напряжение срабатывания реле (при необходимости изменить рабочий диапазон уставок реле подключением контролируемого напряжения на клеммы 14-16 вместо клемм 12-16). Включить питание реле напряжения.

3.6. Ввести в действие устройство автоматического включения резерва. Для этого, переключатели SA2 на модулях выключателей 3 и 5 перевести в положение «Авт». Сбросить состояние указательного реле KH1 кнопкой «Возврат» на модуле дополнительных реле.

3.7. Подать команду на отключение выключателя рабочего источника 3 кнопкой «Откл» расположенной на модуле управления выключателем УВ-1. Тем самым имитируется ошибочное или самопроизвольное отключение выключателя рабочего источника питания. АВР срабатывает по исчезновению напряжения на шинах потребителя и подает команду на включение выключателя резервного источника 5.

3.8. Ввести из работы устройство автоматического включения резерва. Для этого, переключатели SA2 на модулях выключателей 3 и 5 перевести в положение «Руч».

3.9. Отключить выключатель резервного источника 5 кнопкой «Откл» распо-

ложенной на модуле выключателя 5.

3.10. Подать команду на включение выключателя рабочего источника питания кнопкой «Вкл», расположенной на модуле выключателя 3. Ввести в действие устройство автоматического включения резерва. Для этого, переключатели SA2 на модулях выключателей 3 и 5 перевести в положение «Авт». Сбросить состояние указательного реле КН1 кнопкой «Возврат» на модуле дополнительных реле.

3.11. Отключить выключатель модуля трехфазной сети 1. Тем самым имитируется исчезновение напряжения в цепях рабочего источника питания. АВР срабатывает по исчезновению напряжения на шинах потребителя и подает команду на включение выключателя резервного источника 5.

3.12. Вывести из работы устройство автоматического включения резерва. Для этого, переключатели SA2 на модулях выключателей 3 и 5 перевести в положение «Руч». Отключить выключатель резервного источника 5 кнопкой «Откл» расположенной на модуле выключателя 5. Отключить питание модуля трехфазной сети переключателем SA1 «Сеть». Отключить питание модуля реле напряжения. Отключить питание стенда автоматом QF1 модуля питания стенда. Оформить отчет по лабораторной работе.

4. Содержание отчета

4.1. Наименование и цель лабораторной работы.

4.2. Схема АВР питающего присоединения.

4.3. Краткие ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

5.1. Назначение АВР питающего присоединения.

5.2. Как требования предъявляются к устройствам АВР?

5.3. В чем преимущества и недостатки схем электроснабжения с радиальным питанием?

5.4. Почему включение резервного источника питания осуществляется только после отключения выключателя рабочего источника?

5.5. Допускается ли срабатывание АВР при исчезновении напряжения на шинах потребителя по причине короткого замыкания на шинах?

5.6. Объясните назначение блок-контактов выключателей в цепях АВР.

5.7. Можно ли использовать в этой схеме трансформатор с соединением обмоток

Y/Δ ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЧАСТОТНАЯ РАЗГРУЗКА

1. Цель работы

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

2. Общие сведения

Согласно ГОСТ 13109 – 97 «Норма качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» нормально допустимое значение отклонения частоты не должно превышать $\pm 0,2$ Гц, а предельно допустимое значение отклонения частоты не должно превышать $\pm 0,4$ Гц.

Снижение частоты в энергосистеме приводит к снижению производительности механизмов собственных нужд электростанций, что ведет к уменьшению мощности паровых турбин и к дальнейшему снижению частоты. Этот процесс носит название «лавина частоты».

Уменьшение частоты вращения возбудителя, расположенного на одном валу с генератором, снижает эффективность АРВ. Реактивная мощность генератора снижается, что приводит к уменьшению напряжения в сети. При «лавине частоты» возникает «лавина напряжения».

Аварийное снижение частоты в энергосистеме, вызванное внезапным возникновением значительного дефицита активной мощности, протекает очень быстро – в течение нескольких секунд. На рисунке 4.1 показан характер изменения частоты в энергосистеме.

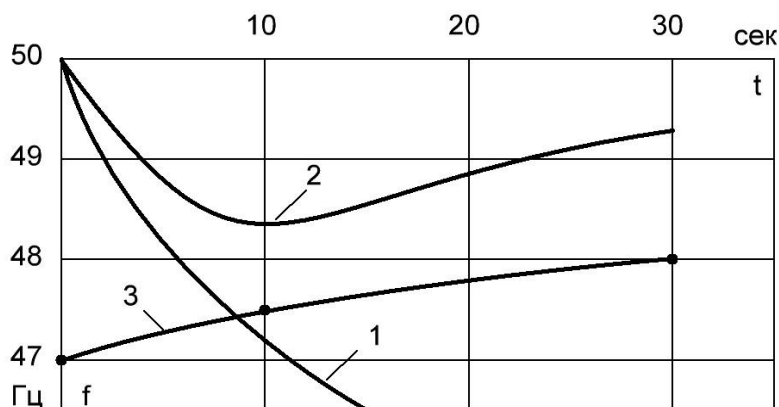


Рисунок 4.1 - Изменение частоты в энергосистеме

Здесь 1 – изменение частоты в аварийных режимах при отсутствии АЧР; 2 – изменение частоты при действии АЧР; 3 – граница допустимой зоны снижения частоты в энергосистеме

Дежурный персонал, не успевает принять каких – либо мер и ликвидация аварийного режима возлагается на устройства автоматики. Для предотвращения развития аварии используются все резервы активной мощности, имеющиеся на электростанциях.

При недостатке резерва мощности для восстановления частоты выполняют отключение части наименее ответственных потребителей с помощью АЧР.

Действие АЧР сопровождается экономическим ущербом для потребителей, но при развале энергосистемы технико-экономический ущерб будет значительно больше.

3. Требования к АЧР

1. Частотная разгрузка должна выполняться после максимального использования имеющегося в энергосистеме вращающегося резерва на тепловых электростанциях.

2. Мощность, отключаемая устройствами АЧР, должна быть достаточной для ликвидации максимального реально возможного дефицита мощности, чтобы не допустить снижение частоты ниже границы допустимых значений (рис.4.1).

3. Устройства АЧР должны выполняться таким образом, чтобы полностью исключить возможность возникновения лавины частоты и напряжения.

4. Устройства АЧР должны размещаться таким образом, чтобы обеспечить ликвидацию любого дефицита мощности независимо от места его возникновения и характера развития аварии.

5. Мощность потребителей, отключаемых АЧР, должна по возможности приближаться к возникающим дефицитам мощности, т.е. система АЧР должна быть самонастраивающейся.

6. Автоматическая частотная разгрузка должна обеспечивать подъём частоты до значений 49 – 49,5 Гц, при которых энергосистема может длительно работать нормально. Дальнейший подъём частоты осуществляется автоматическим включением резервных гидрогенераторов или же мероприятиями, проводимыми диспетчером энергосистемы.

7. Автоматическая частотная разгрузка не должна ложно срабатывать в случаях кратковременного снижения частоты вызванных КЗ, а так же циклами АПВ и АВР.

8. Действие АЧР должно удовлетворять требованию минимизации ущерба при отключении потребителей, т.е. в первую очередь должны отключаться менее ответственные потребители.

4. Принципы выполнения АЧР:

Для обеспечения свойств самонастройки АЧР выполняется многоступенчатой, состоящей из ряда очередей разгрузки. АЧР делится на две категории.

1. АЧР I – быстродействующая разгрузка, предназначенная для останова снижения частоты в допустимых пределах. Эта категория имеет уставки по частоте в диапазоне 49,2-47,5 Гц с интервалом 0,1 Гц между очередями. Уставка по времени всех очередей АЧР I 0,15-0,3 с для устранения ложной работы релечастоты в переходном режиме.

Суммарная мощность, которая может быть отключена устройствами АЧРІ:

$$P_{АЧРІ} \geq \Delta P + 0,05P_{н0},$$

где ΔP - максимальный возможный дефицит мощности в энергорайоне (отключение наиболее мощного блока) или в энергосистеме (отключение наиболее мощной электростанции);

$P_{н0}$ – суммарная мощность энергорайона или энергосистемы при частоте 50 Гц.

2. АЧРІІ – медленнодействующая разгрузка, предназначенная для восстановления частоты до нормального значения. Реле частоты всех очередей имеют уставку по частоте 49,1 Гц. Уставка по времени для очередей различна от 5 с. до 39 с с интервалом 2-3 с. АЧРІІ начинает действовать, когда все очереди АЧРІ уже сработали, и производит разгрузку мелкими порциями, обеспечивая подъем частоты.

Уставка по частоте всех очередей АЧРІІ устанавливалась на уровне 48,8 Гц. В настоящее время рекомендуется 49,1 Гц для первых очередей АЧРІІ с уставками по времени 5, 7, 9, 11 с. Эти очереди отключают потребителей, не подключенных к АЧРІ, и называются несовмещенными очередями АЧРІІ. Следующие очереди с уставками 13-39с рекомендуется выполнять совмещенными и принимать их уставки по частоте 49,0 Гц ; 48,9 Гц (с возвратом +0,2 Гц); 48,8 Гц (с возвратом +0,3 Гц); 48,7 Гц (с возвратом +0,4 Гц).

Общий объем мощности несовмещенной АЧРІІ

$$P_{АЧРІІ} \geq 0,1P_{н0}.$$

Общий объем совмещенной АЧРІІ должен составлять не менее 30% объема АЧРІ.

Распределение общего объема несовмещенной АЧРІІ по очередям равномерное. Объемы очередей совмещенной АЧРІІ для каждой уставки по частоте можно определить по формуле:

$$\Delta P\% = 2k_H \Delta f ,$$

где
$$\Delta P\% = \frac{\Delta P}{P_{н0}} \cdot 100\% ;$$

$k_H = 2$ - регулирующий коэффициент нагрузки ;

$$\Delta f = 0,5 = (49,2 - 48,7) - \text{для уставки } 49,0 \text{ Гц,}$$

$$0,8 = (49,2 - 48,4) - \text{для уставки } 48,9 \text{ Гц,}$$

$$1,2 = (49,2 - 48,0) - \text{для уставки } 48,8 \text{ Гц,}$$

$$1,7 = (49,2 - 47,5) - \text{для уставки } 48,7 \text{ Гц.}$$

5. АЧР подстанции

Упрощенные схемы устройств АЧРІ АЧРІІ представлены на рисунке 4.2 (а – функциональная схема цепей переменного тока и б – оперативные цепи постоянного тока). На рисунке 4.2,а показаны измерительные реле частоты KF1, KF2 и KF3, реле времени КТ и промежуточные реле KL1, KL2 и KL3, отключающие потребителей выключателями Q1, Q2 и Q3.

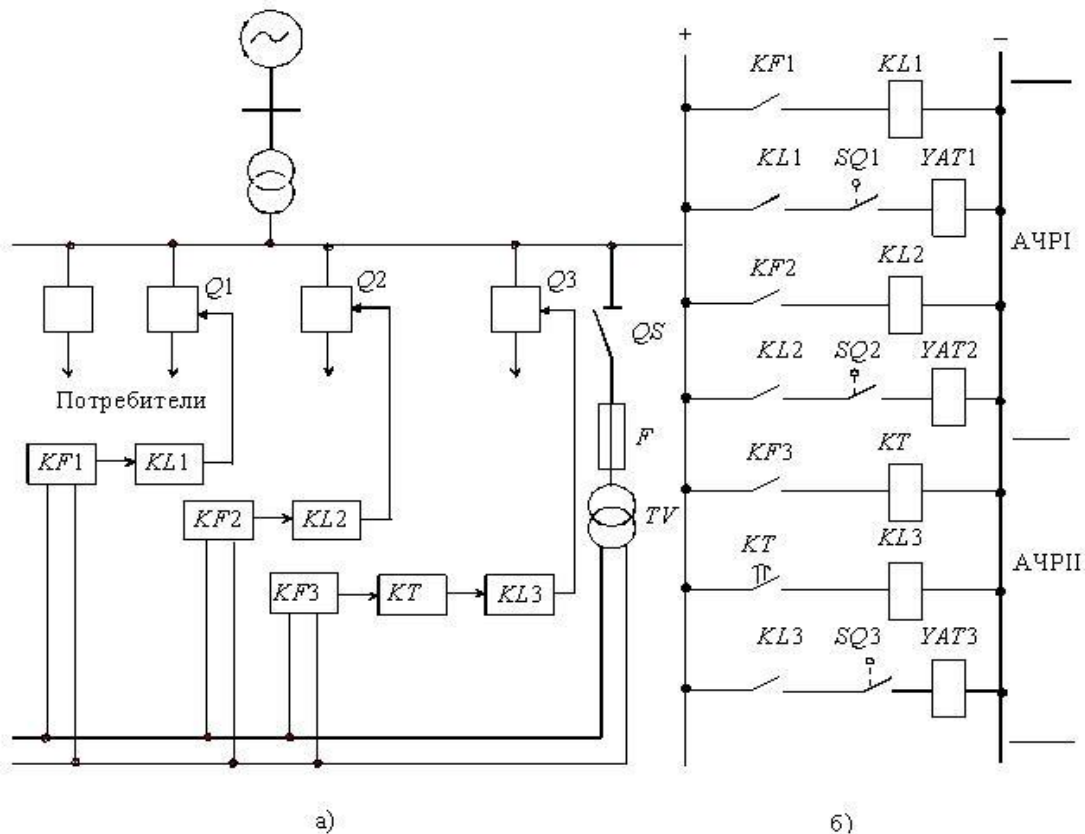


Рисунок 4.2 - Схемы устройств АЧР1 и АЧР2 подстанции:
а – функциональная, б - оперативные цепи

В данном устройстве реализованы две очереди АЧР1 (используют реле частоты KF1 и KF2) и одна очередь АЧР2 (использует реле частоты KF3 и реле времени KT).

При снижении частоты сначала первая очередь отключает выключатель Q1, а затем вторая выключатель Q2. В лабораторной работе условно считается, что после работы второй очереди АЧР1 снижение частоты прекратилось.

Далее продолжает работать АЧР2. После срабатывания реле времени KT промежуточное реле отключает выключатель Q3. В лабораторной работе условно считается, что после работы АЧР2 частота восстановилась до 49-49,5 Гц.

6 Задание

Изучить схемы и принцип действия устройств АЧР и ЧАПВ. Необходимо объяснить коммутации, происходящие в оперативных цепях постоянного тока. Объяснить требования к устройствам АЧР.

7 Содержание отчета

- 1 Отчет должен содержать цель работы и задание, принципиальные схемы АЧР.
- 2 Краткие ответы на контрольные вопросы.

8 Контрольные вопросы

1. Для чего предназначено АЧР?
2. Назначение АЧР1?

3. Назначение АЧР2?
4. Укажите требования предъявляемые к схемам АЧР?
5. До какого значения должна подниматься частота в энергосистеме после срабатывания устройств АЧР?
6. Какова начальная уставка по частоте устройства АЧР1?
7. Какова начальная уставка по частоте устройства АЧР2?
8. Какова начальная уставка по времени устройства АЧР2?
9. Поясните работу устройств АЧРІ и АЧРІІ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

УСТРОЙСТВО ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ГЕНЕРАТОРОВ

1. Цель работы

Изучить классификацию, требования, схемы и принцип действия устройств полуавтоматической самосинхронизации.

2 Общие сведения

Процесс включения синхронного генератора на параллельную работу с другими генераторами или с энергосистемой называется синхронизацией.

Различают синхронизацию автоматическую, при которой все операции производятся специальными автоматическими устройствами без вмешательства персонала, и полуавтоматическую, при которой действия персонала сведены к минимуму и ограничиваются только регулированием частоты вращения синхронизируемого генератора, в то время как другие операции производятся автоматически.

Автоматизация всех операций при синхронизации позволяет исключить тяжелые последствия ошибочных действий персонала. Для включения синхронных генераторов на параллельную работу в настоящее время применяют два способа: самосинхронизация и точная синхронизация.

При включении синхронного генератора на параллельную работу способом самосинхронизации он невозбужден и разворачивается турбиной до скорости близкой к синхронной. При определенном скольжении и ускорении его ротора по отношению к ротору эквивалентного генератора энергосистемы включается в сеть, после чего сразу же подается возбуждение и происходит втягивание ротора в синхронизм.

Включение невозбужденного генератора в сеть эквивалентно для энергосистемы внезапному трехфазному короткому замыканию за сопротивлением генератора.

Согласно ПУЭ способ самосинхронизации, как основной способ включения на параллельную работу, может предусматриваться для:

- турбогенераторов мощностью до 3МВт;
- турбогенераторов с косвенным охлаждением мощностью более 3 МВт, работающих непосредственно на сборные шины, если периодическая составляющая переходного тока при включении в сеть способом самосинхронизации не превосходит $3,5I_{г.ном}$;
- турбогенераторов с косвенным охлаждением, работающих в блоке с трансформаторами.
- турбогенераторов с косвенным охлаждением, работающих в блоке с трансформаторами.

Согласно ПУЭ, при аварийных режимах в электрической системе включение на параллельную работу всех генераторов вне зависимости от системы охлаждения и мощности может производиться способом самосинхронизации.

На тепловых электростанциях операция самосинхронизации турбогенераторов осуществляется, как правило, полуавтоматически. Регулирование частоты вращения генератора и её подгонка к под синхронной возлагаются на персонал. Включение генератора в сеть производится автоматически устройством самосинхронизации при заданном значении скольжения.

3. Устройство полуавтоматической самосинхронизации.

На рисунке 5.1 приведена схема устройства полуавтоматической самосинхронизации применяемой на тепловых электростанциях.

Основным элементом устройства является реле разности частот КР, контролирующее разность частот напряжений генератора и сети. В качестве реле КР широко применяется реле частоты типа ИРЧ – 01А, обмотка 2 которого подключается последовательно с реостатом R1 к трансформатору напряжения TV1 включаемого генератора. Обмотка 1 подключается к трансформатору напряжения сети TV2. Устройство полуавтоматической синхронизации вводится в работу ключом SA, замыкающим цепи трансформаторов напряжения TV1 и TV2, цепи оперативного постоянного напряжения и выходные цепи. При анализе работы схемы необходимо использовать рисунок 5.2. Здесь затемненные прямоугольники обозначают замкнутое состояние соответствующих контактов. А не затемненные прямоугольники показывают, что на обмотки реле подано напряжение, которое вызывает их срабатывание.

Реле ИРЧ – 01А в момент подачи напряжения на его обмотки может кратковременно замыкать свои контакты. Чтобы исключить неправильное действие устройства, обмотки 1 и 2 реле КР подключаются к трансформаторам TV1 и TV2 не одновременно: сначала подключается обмотка 1, а затем через время в несколько секунд, устанавливаемое на протискальзывающем контакте реле времени КТ.1 подключается обмотка 2. Подключение обмотки 2 осуществляется с помощью промежуточного реле КЛ3. Кроме того, вводится дополнительная выдержка на контакте КТ.2 в цепь контактов КР.1 и КР.2, исключающая неправильное срабатывание устройства в момент подачи напряжения на обмотку 2 реле КР.

Реле КР срабатывает при частоте скольжения равной частоте срабатывания и подает питание на выходное реле устройства КЛ1, которое с помощью контакта КЛ1.1 самоудерживается, а контактом КЛ1.3

замыкает цепь включения выключателя Q1. После включения выключателя генератора включается автомат гашения поля генератора, подающий возбуждение на

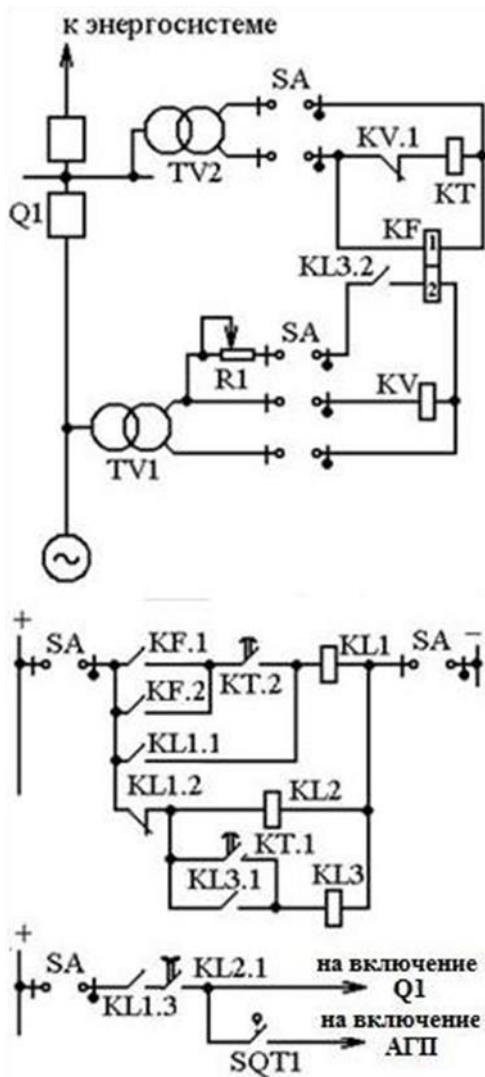


Рис. 5.1.Схема полуавтоматической самосинхронизации.

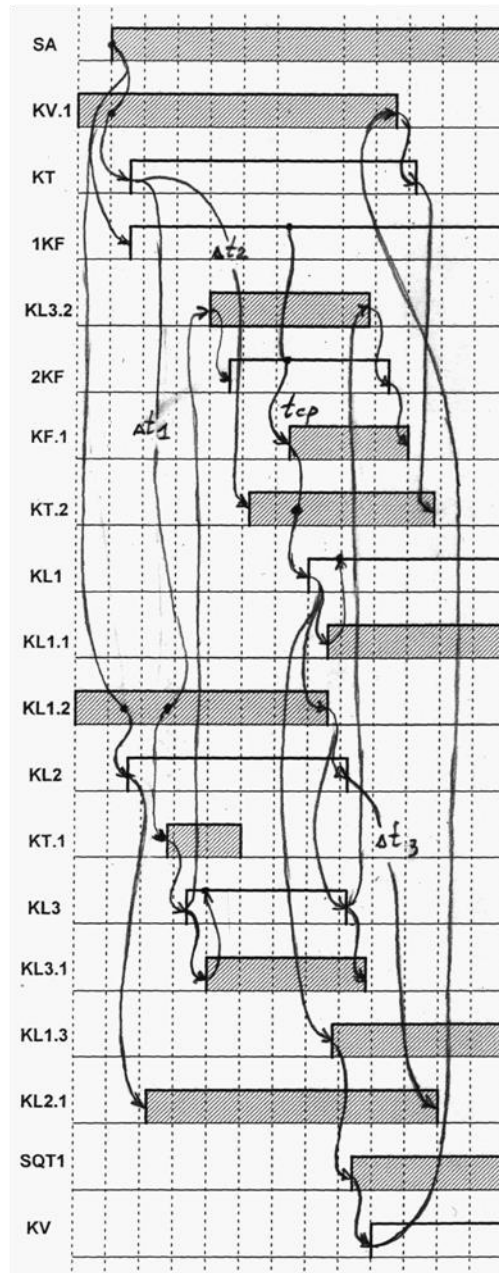


Рис. 5.2. Диаграмма работы

обмотку ротора генератора. Возбужденный генератор окончательно втягивается в синхронизм.

Самоудержание выходного реле KL1 обеспечивает надежное включение выключателя и АГП генератора. Промежуточное реле KL2, имеющее задержку при возврате, ограничивает длительность сигнала на включение выключателя и АГП. Во избежание опасного воздействия номинального напряжения трансформатора TV1 возбужденного генератора на обмотку 2 реле KF, не рассчитанную на это напряжение, цепь обмотки 2 размыкается контактом KL3.2 после возврата реле KL3, вызванного размыканием контакта KL1.2. Реле KV, предназначено для исключения подачи номинального напряжения возбужденного генератора на обмотку 2 реле KF до включения генератора в сеть, что может произойти вследствие ошибочных действий персонала. Размыкающий контакт реле KV размыкает цепь реле времени KT и

исключает, таким образом, возможность срабатывания реле KL3.

4. Задание на лабораторную работу

Изучить схемы и принцип действия устройств полуавтоматической самосинхронизации. Перечислить требования к ним, показать по схеме, какими элементами эти требования реализуются.

5. Содержание отчета

1. Цель работы и задание, принципиальные схемы устройств полуавтоматической самосинхронизации.
2. Краткие ответы на контрольные вопросы.

6. Контрольные вопросы

1. Назовите преимущества и недостатки самосинхронизации синхронных генераторов.
2. В каких случаях применяется самосинхронизация?
3. Какое назначение реле разности частот в устройстве полуавтоматической синхронизации?
4. Какое назначение реле времени в устройстве полуавтоматической синхронизации?
5. Какое назначение реле KV в устройстве полуавтоматической синхронизации?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

УСТРОЙСТВА ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

1 Цель работы

Изучить классификацию, требования, схемы и принцип действия устройств автоматической ликвидации асинхронного режима.

2 Общие сведения

Асинхронный режим наступает вследствие нарушения устойчивости параллельной работы отдельных частей энергосистемы. Асинхронный режим наступает вследствие неполного соответствия дозировки противоаварийных управляющих воздействий тяжести возмущения, т.е. недостаточной эффективности АПНУ, при отказе быстродействующих защит, при нерасчетных повреждениях, при отказе противоаварийной автоматики, при несинхронном АПВ.

Допустимый, хотя и нежелательный для синхронных генераторов, асинхронный режим представляет серьезную опасность для энергетической системы. При возникновении асинхронного режима происходят периодические изменения угла между эквивалентными ЭДС несинхронно работающих частей энергосистемы связанных линиями электропередачи, напряжения в различных точках электропередачи, тока и активной мощности электропередачи.

Асинхронный режим может быть допустимым кратковременно, а иногда и относительно длительным или недопустимым вообще.

Существует два способа ликвидации асинхронного режима:

- ресинхронизация;
- деление асинхронно работающих частей энергосистемы.

Ресинхронизацией называется процесс восстановления синхронизма из состояния асинхронного режима. Для этого принимаются все возможные меры, направленные на выравнивание частот не синхронно работающих частей энергосистемы. В энергосистеме, работающей с повышенной частотой, производится быстрая разгрузка генераторов или отключение части потребителей. В энергосистеме, работающей с пониженной частотой, производится быстрая загрузка работающих генераторов, до номинальной мощности, частотный пуск гидрогенераторов или их перевод из режима синхронных компенсаторов в генераторный режим, а также отключение части потребителей устройствами АЧР при большом снижении частоты.

Деление асинхронно работающих частей энергосистемы выполняется в тех случаях, когда недопустим длительный асинхронный режим или когда ресинхронизация невозможна.

3 Принципы выполнения устройств ликвидации асинхронного режима

В соответствии с характерными признаками асинхронного режима в энергосистемах применяются устройства, реагирующие на изменения тока, активной мощности в линии электропередачи, напряжения на шинах подстанции, сопротивления на зажимах реле сопротивления. В некоторых случаях применяются комбинированные устройства, с помощью которых осуществляется контроль изменения не одного, а нескольких режимных параметров.

К устройствам, выявляющим асинхронный режим, предъявляются следующие

требования:

- селективность, т.е. способность отличать асинхронный режим в данном сечении электрической сети от асинхронного режима в смежных сетях;
- чувствительность к асинхронному режиму;
- быстрота срабатывания;
- способность определения знака скольжения;
- простота выполнения и надежность функционирования.

4 Автоматика ликвидации асинхронного режима на электромеханических реле со счетчиком циклов качаний

Принципиальная схема устройства автоматики ликвидации асинхронного режима со счетчиком циклов качаний приведена на рисунке 6.1. В качестве пускового органа используются токовые реле КА, включенные на ток каждой фазы линии, контакты которых соединены последовательно. Данный пусковой орган не реагирует на однофазные и двухфазные КЗ, а также на многократные срабатывания разрядников.

При возникновении асинхронного режима и достижении током уставки срабатывания $I_{ср}$, точка «б», рисунок 6.1,б, токовые реле пускового органа КА срабатывают, а вместе с ними срабатывают промежуточные реле KL1 и KL2, которые являются их повторителями. Реле KL1 в каждом цикле асинхронного режима запускает реле KL2.

Реле KL2 сработав, замыкает свои контакты KL2.1 и запускает реле KL3, начало отсчета первого цикла качаний. Кроме того замыкаются контакты KL2.3 в цепи реле KL5, KL2.5 в цепи реле KL7, KL2.7 в цепи реле KL9 и размыкаются контакты KL2.2 в цепи реле KL4, KL2.4 в цепи реле KL6 и KL2.6 в цепи реле KL8.

Реле KL3 сработав с помощью контакта KL3.1 становится на самоудержание, а контактами KL3.2 и KL3.3 подготавливает цепи на срабатывание соответственно реле KL4 и КТ.

При снижении тока до уставки возврата $I_{воз}$, точка «а», рисунок 6.1,б, реле тока вместе с реле повторителями возвращаются в исходное положение. Реле KL2 вернувшись в исходное положение с помощью

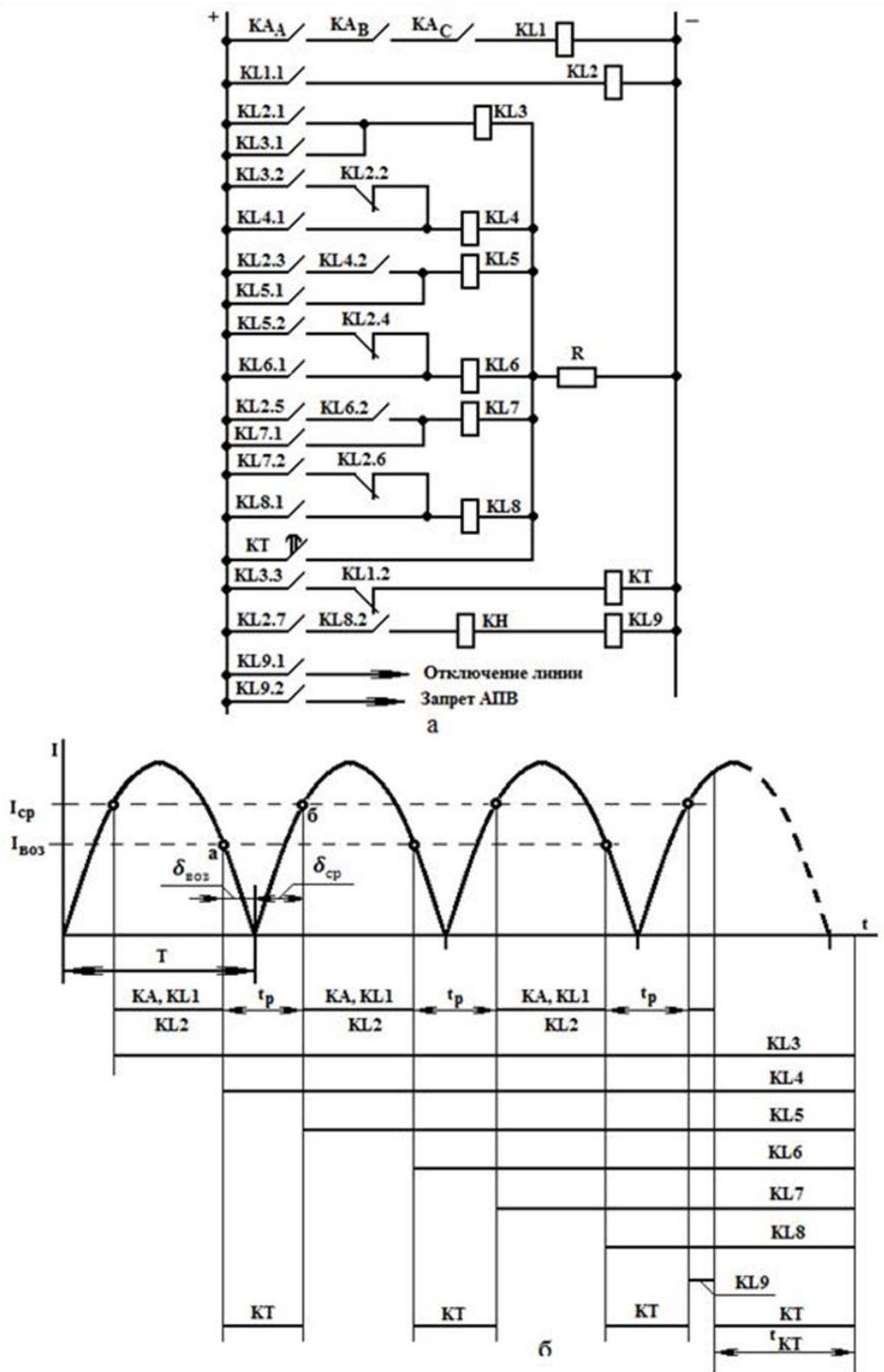


Рисунок 6.1 ÷ Принципиальная схема АЛАР со счетчиком циклов качаний, а – схема АЛАР; б – диаграмма изменения тока асинхронного режима и последовательность работы реле

контакта KL2.2 запускает реле KL4, которое фиксирует окончание первого цикла качаний, путем самоудержания в сработавшем положении с помощью контакта KL4.1.

В промежутки времени t_p от момента возврата токовых реле при снижении

тока, точка «а», и до момента времени их нового срабатывания при увеличении тока, точка «б», запускается реле времени КТ и косвенно контролирует продолжительность периодов асинхронного режима Т. Если $t_p < t_{КТ}$, то реле времени запускаясь в момент времени «а», не успеет сработать до момента времени «б», и поэтому после повторного срабатывания токовых реле и реле повторителей начнется отсчет второго цикла качаний, реле KL5, начало отсчета второго цикла качаний и KL6 окончание второго цикла качаний.

Так осуществляется счет циклов изменений тока и циклов асинхронных проворотов. После того как схема отсчитает заданное число циклов, в данном случае три цикла, на следующем цикле работает выходное реле KL9 и подаст команду на отключение линии.

Возврат схемы осуществляется после прекращения асинхронного режима с помощью реле времени КТ, контакт которого шунтирует обмотки промежуточных реле KL3 – KL8, вследствие чего они возвращаются в исходное положение.

Если продолжительность периода такова, что промежуток времени $t_p \geq t_{КТ}$, то реле времени при первом же возврате реле тока, точка «а», сработает и, зашунтировав обмотки реле KL3 – KL8, приостановит работу счетчика цикла качаний.

В тех случаях, когда схема АЛАР устанавливается на подстанции, расположенной вблизи электрического центра качаний, в качестве пусковых органов целесообразно использовать вместо реле тока, реле минимального напряжения.

5. Типовое устройство АЛАР

В эксплуатации используется типовое устройство АЛАР, разработанное проектным и научно-исследовательским ОАО «Институт Энергосетьпроект», в виде панели ШП2704. Данная панель функционирует с использованием информации об изменениях комплексных сопротивлений и активной мощности. Измерительная часть данной панели состоит из трех комплектов направленных реле сопротивления KZ1, KZ2 и KZ3, рисунок 6.2, и измерительного реле активной мощности KW двухстороннего действия с двумя контактами замыкающим KW.1 и размыкающим KW.2.

Выявление нарушения устойчивости электропередачи осуществляется с помощью двух реле сопротивления KZ1 и KZ2, а определение знака (изменения направления) активной мощности осуществляется с помощью максимального реле мощности KW. Реле сопротивления обеспечивают повышенную чувствительность и позволяют определить сечение асинхронного режима, в котором размещается электрический центр качаний (ЭЦК).

Необходимое взаимодействие реле KZ1 и KZ2 обеспечивается логической частью первой ступени, состоящей из элемента (ЗАПРЕТ) $D\bar{X}$, элемента времени задержки DT1 и элемента (И) DX1.

При нарушении синхронизма годограф сопротивления на зажимах реле сопротивления Z_p сначала входит в зону срабатывания чувствительного реле сопротивления KZ1, точка «а», а затем грубого реле KZ2, точка «б», рисунок 6.3. Если время задержки T_3 элемента

DT1 меньше минимально возможной разновременности T_p срабатывания реле сопротивления KZ1 и KZ2, то сигнал срабатывания реле KZ1 успевает пройти на вход 1 логического элемента DX1.

После срабатывания реле KZ2 его сигнал поступает на вход 2 логического элемента DX1, что приводит к формированию на его выходе сигнала

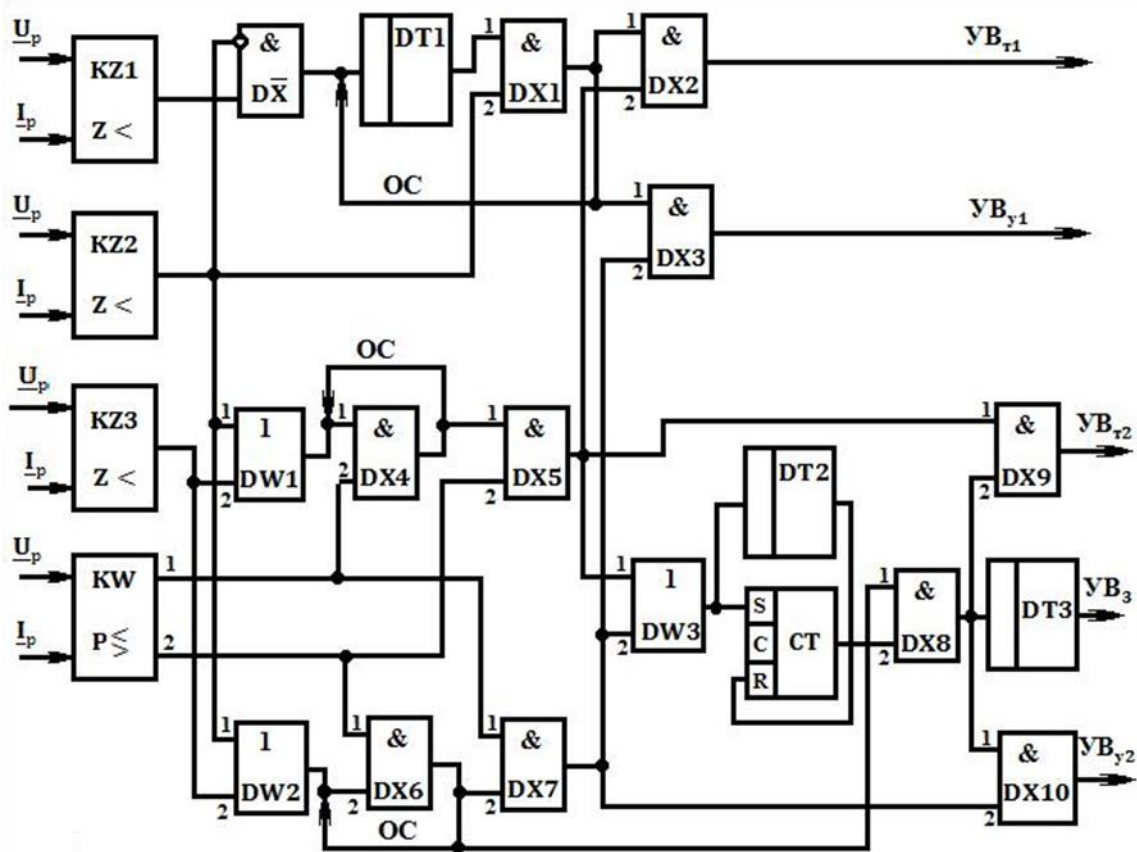


Рисунок 6.2 – Общая функциональная схема автоматики ликвидации асинхронного режима

противоаварийного управляющего воздействия, который поступает на входы 1 элементов DX2 и DX3. Чтобы сигнал на выходе DX1 не исчезал, поскольку после срабатывания реле KZ2 сигнал на выходе элемента $D\bar{X}$ исчезает, предусмотрена цепь

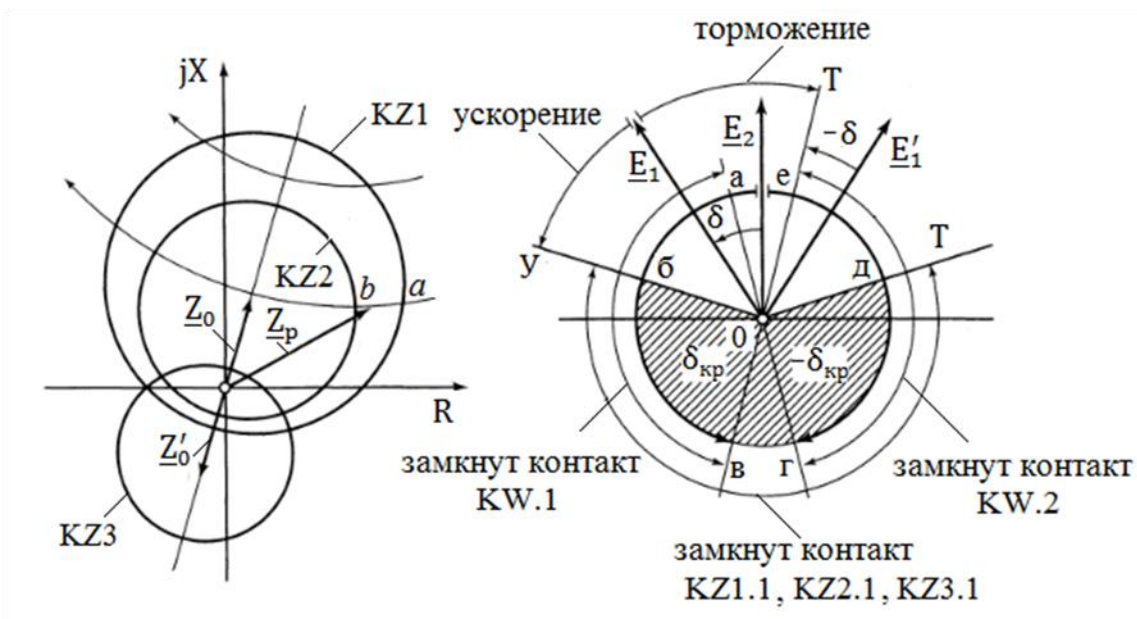


Рисунок 6.3 – Характеристики срабатывания реле сопротивления и угловая диаграмма работы реле

обратной связи ОС, соединяющая выход элемента DX1 с входом элемента задержки $\sim T_1$.

Поочередного срабатывания реле сопротивления KZ1 и KZ2 недостаточно для селективного определения нарушения синхронизма, так как такая очередность срабатывания реле имеет место при синхронных качаниях. СС

Вторым условием срабатывания первой ступени является прохождение угла δ между векторами ЭДС двух частей энергосистемы через критическое значение. Это определяется измерительной частью второй ступени устройства, состоящей из реле сопротивления KZ2 и KZ3 и реле мощности KW, а именно поведением измерительного реле мощности и его взаимодействием с реле сопротивления KZ2 и KZ3.

При синхронных качаниях критический угол $\delta_{кр}$ изменяется в пределах $\delta < \delta_{кр} < \pi$ и активная мощность направлена от шин электростанции в линию. Размыкающий контакт реле мощности KW.1 при этом замкнут и на выходе 1 реле KW является дискретный единичный сигнал, а на выходе 2 логический нуль, так как контакт KW.2 разомкнут. При срабатывании реле сопротивлений KZ2 или KZ3, сигналы на выходах элементов DX5 и DX7 отсутствуют, так как на входе 2 элемента DX5 и на входе 1 элемента DX6 присутствует логический нуль с выхода 2 реле мощности KW. Поэтому отсутствуют единичные логические сигналы на входах 2 элементов DX2 и DX3 первой ступени и управляющие сигналы при синхронных качаниях не формируются.

При возникновении асинхронного режима, т.е. при угле $\delta > \delta_{кр}$, активная мощность линии направлена в шины электростанции и реле направления мощности M изменяет свое состояние: контакт KW.1 размыкается, а контакт KW.2 замыкается на выходе 1 реле KW появляется логический нуль, а на выходе 2 – логическая единица. Если эквивалентная ЭДС \underline{E}_1 опережает эквивалентную ЭДС \underline{E}_2 , процесс кореня, то последовательное срабатывание реле идет в направлении против часовой стрелки, а при отставании эквивалентной ЭДС \underline{E}_1 от эквивалентной ЭДС \underline{E}_2 , процесс торможения, последовательное срабатывание реле идет в направлении по часовой стрелке.

При достижении вектором \underline{E}_1 положения 0 – б срабатывает реле сопротивления KZ1 и сигнал, с его выхода, пройдя через элементы $D\bar{X}$ и DT1, поступает на вход 1 элемента DX1. После срабатывания реле KZ2 его сигнал поступает на вход 2 элемента DX1 и на входы 1 элементов DW1 и DW2. На выходе элемента DX1 формируется сигнал в виде логической единицы, который поступает на входы 1 элементов DX2 и DX3.

После срабатывания реле KZ3 его сигнал поступает на входы 2 элементов DW1 и DW2. На выходах элементов DW1 и DW2 формируются логические единицы. С выхода DW1 логическая единица подается на вход 1 элемента DX4, а с выхода DW2 логическая единица подается на вход 2 элемента DX6. Пока контакт реле мощности KW.1 замкнут на вход 2 элемента DX4 поступает логическая единица, что приводит к формированию логической единицы на его выходе. На выходе элемента DX6 выходной сигнал равен нулю, так как на входе 1 присутствует нуль. После размыкания контакта KW.1 и замыкания контакта KW.2 состояние элемента DX4 не изменяется, благодаря наличию обратной связи, и на его выходе будет логическая единица. Единичный логический сигнал будет и на входе 1 элемента DX5. Поэтому поступающая логическая единица с выхода 2 реле KW на вход 2 элемента DX5 проходит на его выход, а далее на вход 2 элемента DX2. Присутствие двух логических единиц на входах элемента DX2 приводит к формированию управляющего воздействия UB_{T1} на снижение частоты вращения синхронных генераторов первой

части электроэнергетической системы.

Если при наступлении асинхронного режима ЭДС \underline{E}_1 отстает относительно ЭДС \underline{E}_2 , это свидетельствует о торможении синхронных генераторов первой части электроэнергетической системы. Передаваемая по линии активная мощность направлена к шинам электростанции и поэтому реле направления мощности KW держит замкнутым контакт KW.2 и разомкнутым контакт KW.1, так как нарастает отрицательный угол δ . Таким образом, на выходе 1 реле KW присутствует нуль, а на выходе 2 единичный логический сигнал. Поэтому после срабатывания реле KZ3 логическая единица с выхода элемента DW1 не проходит на выход элемента DX4 в связи с нулевым логическим сигналом на его входе 2. Логическая единица с выхода DX6 не проходит на выход элемента DX7, так как на его входе 1 присутствует логический нуль с выхода 1 реле KW.

При достижении вектором \underline{E}_1 положения 0-г, рисунок 5.3, реле мощности разомкнет контакт KW.2, а при достижении вектором \underline{E}_1 положения 0-в замкнется контакт KW.1. Вследствие чего на выходе 1 реле KW появляется логическая единица, а на выходе 2 логический нуль. Логическая единица с выхода 1 реле KW поступает на вход 1 элемента DX7, разрешая прохождению сигнала от элемента DX6 на вход 2 элемента DX3 формирующего управляющее воздействие UB_{y1} на увеличение частоты вращения синхронных генераторов первой части электроэнергетической системы.

При достаточности и эффективности управляющих воздействий первой ступени асинхронный режим прекращается. В том случае если ресинхронизация не наступает через два- три цикла асинхронного режима, второй ступенью формируются дополнительные управляющие воздействия UB_{T2} и UB_{y2} . Формирование управляющих воздействий UB_{T2} или UB_{y2} происходит после отсчета нескольких циклов асинхронного режима счетчиком СТ, который запускается выходными единичными логическими сигналами элементов DX5 или DX7 через элемент DW3 и выдает логическую единицу на вход 2 элемента DX8. На вход 1 элемента DX8 поступает единица от элемента DX6, которая формируется при срабатывании реле KZ2 через элемент DW2 и реле KW.

Элемент выдержки времени DT2 контролирует длительность каждого цикла асинхронного режима T_s . Если $T_s > T_{s,кр}$, при котором ресинхронизация обеспечивается, то счетчик циклов приводится в исходное состояние и действие второй ступени устройства приостанавливается путем снятия единичных логических сигналов с входов 1 и 2 элементов DX9 или DX10. При этом элемент выдержки DT2 подает логическую единицу на вход R счетчика СТ. Счетчик СТ возвращается в исходное состояние, прекращая действие устройства.

Однако если спустя допустимое время асинхронного режима, которое контролируется элементом выдержки DT3, около 30с, ресинхронизация не наступает, то действует третья ступень устройства. Третья ступень формирует воздействие UB_3 которое воздействует на отключение линии электропередачи, разделяя электроэнергетическую систему на две самостоятельно и несинхронно работающие части.

6 Задание на лабораторную работу

Изучить схемы и принцип действия устройств автоматической ликвидации асинхронного режима.

7 Содержание отчета

Отчет должен содержать цель работы и задание, принципиальные схемы изученных устройств автоматической ликвидации асинхронного режима.

8 Контрольные вопросы

- 1 Укажите характерные признаки асинхронного режима.
- 2 Какие существуют способы ликвидации асинхронного режима?
- 3 Назовите способы выявления асинхронного режима и принципы выполнения пусковых органов.
- 4 Поясните принцип работы схемы АЛАР со счетчиком циклов качаний если $t_p \geq t_{KT}$.
- 5 Поясните принцип работы схемы АЛАР со счетчиком циклов качаний если $t_p \leq t_{KT}$.
- 6 Как достигается отстройка измерительной части АЛАР в панели ШП2704 от возникновения КЗ на линии и от синхронных качаний генераторов?
- 7 Как функционирует и какие управляющие воздействия вырабатывает первая ступень типовой панели ШП2704?
- 8 Как действует и какие управляющие воздействия формирует вторая ступень типовой панели ШП2704?
- 9 Какие из измерительных реле в типовой панели ШП2704 определяют ускоряющие или тормозящие противоаварийные управляющие воздействия на синхронные генераторы, необходимые для ликвидации асинхронного режима?
- 10 Поясните назначение счетчика циклов асинхронного режима и элемента времени DT2 второй ступени типовой панели ШП2704?
- 11 Поясните работу типовой панели ШП2704 в том случае если эквивалентная ЭДС \underline{E}_1 опережает эквивалентную ЭДС \underline{E}_2 ?
- 12 Поясните работу типовой панели ШП2704 в том случае если эквивалентная ЭДС \underline{E}_1 отстает от эквивалентной ЭДС \underline{E}_2 ?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дроздов А.Д. Автоматизация энергетических систем/ А.Д. Дроздов, А.С. Засыпкин, А.А. Аллилуев, М.М. Савин // – М.: Энергия. – 1977. – 440с.
2. Засыпкин А.С. Автоматизация энергетических систем. Общая противоаварийная автоматика/ А.С. Засыпкин// -Новочеркасск: ЮРГТУ.- 2008. – 132с
3. Леньков Ю.А. Сборник лабораторных работ/ Ю. А. Леньков, А. К. Ашимова, А.С. Барукин//. СПб: СЗТУ, 2005. – 74с.